



Het verband tusschen de temperatuur en den lengtegroei van wortels van *Lepidium sativum*

<https://hdl.handle.net/1874/266444>

A4° 192, 1917

:: HET VERBAND TUSSCHEN DE ::
TEMPERATUUR EN DEN LENGTEGROEI
VAN WORTELS VAN LEPIDIUM SATIVUM



E. G. C. TALMA

A. qu.
192

HET VERBAND TUSSCHEN DE TEMPERATUUR
EN DEN LENGTEGROEI VAN WORTELS VAN
:: LEPIDIUM SATIVUM ::

:: HET VERBAND TUSSCHEN DE ::
TEMPERATUUR EN DEN LENGTEGROEI
VAN WORTELS VAN LEPIDIUM SATIVUM

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD
VAN DOCTOR IN DE PLANT- EN DIERKUNDE
AAN DE RIIKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP
GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS DR. P. VAN
ROMBURGH, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT
DER WIS- EN NATUURKUNDE, VOLGENS BESLUIT
VAN DEN SENAAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE
BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN
NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN OP MAANDAG
12 NOVEMBER 1917, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR,
DOOR

ELISABETH GEERTRUID CHARLOTTE TALMA,
GEBOREN TE UTRECHT



::

A. OOSTHOEK — 1917 — UTRECHT

::

AAN MIJNE OUDERS

Gaarne grijp ik de gelegenheid, die dit proefschrift mij biedt, aan om U, Hoogleeraren en Lectoren in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde, onder wier leiding ik heb mogen studeeren, van mijn hooge waardeering van Uw werk te verzekeren.

Mijn dank geldt U, Hooggeleerde NIERSTRASZ en WICHMANN, voor Uwe theoretische en praktische lessen in de zoologie en de palaeontologie.

Uw onderwijs in de systematiek en in de geographische verspreiding der planten, Hooggeleerde PULLE, zal ik steeds dankbaar blijven gedenken.

De indrukken van de boeiende colleges en practica van Professor HUBRECHT zullen lang bij mij blijven bestaan.

Als een groot voorrecht beschouw ik het door Uwe colleges, Hooggeleerde Mejuffrouw WESTERDIJK, een blik te hebben mogen werpen op het gebied der plantenziekten.

Bijzonder aangenaam is het mij U, Hooggeleerde WENT, Hooggeachte Promotor, hier mijn groote erkentelijkheid te betuigen voor de hulp, de aanmoediging en de welwillendheid, die ik gedurende mijn studietijd, niet het minst in de laatste jaren, van U heb ondervonden. Zij hebben mij het voltooiën van mijn proefschrift mogelijk gemaakt.

Behalve Uwe colleges en Uwe leiding van de praktische oefeningen, in het laboratorium, zoowel als in de vrije natuur, heb ik de refereeravonden in Uw gastvrije woning steeds op hoogen prijs gesteld.

Ten slotte dank ik hier den Heer HOEFNAGEL, Directeur van het Abattoir, voor de welwillendheid, waarmee hij mij toestond eenige proeven in de ijskasten van zijne inrichting te nemen.

INHOUD.

Inleiding	3
Hoofdstuk I. Litteratuurbespreking tot 1905 . .	5
Hoofdstuk II. Methodiek	12
Materiaal	12
Het kweeken	12
Het meten	14
De groeisnelheid	14
Bepaling van de lengte der groeizone	15
Inrichting van de proeven bij hooge temperatuur	20
Inrichting van de proeven bij lage temperatuur	26
Foutenbronnen	29
Hoofdstuk III. Bespreking der proeven	35
Samenstelling der tabellen en krommen	35
Berekening der tabellen.	36
Bespreking der tabellen en krom- men	39
Hoofdstuk IV. Bespreking der resultaten	57
Het minimum	57
Het maximum	61
Het optimum	64
Onderzoekingen, die verschenen zijn, nadat dit onderzoek be- gonnen werd.	67
Samenvatting der resultaten	70
Tabellen	72
Inhoud.	

INLEIDING.

Het verschijnen van de publicatie van BLACKMAN „Optima and limiting Factors” is aanleiding geweest, dat opnieuw de afhankelijkheid van de temperatuur voor physiologische processen bestudeerd is. In tegenstelling met alle vroegere onderzoekers is BLACKMAN van meening, dat de optimumkromme niet juist den samenhang tusschen de temperatuur en de snelheid der physiologische processen weergeeft; de oorzaak hiervan is, volgens hem, het verwaarloozen van den tijdsfactor: wanneer het mogelijk was na een verwarmingstijd 0 waar te nemen, zou men zien, dat de kromme geen buigpunt heeft, maar geleidelijk stijgt, en wel op de wijze, zooals dat plaats vindt bij krommen, die het verband tusschen temperatuur en reactiesnelheid van chemische processen weergeven, dus volgens den regel van VAN 'T HOFF. zooals bij infraoptimale temperaturen gevonden wordt. BLACKMAN beschouwt het tot nu toe gevonden optimum als secundair en verplaatsbaar naar mate de temperatuur korter of langer inwerkt. Deze theorie stelt hij op naar de waarnemingen van Miss MATTHAEI, die den invloed der temperatuur op het assimilatieproces onderzocht. De resultaten van de onderzoekingen na 1905 over den invloed van de temperatuur op physiologische processen van zéér verschillenden aard hebben zijn theorie niet kunnen bewijzen, maar in zekeren zin wel mogelijk gemaakt.

¹⁾ F. F. BLACKMAN. *Annals of Botany*. Vol. XIX. 1905. p. 281.

Uit te maken in hoeverre dit ook geldt voor het proces van den lengtegroei van planten is het doel van dit onderzoek.

Terwijl dit onderzoek eenigen tijd in gang was, merkte ik, dat men ook van andere zijde zich hiermee bezighield. In hoofdstuk IV kom ik hier echter op terug.

HOOFDSTUK I.

BESPREKING DER LITTERATUUR TOT 1905.

Over den samenhang, die er bestaat tusschen de ontwikkeling van planten en plantendeelen en de temperatuur, is veel geschreven; vele formules zijn gebezigd om dezen in mathematischen vorm uit te drukken.

Terwijl in 1653—1762 ADANSON¹⁾ en ongeveer een eeuw later BOUSSINGAULT²⁾ o.a. de warmtesom (d.i. de warmte, uitgedrukt in het hoogste aantal graden, dat de thermometer dagelijks aanwijst, vermenigvuldigd met het aantal dagen, dat verloopt, vóórdat een bepaald punt in de ontwikkeling bereikt is, of de gemiddelde maandtemperatuur, vermenigvuldigd met dat aantal dagen) berekenen, en hiervoor alleen den thermometer raadplegen, hoogstens éénmaal per dag, merkt CLAAS MULDER³⁾ in 1829 in verband met zijn onderzoek over den groei van een blad van *Urania speciosa* en een bloem van *Cactus grandiflorus* op, dat bedekte lucht invloed heeft op den groei, en dat, terwijl de groei van het dunne Uraniumblad op het warmste gedeelte van den dag het geringst is, en zelfs

¹⁾ M. ADANSON: „Histoire de la Botanique” par A. ADANSON et J. PAYER, Paris 1864. p. 253.

²⁾ J. B. BOUSSINGAULT: *Economie Rurale*. Tome deuxième, Paris 1844. § III. p. 657.

³⁾ CLAAS MULDER: *Bijdragen tot de Natuurkundige Wetenschappen*, verzameld door VAN HAL, VROLIK en MULDER. 4e deel voor 1829. p. 250 en p. 420.

stilstaat, voor de Cactusbloem juist het tegenovergestelde geldt; daarom dringt hij er op aan den invloed van alle in- en uitwendige factoren na te gaan. In 1842 verschijnt een onderzoek van HARTING¹⁾, dat alle overige in volledigheid en nauwkeurigheid van waarneming verre overtreft. Tot zijn voornaamste resultaten behooren het vinden van een erfelijke snelheidsverandering van den groei bij de spruiten van de hop, hetgeen in 1843 MÜNTER²⁾ voor allerlei verschillende plantendeelen ontdekt, en het bestaan van een bepaalde temperatuur, HARTING meent 20°, waarboven de groeisnelheid vermindert; deze temperatuur hangt echter ook van den vochtigheidstoestand af. Hierin spreekt hij dus al duidelijk uit, wat SACHS³⁾ later perioden van den groei en optimum noemt, en ook BLACKMAN'S theorie is hierin gedeeltelijk, wat betreft den invloed van beperkende factoren, reeds in principe te vinden. HARTING geeft bovendien een formule voor den samenhang tusschen temperatuur en groeisnelheid, maar alleen de temperatuur en de waarschijnlijke groeiverandering neemt hij er als allesbeheerschende factoren in op. Terecht zegt hij dan ook zelf, dat aan deze niet te groote waarde gehecht moet worden.

Terwijl dus reeds op verschillende plaatsen de wenschelijkheid was uitgesproken om, behalve op de temperatuur, ook op andere factoren te letten, kritiseert A. DE CANDOLLE⁴⁾ in nog krachtiger termen dan zijn voorgangers de door hen gebezigde methoden. Het

¹⁾ P. HARTING: Tijdschrift voor natuurlijke geschiedenis en Physiologie, uitgegeven door VAN DER HOEVEN en DE VRIESE, Leiden. 1842. D.IX. p. 297.

²⁾ F. MÜNTER: Botanische Zeitung. 1e Jaargang p. 69.

³⁾ J. SACHS: Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik II 1860. p. 338

⁴⁾ A. DE CANDOLLE: Géographie Botanique Raisonnée. Paris Tome I. 1855. p. 1. Botanische Zeitung. 1850. p. 753.

werken met temperatuursommen keurt hij volstrekt af; ten eerste mag men een levende plant niet in zoo verregaande mate vergelijken met den thermometer; het nulpunt van beiden zal immers zelden of nooit gelijk liggen; terwijl de kwikkolom van den thermometer, wanneer hij een negatief aantal graden aanwijst, zich terugtrekt, trekt het blad zich niet in de knop, de bloem niet in den stengel terug. Bovendien zijn van beiden de physische eigenschappen geheel verschillend, juist op het punt van het opnemen van de warmtestralen. Ook namen de vroegere onderzoekers te weinig waar: BOUSSINGAULT soms slechts éénmaal per maand. Daarbij bepaalt de temperatuur bij de plant vele verschillende levensverrichtingen, en is iedere functie van de plant een indirecte maat voor de toegevoerde warmte; zooals men naar den gang van een stoomboot de toegevoerde warmte niet mag beoordeelen, omdat deze door secundaire oorzaken (bijv. constructie van de machine, olie, wrijving) gewijzigd wordt, zoo moet men bij de plant in overweging nemen, dat het leven de warmte op vele wijzen gebruikt, en hoeveel ingewikkelder is dan nog een levende plant dan een stoomboot! Ook zou men om te weten te komen, welken invloed de temperatuur op zich zelf heeft, het zonlicht moeten kunnen scheiden in chemisch werkende en warmtestralen. De verhouding van deze twee zal natuurlijk niet steeds dezelfde wezen; den invloed van nevels hierop kent men geenszins. Ook moest men een thermograaph gebruiken, die de temperatuur van den geheelen dag opschrijft, en dan ook het aantal negatieve graden, dat, volgens hem, geen invloed op den groei heeft. Zijn waarnemingen zijn van weinig belang, omdat hij ten slotte toch met temperatuursommen werkt, en, niettegenstaande zijn betoog, toch niet in rekening brengt, dat de zonnestralen niet alleen invloed hebben op de plant door temperatuurverhooging; hij geeft zelf

toe, dat er nog veel fouten in zijn methode zitten: o.a. is niet voldoende rekening gehouden met de wisselingen van belichting, vochtigheidstoestand en met het feit, dat bij planten, in de schaduw gekweekt, wel eens etiolementsverschijnselen plaats zouden kunnen hebben. Zelf ziet hij evenwel geen kans een anderen weg in te slaan; maar hij hoopt door zijn wenken het vinden er van gemakkelijker gemaakt te hebben voor wie na hem komen.

SACHS ¹⁾ heeft van de opmerkingen van de Candolle partij getrokken; het is hem gelukt veel van de bezwaren uit den weg te ruimen en een methode van onderzoek te vinden, die ook nu nog steeds in principe gevolgd wordt. Eén der voornaamste punten is wel, dat hij niet met gemiddelde temperaturen werkt, maar met vrij wel constante; hij zegt, dat de schadelijke invloed, die zeer hoge en zeer lage temperaturen, bij een proef gebruikt, kunnen uitoefenen, wel eens grooter zou kunnen zijn dan die van de gemiddelde: bijvoorbeeld den groei zouden kunnen doen stilstaan of de geheele plant benadeelen. Bij elke proef van zijn onderzoek tracht hij alle uitwendige factoren steeds gelijk te houden, terwijl hij alleen dien factor, waarvan hij den invloed wil nagaan, laat veranderen.

SACHS voert hier de hoofdtemperatuurpunten in, en spreekt zelfs al over den invloed van den tijd, waar het het inwerken van hoge temperaturen betreft. Ook toont hij aan, dat iedere ontwikkelingsphase haar eigen hoofdtemperatuurpunten bezit, en, dat men, om den invloed der temperatuur te vinden, dus met één zelfde phase moet werken. De periodiciteit van den groei, door inwendige factoren teweeggebracht, en al vroeger ontdekt door HARTING en MÜNTER, toont hij in dit onderzoek duidelijk aan. Terwijl hij in dit stuk werkt

¹⁾ J. SACHS: l.c.

met kiemende zaden en wortels, bewijst hij in een volgende publicatie ¹⁾, dat voor internodia hetzelfde geldt. Bovendien laat SACHS hier temperatuurveranderingen van tienden van graden en van een paar graden per uur plaats grijpen. Tabellen III en IV bewijzen, dat met de temperatuur de groei stijgt en daalt, en wel zooveel te duidelijker naar mate de temperatuurwisseling sneller wordt uitgevoerd en grooter is. Een groote vooruitgang is het, wanneer SACHS hier voor het eerst graphische voorstellingen van zijn tabellen geeft, waardoor zijn resultaten beter uitkomen. Hij zegt terecht, dat dan pas het verband tusschen groeisnelheid en temperatuur direct zichtbaar wordt, en, dat zijn voorgangers meer resultaten uit hun cijfers gehaald zouden hebben, als zij dat ook gedaan hadden. Hij vermoedt, dat er een directe samenhang bestaat tusschen groeisnelheid en temperatuur, die misschien eens in een formule zal kunnen worden uitgedrukt, maar deze zal veel ingewikkelder wezen, dan men tot nu toe gedacht heeft.

Veel onderzoekingen over den invloed der temperatuur op de groeisnelheid zijn er na 1874 niet meer verschenen.

In verband met dit onderzoek moeten nog eenige besproken worden, die handelen over het al of niet veranderen van de groeisnelheid door temperatuurveranderingen als zoodanig.

KÖPPEN ²⁾ komt in zijn onderzoek tot het resultaat, dat de groei bij verandering van temperatuur kleiner is dan bij constante temperatuur; maar zijn temperaturen zeggen niet veel, omdat hij niet den duur van de inwerking van elke afzonderlijk gecontroleerd heeft;

¹⁾ J. SACHS: Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg. I. 1874. Heft 2. p. 99.

²⁾ W. KÖPPEN: Wärme und Pflanzenwachstum. Diss. Moskau. 1870. p. 20.

en vooral, omdat hij met temperaturen werkt, waarvan er stellig boven het optimum liggen; daarbij laat hij vaak tusschen twee opeenvolgende waarnemingen 48 uur verlopen. Ook valt het te betwijfelen of hij gezond zaad gebruikt, daar slechts de helft of drierdeerde deel er van kiemt; de groei is althans zéér gering!

Dit alles geeft nu PEDERSEN ¹⁾ aanleiding op-nieuw te onderzoeken of KÖPPEN terecht beweert, dat temperatuurveranderingen ongunstig werken op den groei. PEDERSEN maakt de opmerking, dat, wanneer KÖPPEN gelijk had, groei onmogelijk zou wezen, omdat in de natuur constante temperatuur niet bestaat, maar PEDERSEN had niet het recht dit uit KÖPPEN's cijfers te besluiten. Hij neemt nauwkeurig den duur van de inwerking der verschillende temperaturen waar, en berekent hieruit de gemiddelde temperatuur, waarbij intusschen opgemerkt moet worden, dat hij geen hoogere temperatuur gebruikt dan 27° C. Hij komt tot de conclusie, dat meestal de groei bij variabele temperatuur grooter is dan hij zou wezen, wanneer de gemiddelde temperatuur constant heerschte, en, dat dat verschil juist overeenkomt met de convexe kromme, die de groeisnelheid aangeeft voor temperaturen, lager gelegen dan 27° en boven die, waarbij de groei stilstaat. Hieruit besluit hij, dat de temperatuurschommelingen in het geheel geen invloed op de groeisnelheid uitoefenen.

ASKENASY ²⁾ breidt dit nog verder uit, en onderzoekt ook den invloed van een korter of langer verblijf bij een temperatuur om en bij het minimum; wanneer de laagste grens van de temperatuur, bij de proef gebruikt, die is, waarbij nog groei plaats heeft, neemt de plant onmiddellijk de groeisnelheid aan, die bij de nieuwe

¹⁾ R. PEDERSEN: Arbeiten des Bot. Inst. in Würzburg. 1874. Heft 4. p. 563.

²⁾ E. ASKENASY: Berichte der Deutschen Bot. Gesellschrft. VIII. 1890. p. 61.

temperatuur behoort; is de laagste grens het minimum of daaronder, dan duurt het eenigen tijd vóórdat zij de groeisnelheid, bij de nieuwe temperatuur behorende, aanneemt.

Ook TRUE ¹⁾ neemt waar, dat bij zéér lage temperatuur de groei er onder lijdt; wanneer hij wortels, die uit een omgeving komen, waar een temperatuur van 23° C. heerscht, gedurende 220 uur brengt bij 0.4°—2.5° C., en daarna weer terug bij 23°, ziet hij, dat het eenigen tijd duurt, vóórdat zij weer grooter groeisnelheid verkrijgen, en, dat deze niet weer zoo groot wordt als de oorspronkelijk bij de temperatuur behorende; blijven ze echter korter bij die lage temperatuur, bijvoorbeeld 30 minuten bij 0.5° C., dan nemen ze onmiddellijk weer de oude groeisnelheid aan. TRUE stelt zich voor, dat bij iedere temperatuurverandering een „prikkel” uitgeoefend wordt, die een schok in den vorm van een depressie in de groeisnelheid tengevolge heeft; dat hij er niets van merkt, wanneer de temperatuurveranderingen gering zijn, of het verblijf bij de lage temperatuur kort, schrijft hij toe aan zijn methode, die niet fijn genoeg is om deze waar te nemen. Afwijkingen in zijn tabellen, zooals contracties, die bij plotselingen overgang naar lage temperatuur optreden, en verlengingen bij plotselingen overgang naar hooge temperatuur, verklaart hij door turgorverschijnselen. Dit alles maakt het groeiproces zóó gecompliceerd, dat hij nog niet met volkomen zekerheid durft te zeggen, dat temperatuurschommelingen als zoodanig geen invloed op de groeisnelheid uitoefenen.

Om niet in herhalingen te vervallen zal de litteratuur na 1905 en zullen nog eenige punten uit de oudere litteratuur, die hier niet besproken zijn en met de resultaten van dit onderzoek in onmiddellijk verband staan, behandeld worden in hoofdstuk IV.

¹⁾ R. H. TRUE: Aunals of Botany. IX. 1895. p. 365.

HOOFDSTUK II.

METHODIEK.

Materiaal.

SACHS vermeldt in zijn onderzoek van 1860, dat wortels geschikter zijn dan andere plantendeelen om de groeisnelheid te bepalen, omdat ze in verschillende dimensies gelijksoortigen groei vertoonen. Daarom zijn ook voor dit onderzoek wortels als proefobjecten gekozen.

Het was niet gemakkelijk aan goed zaad te komen, misschien ten gevolge van den oorlog. Ik beproefde *Pisum sativum*, *Lupinus* in verschillende soorten, en eenige monsters van *Lepidium sativum*; al deze gaven geen rechte wortels, totdat ik eindelijk toevallig zaad van *Lepidium sativum* in handen kreeg, dat de eerste de beste keer, dat ik het gebruikte, goede, rechte wortels zonder schimmel gaf. Alle proeven, die hier besproken zullen worden, zijn met dit zaad gedaan.

Het kweeken.

Gedurende de eerste twee reeksen proeven werd er in de laboratoriumkas gekweekt; op hygrophielgaas, strak gespannen over holle, glazen ringen, die op water in een glazen bakje dreven, werden zaden te kiemen gelegd; al naarmate de temperatuur in de kas hooger was (zij schommelde tusschen 16° en 28° C.) kiemden de zaadjes na 20—30 uur; dan was het worteltje door de zaadhuid heengebroken en duidelijk zichtbaar. Nu werden glazen platen, die aan de uiteinden omgebogen waren, zoodat ze vertikaal gezet konden worden, met wit, later met grijs filtreerpapier bedekt, dit laatste er

zooó stevig op vastgebonden, dat het niet kon verschuiven, en hierop 9 à 10 zaadjes met het worteltje langs het filtreerpapier, de toppen loodrecht naar beneden geplaatst, zoodat, omdat de glazen plaatjes vertikaal stonden, alle worteltjes loodrecht naar beneden groeiden. 4 à 5 glazen plaatjes werden dan tezamen vertikaal in glazen bakken gezet, waarin water gebracht was tot op een hoogte van $\frac{1}{2}$ c.M.; op die manier bleef het filtreerpapier steeds flink vochtig. Om nu de lucht in het bakje eveneens goed vochtig te houden, waren ook de wanden met filtreerpapier bekleed; het deksel was door een stuk filtreerpapier, dat, om frissche lucht toe te laten, iets buiten den rand uitstak, van het bakje gescheiden. De zaden behielden meestal de eenmaal aangenomen houding, omdat de zaadhuid slijm afscheidt, en daarmee het zaad terstond bij den gegeven vochtigheidstoestand in één bepaalde richting kon gefixeerd worden. Op een enkele uitzondering na kiemden alle zaden; de meeste wortels groeiden recht, maar niet alle vertikaal naar beneden; waaraan dit was toe te schrijven heb ik niet met zekerheid kunnen uitmaken; het is echter niet onwaarschijnlijk, dat door het verder openspringen der zaadhuid in vele gevallen een geringe verschuiving van het plantje plaats had. De witte wortels en wortelharen staken tegen het grijze filtreerpapier, dat in vochtigen toestand véél donkerder van kleur is, duidelijk af. PRINGSHEIM¹⁾ geeft er een duidelijke afbeelding van. Wanneer de temperatuur niet te veel van 20° C. afweek, waren de plantjes na ongeveer 24 uur gereed voor de proef. Door elkaar genomen gebruikte ik 20 wortels per proef, daar individueele variaties het gewenscht maakten het aantal metingen zoo groot mogelijk te nemen. Het kweken gebeurde in het donker in kweekbakken, die van binnen

¹⁾ E. G. PRINGSHEIM. Zeitschrift für biologische Technik und Methodik. 1911. Band II n°. 3.

met zwart doek bekleed en van boven er mee toege-
dekt waren. De glazen plaatjes moesten, om de lengte
der wortels nauwkeurig te kunnen meten, een oogenblik
horizontaal gelegd worden; daarom controleerde ik
herhaaldelijk of ook geotropische krommingen tengevolge
hiervan optraden. Nooit heb ik echter een dergelijke
kromming kunnen waarnemen.

Het meten.

Het meten geschiedde in een donkere kamer bij rood
licht. Elk plantje was slechts korten tijd hieraan bloot-
gesteld, zoodat ze nooit krommingen uitvoerden, die
aan phototropie of thermotropie toe te schrijven waren.
Ik bracht de merken op de wortels aan met een
penseeltje, in Oost-Indische inkt gedoopt, waarvan
alle haren, behalve de zes middelste, waren weggeknipt;
door vlak naast het worteltje een reepje groen geruit
millimeterpapier te leggen, was het niet moeilijk na
eenige oefening de merken op een onderlingen afstand
van ongeveer één m.m. op de worteltoppen aan te
brengen; daarna mat ik met een loep de afstanden
precies en noteerde ze. De lengten der zones bepaalde
ik tot een halve m.m. nauwkeurig; terwijl de teekens
- en * in de tabellen aangeven, dat de lengte minder
dan $\frac{1}{2}$ m.m. korter, resp. langer was dan het geheele
getal, dat het aantal millimeters aangeeft.

De groeisnelheid.

De groeisnelheid wordt in dit onderzoek bepaald
door van een volwassen punt op den wortel af tot
aan zijn top de verlenging na een zekeren tijd te
meten. Door DUHAMEL ¹⁾, OHLERT ²⁾, WIGAND ³⁾, maar

¹⁾ M. DUHAMEL DU MONCEAU. La Physique des Arbres. 1^e
Partie. Paris. 1758. p. 83.

²⁾ E. OHLERT. Linnaea. 1837. B. XI. p. 609.

³⁾ A. WIGAND. Botanische Untersuchungen. Braunschweig.
1854. p. 159.

vooral nauwkeurig door SACHS ¹⁾, was bewezen, dat alleen de top van den wortel groeit. Om nu bij verschillende temperaturen den groei te mogen vergelijken, moesten nog twee vragen beantwoord worden:

1°. Hoe groot is de lengte der groeiende zone bij *Lepidium sativum*?

2°. Verandert deze ook bij lage en hogere temperaturen?

Bepaling van de lengte der groeiende zone.

Over de lengte der groeiende zone bij *Lepidium sativum* is in de litteratuur niet veel te vinden. WIGAND geeft er voor op minder dan 2 millimeter; bij het bij deze proeven gebruikte materiaal was zij steeds meer dan 3 m.m.

SACHS meet in zijn proeven het wortelmutsje niet mede; ik kon echter de uiterste top van den wortel er niet altijd even duidelijk doorheen zien schemeren; daarom mat ik dit steeds mee. Op de toppen der wortels werden nu vijf merken gezet op de boven besproken wijze, en de zones, van de top af gerekend, evenals SACHS dit doet, zone I—V genoemd. Op een bepaald oogenblik werden de lengten gemeten, en 7 uur daarna opnieuw. Het bleek dan, zooals uit onderstaande tabel te zien is, dat I, II en III steeds in lengte waren toegenomen; IV was soms in geringe mate, nooit meer dan $\frac{1}{2}$ m.m. gegroeid, terwijl V haar oorspronkelijke lengte behouden had. Ook, wanneer ik de proef voortzette, bleef de lengte van V de zelfde; het zou natuurlijk mogelijk geweest zijn, dat de groei van V in die 7 uur te gering was geweest, en eerst na langeren tijd waar te nemen. Hoe overigens de groei over de zones precies verdeeld was, heb ik niet verder

¹⁾ SACHS. Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg. B. I. 1864. Heft 3. p. 413.

onderzocht, omdat dit buiten het eigenlijke doel van dit onderzoek ligt; dit alleen kan er hier van gezegd worden, dat II den sterksten groei vertoonde, terwijl de grenspunten van I, II en III na de proef zeer dikwijls niet scherp te onderscheiden waren. De verdeling van den groei is dus waarschijnlijk op een dergelijke wijze als SACHS, en vóór SACHS MÜLLER ¹⁾ en anderen al aangetoond hadden.

SACHS vermeldt nergens in zijn publicaties, dat hij met de temperatuur ook de lengte der groeiende zone ziet veranderen. Daarentegen vermelden ASKENASY ²⁾ en POPOVICI ³⁾, dat voor lagere temperaturen de groeiende zone langer is dan voor hoogere. POPOVICI deelt bovendien mede, dat voor een lang verblijf bij temperaturen onder het minimum de lengte er van zich weer verkort. Het is echter zéér de vraag, of er veel waarde aan zijn cijfers gehecht moeten worden: hij deelt n.l. zelf mede, dat om de 24 uur het zaagsel, waarin hij zijn plantjes kweekt, ververscht moest worden: anders trad er levendige bakteriëontwikkeling op! Ook vindt hij de groeizones voor VICIA en PHASEOLUS steeds grooter dan SACHS. Wat betreft *Lepidium sativum* heb ik, zooals tabel I aanwijst, niet kunnen zien, dat de lengte der groeiende zone bij hoge temperaturen anders is dan bij lage temperaturen. Alleen bij zéér hoge temperaturen (maar deze gebruikte P. niet), waarbij het niet mogelijk was de plantjes zonder nadeelige gevolgen langen tijd te houden, en de zéér lage was de groei heel gering, zoodat in slechts twee zones groei duidelijk waarneembaar was; maar, wanneer er met een verrekijker of mikroskoop gemeten was, zou ook daar waarschijnlijk

¹⁾ N. J. C. MÜLLER: Botanische Zeitung. 1869. p. 389 en Bot. Zeit. 1871. p. 693.

²⁾ ASKENASY: l. c.

³⁾ A. P. POPOVICI: Botanisches Centralblatt LXXXI—LXXXII 1900. p. 33.

in zone III, somtijds in IV, groei gevonden zijn; er is althans geen reden om aan te nemen, dat dit niet het geval is.

Onder beginlengte in tabel I wordt verstaan de afstand vóór de proef van de worteltop af tot aan de raaklijn aan de zaadhuid, loodrecht staande op de lengterichting van den wortel.

TABEL I. ¹⁾

Beginlengte v/d. wortel	Tempe- ratuur	Nummers der Zones	Lengte der Zones in m.m. vóór de proef	Groei in 7 uur
13	21°	I	1	1+
		II	1	4½
		III	1	½
		IV	1	+
13½		I	1	3½
		II	1+	2½
		III	1-	½
		IV	1	0
14½		I en II	2	5½
		III	1-	1-
		IV	1	+
		I en II	2-	6
15		III	1	1-
		IV	1	+
		I	1	½
16		II	1	4
		III	1	1½
		IV	1	½
		I	1	½

¹⁾ Met de teekens + en - in deze tabel wordt bedoeld, dat de lengte ongeveer ¼ m.m. meer, resp. minder is dan het getal, dat het aantal m.m. aangeeft.

Beginlengte v/d. wortel	Tempe- ratuur	Nummers der Zones	Lengte der Zones in m.m. vóór de proef	Groei in 7 uur
16½	28°	I en II	2-	5+
		III	1	1+
		IV	1+	0
13		I en II	2+	6
		III	1+	2+
		IV	1	0
15		I en II	2-	7+
		III	1+	
		IV	1	
15½		I	1	½
		II	1	6
		III	1	2
		IV	1	0
17½		I	1+	4½
		II	1-	
		III	1+	
		IV	1	½
18	27°	I, II, III	3+	8
		IV	1	0
14		I en II	2-	7
		III	1½	1
		IV	1-	0
16		I en II	2+	6½
		III	1	1½
		IV	1	½
16½		I en II	2	8
		III	1	
		IV	1	
17		I en II	2	7½
		III	1-	1
		IV	1+	½

Beginlengte v/d. wortel	Tempe- ratuur	Nummers der Zones	Lengte der Zones in m.m. vóór de proef	Groei in 7 uur
18	30°	I	1+	8½
		II	1	
		III	1	
		IV	1	
18½		I en II	2+	7½
		III	1-	1-
		IV	1-	½
13		I	1	5-
		II	1	
		III	1	
		IV	1	
15		I en II	2+	6
		III	1	1½
		IV	1-	0
15½		I	1-	7-
		II en III	2	
		IV	1	
17		I, II, III	3	7½
		IV	1	0
18		I	1	3
		II	1	2½
		III	1	1
		IV	1-	½
18		I, II, III	1+	7½-
		IV	1	0

Nadat deze twee vragen beantwoord waren, behoefde ik voortaan niet meer dan 1 merk, $\pm$ 5 m.m. van de worteltop af gelegen, aan te brengen. Op die manier werd de tijd, die verliep van het oogenblik, waarop

ik begon te meten, tot aan het oogenblik, dat de plantjes in den thermostaat kwamen, aanzienlijk verkort. Voor controle merkte ik meestal 2 à 3 objecten per proef nog op 2 à 3 andere plaatsen op de ongeveer 5 m.m. lange top; nergens vond ik afwijkingen.

Inrichting van de proeven bij hooge temperaturen.

Wanneer de plantjes gemerkt waren, werden ze in een zinken bakje met deksel op den bodem van een thermostaat geplaatst. Dit bakje was noodig, omdat de ruimte in den thermostaat te groot was, en de proefobjecten niet voldoende vochtig bleven en krom groeiden, wanneer ze niet in een kleine, door filtreerpapier omsloten ruimte stonden. Ook in dit zinken bakje stond een laagje water ter hoogte van $1\frac{1}{2}$ c.m., en vlak boven dit laagje water waren in de wanden van het zinken bakje vier flinke openingen geboord, waardoor de luchtverversching plaats vond en ophooping van CO_2 vermeden werd. De thermostaat werd op de gewone manier door een electrothermoregulator op temperatuur gehouden; door een waterstraalluchtpomp werd frissche buitenlucht door het toestel gezogen; voor een uitvoerige beschrijving van dezen thermostaat verwijs ik naar de dissertatie van RUTGERS,¹⁾ die hem liet construeeren en er duidelijke illustraties van geeft.

Behalve de eerste twee reeksen zijn alle proeven genomen in de *kamer voor constante temperatuur*. Deze kamer, geheel van het daglicht afgesloten, ligt gelijkvloers en heeft dikke, steenen muren en zolder; ook de vloer is met tegels bedekt; er is een dubbele deur, zoodat men er in en uit kan gaan zonder licht van de gang binnen te laten komen. De ventilatie geschiedt op de volgende wijze: onder den bodem van de ruimte

¹⁾ A. A. L. RUTGERS: De Invloed der Temperatuur op den Praesentatietijd bij Geotropie. Utrecht 1910. p. 44.

tusschen de twee deuren loopt een luchtkoker naar de straat, en van hier komt de frissche buitenlucht door een opening onder in één van de muren de kamer binnen. In deze opening staat een plank, die haar echter niet volkomen afsluit, zoodat voldoende frissche lucht in de kamer komt. Door een tweede groote opening in de zelfde muur verlaat de verbruikte lucht de kamer weer en komt dan in de ruimte tusschen de twee deuren.

In het midden van de zooeven genoemde plank is nu bovendien een opening gemaakt, waardoor een caoutchouc slang loopt; deze sluit aan de spiraalsgewijs gewonden buis, die tusschen buiten- en binnenwand van den thermostaat ligt, en eindigt in de binnenruimte van den thermostaat. Van de tegenovergestelde binnenwand van den thermostaat af loopt een tweede spiraalsgewijs gewonden buis tusschen binnen- en buitenwand, en deze sluit aan een tweede caoutchouc slang, die met de waterstraalluchtpomp verbonden is; door deze laatste in werking te zetten stroomt dus frissche buitenlucht, door het water van den thermostaat op temperatuur gebracht, langs de plantjes.

Tengevolge van allerlei bewerkingen, die in verband stonden met de verbouwing van het laboratorium en plaats vonden in de nabijheid van de dubbele deur, kwam er lucht, die schadelijk bleek te wezen voor de plantjes, in de ruimte tusschen de twee deuren en van hier door de groote, bovenste opening in de muur, ook in de kamer. Daarom is later deze opening van die ruimte afgesloten, en door middel van een schoorsteen met de buitenlucht verbonden. De verwarming en de temperatuurregeling geschieden electrisch; langs de wanden der kamer zijn electrische kachels geplaatst, die in een keten staan met een relais; dit staat weer in een tweede keten met den metaalthermoregulator. Wanneer de laatste keten, doordat de regulator contact

maakt, wordt gesloten, wordt automatisch door het relais de keten, waarin de kachels staan, verbroken, zoodat deze niet meer verwarmen. Wordt het contact door den regulator weer opgeheven, dan sluit het relais automatisch de keten, waarin de kachels staan, en heeft er weer verwarming plaats.

De metaalthermoregulator is ontworpen en uitgevoerd door den heer L. ROELINK, amanuensis van het Botanisch Laboratorium¹⁾. (Zie Figuur I en II). Hij wijst tot op $\frac{1}{5}^{\circ}$ C. nauwkeurig. Op een houten plank, *P*, die stevig aan de muur vastgemaakt is, is een breede staaf, *A*, aan haar ééne uiteinde, *d*, onbeweegbaar bevestigd; deze staaf bestaat uit twee boven op elkaar vast liggende metalen deelen, zooals duidelijk op de teekening aangegeven is, die uit verschillende metalen, zink en ijzer, met ongelijk uitzettingsvermogen bestaan; hier is het bovenste, dunnere deel ijzer. Het andere einde der staaf is beweegbaar en voorzien van een stevig, omgebogen draad, *d*, die het korte einde van den hefboom, *B*, bij *e* naar beneden drukt. Deze hefboom die eveneens uit twee metalen deelen, zink en ijzer bestaat, hier echter is, om de buiging te versterken, juist het bovenste laagje van zink, draait om een as, *a*, die door een schroef, *f*, omhoog bewogen kan worden. Aan het einde van het lange gedeelte van den hefboom zit een platina staafje, *s*, dat contact kan maken met een schijfje, *c*; dit schijfje kan ook door een schroef, *g*, omhoog gedraaid worden. Het geheel staat in een keten met het relais. Wanneer nu bij een bepaalde temperatuur, terwijl de kachels branden, het staafje geen contact maakt met het schijfje, zal door de stijging der temperatuur de breede staaf, *A*, zich omhoog buigen en zal, doordat het ijzeren draadje met de staaf mee

¹⁾ Op eventueel verzoek is de Heer R. bereid een dergelijken thermoregulator te leveren voor ongeveer f 25.—.

Thermoregulator, van terzijde gezien.

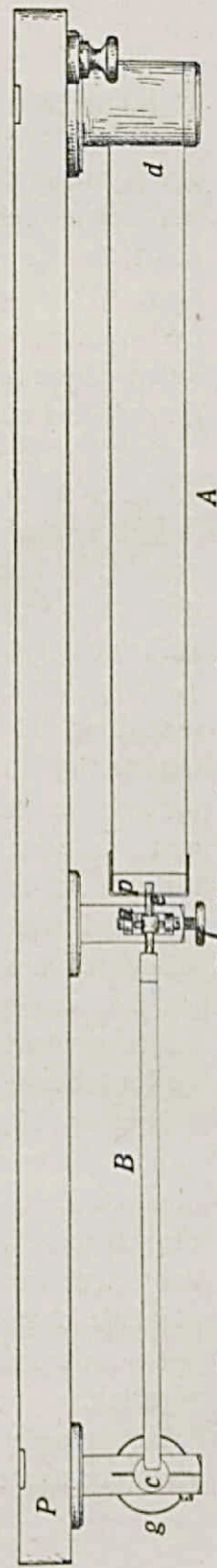
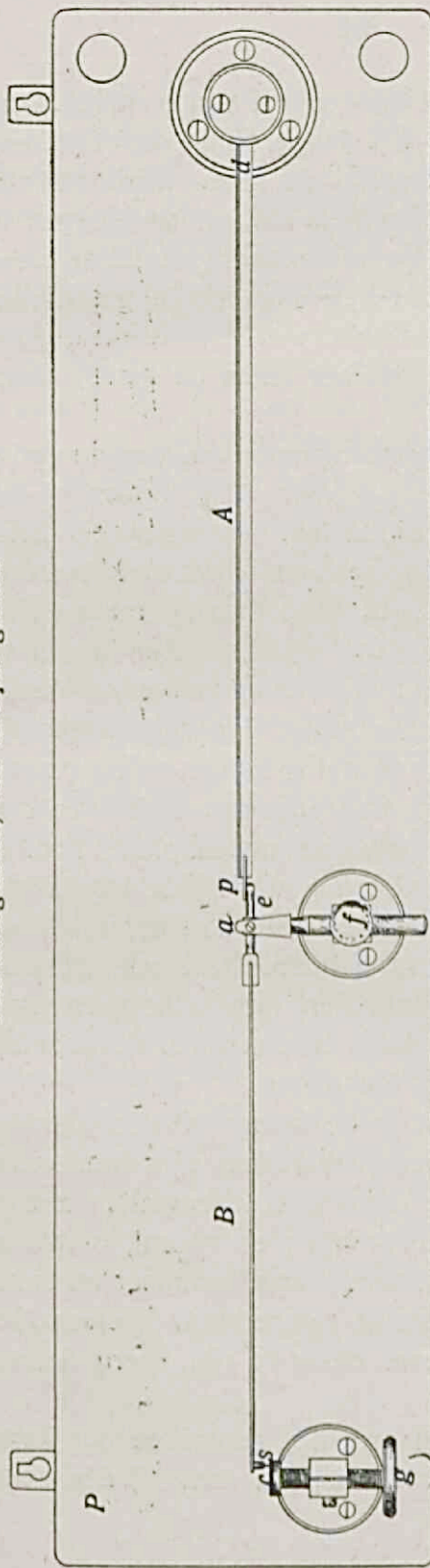


Fig. I en II.

Dezelfde van boven gezien.

temperatuur kan kweken en meten, en, dat dus de plantjes bij het begin van alle proeven één zelfde begintemperatuur hebben, waardoor de invloed van de proeftemperatuur duidelijker aan den dag treedt. Er zijn n.l. veel gevallen in de litteratuur bekend, dat bij plotselinge temperatuurveranderingen de plantjes eerst langzamerhand de temperatuur der omgeving aannemen. Eén van de sprekendste voorbeelden is te vinden bij SACHS¹⁾, die in krommen op Taf. III en IV laat uitkomen, hoe na temperatuurveranderingen de kromme van den groei eerst langzamerhand die van de temperatuur volgt. Ook ASKENASY²⁾ ziet, dat in de eerste 12 uur de groei grooter is bij planten, die uit een warme kamer komen dan bij die, welke uiteen koude kamer komen.

Wanneer dus bij het begin van de ééne proef de temperatuur een graad of 6 hooger is dan bij de andere, zal men hiervan waarschijnlijk dikwijls aan het einde van de proef den invloed kunnen bemerken.

Aanvankelijk was het plan alle proeven in de kamer voor constante temperatuur te nemen; maar toen zij, pas nieuw ingericht, slechts eenige dagen in gebruik genomen was, en de electriche kachels, om haar op temperatuur te brengen, nog maar slechts eenige dagen brandden, kwam er kortsluiting in het relais; dit werd zóódanig gehavend, dat de kamer meer dan een half jaar buiten gebruik gesteld moest worden, en de proeven gedaan moesten worden in *de donkere kamer* waar de temperatuur schommelde tusschen 12° en 20°. Deze kamer lag in het oude gedeelte van het laboratorium, dat nu niet meer bestaat. Voor de beschrijving er van verwijs ik naar de dissertatie van BLAAUW³⁾.

¹⁾ J. SACHS. Arbeiten des Bot. Inst. in Würzburg. B. I. Heft 2. Taf. III. en IV.

²⁾ L. ASKENASY. l.c. p. 73.

³⁾ A. H. BLAAUW. Die Perzeption des Lichtes. Nijmegen 1909. p. 12.

Kort voor het meten, werd de thermostaat ongeveer op de temperatuur gebracht, waarbij de proef genomen zou worden; dan werden de wortels zoo snel mogelijk gemeten, hun lengten opgeschreven, en in den thermostaat geplaatst.

Daarna werd deze gesloten, het roertoestel en de waterstraalluchtpomp in beweging gezet en de thermostaat met water aangevuld totdat de temperatuur precies bereikt was.

Dit alles duurde in de eerste twee reeksen proeven hoogstens een half uur; in de volgende reeksen verliepen er nooit meer dan 20 minuten tusschen het begin van het meten en het oogenblik, waarop de thermostaat precies op temperatuur was. Wanneer de plantjes er den bepaalden tijd in geweest waren, werd de proef afgebroken en werden de plantjes er zòò spoedig mogelijk uitgehaald en opnieuw gemeten. Binnen de 10 minuten sinds het oogenblik, dat de proef afgebroken was, waren de plantjes gemeten.

Omdat de waarnemingen makroskopisch gedaan zijn, en om de later te bespreken foutenbronnen duurden de proeven niet kort, maar $3\frac{1}{2}$ uur, 7 uur of 14 uur. Bovendien heb ik nog een reeks proeven genomen, waarbij de plantjes $1\frac{1}{2}$ uur bij de hoge temperaturen bleven, en daarna in de kamer voor constante temperatuur kwamen bij 20.5°C. ; het doel was na te gaan wanneer ze zich hersteld zouden hebben van den schadelijken invloed dier hoge temperaturen. Hierover later meer bij de bespreking dezer reeks.

Inrichting van de proeven bij lage temperaturen.

Het verkrijgen van constante temperaturen van 15°C. en daar beneden vereischt nog een afzonderlijke bespreking.

De temperaturen 13° — 15°C. gaven geen moeilijkheden. Voor de proeven in de donkere kamer werden

daarvoor dagen uitgezocht, waarop de temperatuur in de kamer iets lager was; door den ventilator naar zolder te openen, en hier een raam open te zetten, kon op koude dagen de stijging van de temperatuur in de kamer voorkomen worden.

In de kamer voor constante temperatuur werden, wanneer de thermostaat op temperatuur gebracht was, de electrische kachels uitgeschakeld en de buitendeur opengezet.

Voor proeven, die bij 10° C. gedaan zijn, is het zelfde geschied; maar bovendien stroomde water uit de waterleiding door de ruimte tusschen den buitensten en den binnensten wand van den thermostaat. Door de twee openingen in het deksel, waar gewoonlijk de roertoestellen in staan, die tijdens deze proeven niet noodig waren, omdat er voldoende beweging in het water was, werden nu caoutshouc slangen gebracht, waarvan de eene met de kraan van de waterleiding verbonden was, en de andere met de afvoerbuis. Door voortdurend er op te letten, dat de waterspiegel in den thermostaat gelijk bleef, was het mogelijk de temperatuur constant te houden, daar gebleken was, dat het waterleidingwater op één zelfden dag een constante temperatuur had.

Omdat het water in de waterleiding niet beneden 10° C. kwam, moest voor temperaturen beneden 10° C. ijs gebruikt worden. Voor proeven bij 4° C. en $9\frac{3}{4}^{\circ}$ C. werd op koude dagen, toen de temperatuur buiten lager dan 0° C. was, de deur open gezet en ijs in het water tusschen de wanden van den thermostaat gebracht. Op die manier was de temperatuur 14 uur lang tot op $\frac{1}{4}^{\circ}$ C. constant te houden. De plantjes werden bovendien van te voren meestal gedurende twee uur bij de proeftemperatuur gezet.

De proeftemperatuur 0° C. gaf meer moeilijkheden. Daar de inrichting van den thermostaat het niet mogelijk

maakte de plantjes een langen tijd op de constante temperatuur van 0° C. te houden, wachtte ik eerst totdat het buiten zou gaan vriezen. Omdat ik in den winter 1915—'16 deze temperatuur het eerst wilde gebruiken en er tot half Februari geen vorst kwam, werd ik genoodzaakt uit te zien naar een vertrek, dat kunstmatig afgekoeld werd.

Door de groote bereidwilligheid van den Directeur van het Abattoir werd het me mogelijk gemaakt daar eenige proeven te nemen in één der ijskasten. Evenals de donkere kamers in het Botanisch Laboratorium, zijn deze voorzien van een dubbele deur, die de kast van het daglicht afsluit, en naar buiten voert. Door deze kast loopen buizen, die haar tot beneden het vriespunt kunnen afkoelen. Bovendien stond ijs ter mijner beschikking, zoodat het zinken bakje met de plantjes hiermee geheel omgeven kon worden. Op die manier was het mogelijk langen tijd de temperatuur op 0° C. te houden. Stopcontacten voor electrisch licht waren er niet; daarom gebruikte ik een accumulator met een rood lampje, zoodat ook in de kast gemeten kon worden. De temperatuur werd gecontroleerd door een gewonen thermometer in het zinken bakje, een maximum en minimum-thermometer en een thermograaph boven op het deksel. Deze laatste beschreef een rechte lijn; de temperatuur was dus constant. Om er nu zeker van te wezen, dat de plantjes vóór het begin der proef de temperatuur van de omgeving hadden aangenomen, bleven ze 2 à 3 uur in de kast staan vóórdát ze gemeten werden. Nadat ze gemeten waren onderzocht ik weer of ze na 3 uur meetbaar gegroeid waren. Indien dit het geval geweest was, had ik ze nog langer bij 0° moeten laten staan vóórdát met meten begonnen werd. Dit bleek echter niet noodig te zijn.

Den geheelen nacht en een gedeelte van den volgende dag bleven ze nu bij 0° C.

Opvallend was het feit, dat bij de lage temperaturen steeds alle plantjes recht bleven, terwijl bij de hogere temperaturen, d. w. z. boven 30° C., meestal eenige krom groeiden, zoodat deze niet gemeten konden worden. Waarschijnlijk was dit toe te schrijven aan den vochtigheidstoestand, die bij 0° C. zooveel gemakkelijker verzadigd te maken was dan bij hooge temperaturen. Toen ik dan ook later bij de proeven boven 30° C. den vochtigheidstoestand verhoogde door vochtig filterpapier nog boven op de glazen plaatjes te leggen, verminderde het aantal krommingen sterk, en werden ze, behalve boven 36° C., uitzondering.

Eind Februari viel er sneeuw en nam ik nog een paar proeven bij 0° C. op het plat van het laboratorium. Het zinken bakje met de plantjes werd in een houten kweekbak, die, zooals aan het begin van dit hoofdstuk reeds vermeld is, van binnen en van boven van zwart doek voorzien was, gezet, en een houten deksel er bovenop geplaatst, zoodat het geheel door sneeuw omgeven kon worden. Omdat er in de donkere kamer gemeten moest worden, werd het zinken bakje in een kleinere houten bak overgebracht, waarin sneeuw op den bodem gelegd was; deze werd zoo spoedig mogelijk gedragen naar de donkere kamer, die afgekoeld was tot beneden 10° C.; de groei werd zoo snel mogelijk gemeten, waarbij elk glazen plaatje steeds in aanraking bleef met sneeuw, opdat de temperatuur in dat oogenblik zoo weinig mogelijk zou stijgen. Dit overbrengen naar het vertrek met hogere temperatuur had geen makroskopisch merkbaren invloed op den groei.

Een even groote groei als in de ijskast werd gevonden.

De proeven bij deze lage temperaturen zijn niet direct vergelijkbaar met die bij hogere temperaturen, omdat de plantjes gemeten werden, nadat ze al een

paar uur op de lage temperatuur, waarbij de proef genomen zou worden, vertoefden, hetgeen niet het geval was bij de proeven bij de andere temperaturen.

Hierover meer bij de bespreking der foutenbronnen.

Foutenbronnen.

Het was moeilijk het moment te kiezen, waarop gerekend moest worden, dat de proef begon. Er bestonden twee mogelijkheden: of het moment, waarop ik begon te meten, of het moment, waarop de thermostaat op temperatuur gebracht was. Op beide manieren worden fouten gemaakt, die niet te vermijden zijn. Ik koos echter de eerste, omdat er dan twee fouten gemaakt worden, die elkaar gedeeltelijk opheffen, hetgeen niet het geval is bij de tweede manier. Immers: van het oogenblik af, dat met meten begonnen werd, tot aan datgene, waarop de thermostaat precies op temperatuur was, waren de wortels meetbaar gegroeid, al is het weinig; nu duurt het eenigen tijd, vóórdat de plantjes de temperatuur vanden thermostaat aangenomen hebben; dus den eersten tijd zullen ze minder in lengte toenemen dan bij de temperatuur van den thermostaat behoort. Dit geldt tenminste voor de temperaturen boven 20° C. en onder het optimum. Deze tweede fout maakt dus de eerste gedeeltelijk, in welke mate valt geenszins te zeggen, goed.

Wat nu betreft de temperaturen boven het optimum: hier zal de fout groter worden, omdat het eenigen tijd duurt vóórdat de wortels de schadelijke temperaturen aannemen en vóór het oogenblik, waarop dit geschiedt, juist die temperaturen doorloopen worden, waarbij de groeisnelheid het grootst is. Ook voor temperaturen beneden 20° C. is de fout groter, want ze komen uit een hogere temperatuur, waarbij de groeisnelheid groter is dan bij de proeftemperatuur behoort. Ook over de grootte van deze fouten kan niets gezegd worden. Wanneer niet ook de glazen plaatjes met het

filterpapier op de temperatuur van den thermostaat moesten komen, zou men mogen aannemen, dat de fouten niet groot zijn. RUTGERS ¹⁾ geeft echter aan, dat zijn bakjes met aarde na 45 minuten de temperatuur van den thermostaat aannemen bij een verschil van 15° C. vóór de proef. De dunne glazen plaatjes zullen stellig veel gauwer die temperatuur aangenomen hebben; dit zal vooral het geval geweest zijn, toen ik in het zinken bakje op den bodem van den thermostaat bij de reeksen proeven, volgende op de eerste twee, ook voor het sluiten van het toestel water bracht, dat de temperatuur van de proef had.

Van de plantjes zelf valt verder niets te zeggen in dit opzicht. Thermoëlectrische bepalingen kunnen niet geschieden zonder verwondingen te veroorzaken, en, daar men ook van deze verwondingen den invloed niet bepalen kan, zou dit slechts de moeilijkheid verschuiven zijn; zij zouden geen resultaten kunnen opleveren, die beantwoordden aan den tijd en de electriciteit, die ze kosten zouden.

Met het oog op dit alles blijkt, hoe noodzakelijk het is van een bepaalde, onveranderlijke begintemperatuur uit te gaan, om toch eenigszins het recht te hebben de verschillende proeven met elkaar te kunnen vergelijken. Om volkomen het recht te hebben alle proeven direct met elkaar te mogen vergelijken, dus zoowel die bij hogere als die bij lagere temperaturen, had ik theoretisch op twee manieren te werk kunnen gaan, die praktisch echter niet uitvoerbaar zijn.

Ik had dan of steeds bij 0° C. moeten kweken en meten; maar zoo langen tijd een temperatuur van 0° C. te houden zou niet mogelijk geweest zijn bij de tegenwoordige inrichting van het laboratorium; ook zou het zeer de vraag geweest zijn, of de zaden en de kiemplantjes het bij 0° C. tot een ontwikkeling eener lengte

¹⁾ A. A. L. RUTGERS: l.c. p. 65.

van minstens 13 m.m. gebracht zouden hebben; hierover meer bij de bespreking van het minimum.

Ook had ik theoretisch telkens kunnen kweken en meten bij de verschillende temperaturen, waarbij de proef genomen zou worden; dit zou eveneens onmogelijk uit te voeren zijn geweest, want bij hogere temperaturen zou de schadelijke invloed op den groei zóó groot geweest zijn, dat waarschijnlijk verdere ontwikkeling na korten tijd reeds uitgebleven zou zijn.

Oorspronkelijk was ik van plan eenige proeven bij 25° C., 27° C. en 30° C. te nemen, waar ook bij die temperatuur gekweekt en gemeten was, om juist den invloed van de kweektemperatuur na te gaan, maar met het oog op de tijdsomstandigheden was groote zuinigheid bij het electriciteitsverbruik voorgeschreven, en daarom heb ik van deze proeven, die extra veel electriciteit zouden eischen, afgezien.

Nog is er een belangrijke factor, die volkomen vergelijking onmogelijk maakt. Dit is de periodiciteit van den groei. Deze factor zal vooral grooten invloed hebben, wanneer de proeven langen tijd duren, maar ook naar mate de proeftemperatuur meer in de nabijheid van het optimum ligt, omdat daar de groeisnelheid het grootst is.

A priori is dan ook te verwachten, dat de stijging van de kromme, die de groeisnelheid bij verschillende temperaturen aangeeft, het grootst zal wezen bij de proeven, waarbij de plantjes het langst in den thermostat blijven, tenminste, zoolang men blijft bij het stijgend gedeelte der groeikromme, hetgeen bij deze proeven het geval is geweest.

Ook aan het materiaal is ten slotte nog een fout toe te schrijven. Omdat alle zaden niet even snel zullen beginnen te kiemen, zal ook hun lengte aan het begin van elke proef niet gelijk zijn, en zal het ééne plantje eerder de groote stijging van de groeikromme bereiken dan het andere, en ook gedurende de proeven dien

overeenkomstig meer groeien. Daarom heb ik, om dezen invloed van de beginlengte zooveel mogelijk te vermijden, nagegaan, in welken graad deze beginlengte van invloed was op den makroskopisch gemeten groei gedurende 7 uur.

Tabel II laat zien, hoe de groeisnelheid onafhankelijk is van de beginlengte, wanneer deze ligt tusschen 13 en 23 tot 25 millimeter.

TABEL II.

Temperatuur	Beginlengte in m.m.	Groei in 7 uur in m.m.
21°	13	5½. 6. + 6½.
	13½	6½. 7-. 7.
	14	7-. 7.
	14½	6. 6½. 7.
	15	5½. 5½. 6. 6½. 6½. 7.
	15½	5½. 6½. 7.
	16	5½. 6. 7.
	16½	5½. 7.
18°	10	4. 4½.
	11	4. 4. 5-.
	11½	4½. 4½. 5-.
	13	4½. 5½. 6-.
	14	5. 6-. 6.
	15	5. 5½. 5½.
	16½	6-. 6.
	17	5½. 6½.
	19	5½. 6-. 6.
	23	5. 6. 6½.
27°	24	6-. 6+. 6½.
	13½	8½.
	14½	9½.
	15	9. 9½.

Temperatuur.	Beginlengte in m.m.	Groei in 7 uur in m.m.
27°	15½	8.
	16	9. 9½.
	16½	8. 8. 8½. 9. 9. 10-.
	17½	8½. 9.
	18½	8. 8½. 8½. 9.
	19½	8½. 9. 9½.
	21	8. 9. 9½.
	23½	8. 8½. 9. 9½.
36½	12½	2.
	13	2. 3-.
	13½	2-. 2½. 3.
	14	2. 2½. 3.
	14½	2. 2+. 3-.
	15	2½. 3-. 3-. 3-.
	16	2. 3.
	16½	2-. 3-. 3.
	18	2½. 3.
	19	2+. 2½. 3-. 3.
	22	2½. 3-. 3.

* Voor de proeven zijn dus steeds plantjes genomen, wier beginlengte lag tusschen 13 m.m. en 25 m.m.

HOOFDSTUK III.

BESPREKING DER PROEVEN.

In dit hoofdstuk zullen de proeven besproken worden, die, naar den tijd, dat de plantjes in den thermostaat vertoefden, in reeksen gerangschikt zijn. Terwijl achter in dit boekje de proeven en de verschillende berekeningen afzonderlijk meegedeeld worden, zijn ze in dit hoofdstuk slechts samengevat in tabellen en krommen, die naar de tabellen geconstrueerd zijn. De verschillende proeven, waarbij de objecten gedurende één zelfden tijd en bij één zelfde temperatuur in den thermostaat bleven, zijn telkens tezamen genomen.

Wanneer we hier over tabellen spreken, bedoelen we diegene, die in dit hoofdstuk behandeld worden, dus niet degene, die achterin staan.

Samenstelling der Tabellen en Krommen.

In deze tabellen staat in de eerste kolom steeds de temperatuur, waarbij de proeven genomen zijn; in de tweede de lengtegroei der plantjes, uitgedrukt in de mediaan, waarover zoo dadelijk meer; in de derde kolom is de groei per uur te vinden, die gelijk gesteld wordt aan de mediaan, gedeeld door het aantal uren, dat de proef duurt, dus uitgaande van de veronderstelling, dat gedurende de achtereenvolgende uren de groeisnelheid constant blijft; dit is natuurlijk onjuist, omdat, naar mate de proef langer duurt, de invloed van de periodiciteit van den groei en den tijdsfactor zich meer zal doen gelden; toch geeft het een goed

denkbeeld van de grootte der invloeden, zooals blijken zal bij het bespreken der krommen; in de vierde kolom staat de standaarddeviatie; bij de bespreking der berekening van de mediaan zal ook over deze meer gezegd worden.

In tabel VIII is in de krommen, volgende op die, welke de temperatuur aangeeft, te vinden de groei, waargenomen bij de proeven, die $3\frac{1}{2}$ uur duurden; daarnaast de groei gedurende 7 uur, verminderd met dien gedurende $3\frac{1}{2}$ uur; en in de laatste twee kolommen de groei in 7 uur en die in 14 uur, verminderd met dien van 7 uur, om te laten zien, hoe de groei verandert in opeenvolgende termijnen.

Eindelijk heeft tabel IX betrekking op een reeks proeven bij hooge temperaturen, waarbij de plantjes gedurende $1\frac{1}{2}$ uur in den thermostaat zijn geweest; daarna zijn ze alle uit die hoogere temperatuur bij een constante temperatuur van 20.5° C. gebracht, en is bepaald na hoe veel uren een groei van 14 m.m. bereikt was.

Bij de krommen, die naar deze tabellen geconstrueerd zijn, stellen de abscissen de temperaturen voor, de ordinaten den groei in m.m. uitgedrukt.

In de kromme bij tabel IX geven de abscissen aan, bij welke temperatuur de plantjes $1\frac{1}{2}$ uur vertoefden, terwijl de ordinaten aangeven het aantal uren, dat verliep, voordat ze een groei van 14 m.m. bij de temperatuur 20.5° C. bereikt hadden.

Berekening der Tabellen.

Wat betreft de berekening van de mediaan: deze geschiedde op de gebruikelijke wijze, zooals o.a. uitvoerig beschreven is in het boek over de erfelijkheidsleer van JOHANNSEN ¹⁾. Duidelijkheidshalve wordt hier

¹⁾ W. JOHANNSEN: Elemente der Exakten Erblchkeitslehre. Jena, 1909. p. 33.

aan de hand van een voorbeeld de methode in het kort meegedeeld. Hiertoe koos ik een willekeurige proef, n.l. die bij 25° C., samengesteld uit 2 proeven van 25 en 26 October, waarbij de plantjes 7 uur in den thermostaat bleven. Na de proef werden de objecten, naar hun lengtegroei in klassen ingedeeld, wier onderste en bovenste grenzen één m.m. uit elkaar lagen. Er bleken toen 3 plantjes meer dan 6 m.m. en minder dan 7 m.m. gegroeid te zijn; 7 plantjes meer dan 7 m.m. en minder dan 8 m.m.; 18 plantjes meer dan 8 m.m. en minder dan 9 m.m.; 16 plantjes meer dan 9 m.m. en minder dan 10 m.m.; 2 plantjes meer dan 10 m.m. en minder dan 11 m.m.

Kortweg wordt dit op de volgende manier geschreven:

$$\begin{array}{ccccccc} 6 < 7 & | & 7 < 8 & | & 8 < 9 & | & 9 < 10 & | & 10 < 11 \\ 3 & & 7 & & 18 & & 16 & & 2 \end{array} = 46.$$

De mediaan is nu de waarde, van waar af gerekend het aantal positieve afwijkingen even groot is als het aantal negatieve, zoodat de som = 0 is; deze zal dus ergens in de middelste klasse liggen, in het algemeen in die klasse, waaronder het grootste aantal varianten valt.

Er wordt begonnen met een uitgangspunt, A, aan te nemen in het midden der middelste klasse, dus hier is $A = 8.5$ m.m. De som van alle afwijkingen van A, eveneens van het midden van elke andere klasse afgekend, naar links en naar rechts, is:

$$\begin{array}{rcl} 16 \times (+ 1) \text{ m.m.} & = & + 16 \text{ m.m.} \\ 7 \times (+ 2) \text{ m.m.} & = & + 14 \text{ m.m.} \\ 3 \times (- 2) \text{ m.m.} & = & - 6 \text{ m.m.} \\ 2 \times (- 1) \text{ m.m.} & = & - 2 \text{ m.m.} \\ \hline & & + 7 \text{ m.m.} \end{array}$$

Hieruit volgt, dat de mediaan, die voortaan M genoemd wordt, meer naar rechts gelegen is dan A, en wel 7 m.m., gedeeld door het aantal varianten, hier

dus $\frac{7}{46} = \times 0.16 \text{ m.m.}$; deze waarde wordt b. genoemd.

$$M = A + b. \quad M = 8.5 \text{ m.m.} + 0.16 \text{ m.m.} = 8.66 \text{ m.m.}$$

De mediaan heeft een tweede eigenschap, waardoor ze een beeld geeft van de variatiegrootte, n.l. de som der kwadraten van alle afwijkingen is voor M kleiner dan voor welke andere waarde ook.

Op deze eigenschap berust het instellen van de standaarddeviatie; men drukt deze uit in de volgende formule:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum p a^2}{n}};$$

hierin is $\sum p a^2$ de som der kwadraten van alle afwijkingen van M. p en a zijn dus veranderlijken, n is het aantal varianten. Omdat nu a in het algemeen een getal met decimalen is en aanleiding geeft tot ingewikkelde berekeningen, kan de formule tot een, wat de berekening betreft, eenvoudiger vorm herleid worden:

a = afwijking van M. a = afwijking van A.

en $a - a = b$; $a = a + b$.

Voor $\sum p a^2$ mag men, zooals hieruit volgt, schrijven:

$$\frac{\sum p (a + b)^2}{n} = \frac{\sum p a^2}{n} + \frac{\sum 2 p a b}{n} + \frac{\sum p b^2}{n}$$

De eerste term achter het gelijktteken is nu juist het kwadraat van de standaarddeviatie;

de tweede term = 0, omdat $\sum p a$ (de som van alle afwijkingen van M) = 0 is, dus ook elk product daarvan;

de derde term is = b^2 , omdat $\frac{\sum p}{n} = 1$. $\sum p$ is het heele aantal varianten;

dus wordt:

$$\frac{\sum p a^2}{n} = \frac{\sum p a^2}{n} + b^2. \text{ en } \sigma^2 = \frac{\sum p a^2}{n} = \frac{\sum p a^2}{n} - b^2.$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum p a^2}{n} - b^2}$$

In het hierboven besproken geval is nu $\Sigma p a^2 = 51$.

$$\text{want: } 18 \times 0 = 0$$

$$n = 46.$$

$$16 \times (+1)^2 = 16$$

$$b^2 = 0.0256.$$

$$4 \times (+2)^2 = 16$$

$$7 \times (-1)^2 = 7$$

$$3 \times (-2)^2 = 12$$

$$51.$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma p a^2}{n}} = \sqrt{\frac{51}{46} - 0.0256} = \sqrt{1.0834} = 1.04.$$

Bespreking der Tabellen en Krommen.

De eerste twee der nu te bespreken tabellen hebben betrekking op de proeven, die niet in de kamer voor constante temperatuur genomen zijn; daarom heb ik ze niet met de volgende reeksen, die wel in de kamer voor constante temperatuur gedaan zijn, vereenigd in tabellen en krommen; ze zullen afzonderlijk behandeld worden.

1^e Reeks, TABEL III.

Temperatuur.	groei in $3\frac{1}{2}$ uur = M.	groei per uur = $\frac{M}{3\frac{1}{2}}$
0°	0.1	0.26
10°	1.46	0.4
15.7°	2.31	0.66
20°	3.2	0.9
22.7°	3.53	1.
23°	3.73	1.1
25°	4.15	1.18
26°	4.25	1.21
27°	4.76	1.4
28°	4.82	1.4
29°	4.45	1.27
30°	4.27	1.22
32.5°	3.61	1.03
35°	2.45	0.7
39.6°	0.98	0.28
40°	0.86	0.24

2e Reeks, TABEL IV.

Temperatuur.	groei in 7 uur = M	groei per uur = $\frac{M}{7}$
20°	6.16	0.88
27°	8.8	1.11
28°	7.35	1.05
29°	8.45	1.21
30°	7.5	1.07
32.5°	5.4	0.8
35°	2.65	0.38
40°	0.941	0.133

Over deze tabellen zal verder niet veel gezegd worden, omdat, zooals boven reeds meegedeeld is, er afwijkingen in voorkomen van de volgende tabellen, die toegeschreven moeten worden aan de minder nauwkeurige wijze, waarop de proeven genomen zijn.

Om de zelfde reden heb ik er hier geen krommen van geconstrueerd, die overigens te vinden zijn in een voorloopige mededeeling over dit onderzoek.¹⁾

Ook de standaarddeviaties van Tabel III en IV heb ik daarom niet bepaald.

In groote trekken zijn de verkregen resultaten de volgende:

De groeikrommen stijgen minder snel dan ze dalen.

Voor de proeven, waarbij de plantjes gedurende 3½ uur in den thermostaat geweest zijn, ligt het optimum bij 28° C;

Voor de proeven, waarbij de plantjes gedurende 7 uur in den thermostaat geweest zijn, misschien bij 27° C.; maar dit punt is niet met zekerheid aan te geven door den vreemden loop der kromme juist bij de

¹⁾ De invloed van de Temperatuur op den Lengtegroei van de Wortels van *Lepidium sativum*. Zittingsverslag Kon. Akademie v. Wetensch. te Amsterdam. XXIV. 28 April 1916.

temperaturen in de nabijheid van het optimum. De proeven der volgende tabellen geven hierover betrouwbaarder uitkomst, ook, omdat het aantal proeven grooter is;

Bij 0° C. is nog groei; eveneens bij 40° C., al is hij gering; er is dus geen reden om aan te nemen, dat de groei bij lage temperaturen plotseling ophoudt, ofschoon het niet direct te bewijzen is, ten minste niet door makroskopisch genomen proeven;

Bij de proeven van 7 uur in den thermostaat is de eerste daling van de groeisnelheid in het begin veel sterker dan bij die van 3½ uur; de schadelijke invloed van de inwerking van hoogere temperaturen doet zich dienovereenkomstig meer gelden naar mate de tijd van inwerking grooter is;

Bij ongeveer 35° C. is het verschil in grootte van den groei in 3½ uur en 7 uur zéér gering; van die temperatuur af is dus de groeisnelheid in de tweede termijn van 3½ uur zeer gering.

3e Reeks. TABEL V.

Temperatuur	Groei in 3½ uur = M	Groei per uur = $\frac{M}{3\frac{1}{2}}$	σ
9° C.	0.9	0.21	0.49
14.8° "	1.8	0.51	0.69
20.2° "	3.5	1	0.42
27.2° "	4.35	1.24	0.55
28° "	5.1	1.46	0.49
29° "	5.3	1.51	0.62
30° "	5.4	1.54	0.54
32.5° "	3.7	1.06	0.71
34° "	2.3	0.66	0.35
36.6° "	1.6	0.46	0.33
40° "	0.5	0.14	0.23

4e Reeks. TABEL VI.

Temperatuur	Groei in 7 uur = M	Groei per uur = $\frac{M}{7}$	σ
4.1° C.	0.85	0.12	0.49
9.75° „	1.85	0.26	0.47
13° „	3.37 ^s	0.48	0.55
14.2° „	4.2	0.6	0.47
20.2° „	6.5	0.93	0.48
22° „	7.6	1.1	1.18
23.2° „	8.5	1.21	0.81
25° „	8.7	1.24	1.13
27° „	9.5	1.34	1.22
28° „	9.9	1.41	0.98
29° „	10.1	1.44	0.96
30° „	10	1.43	1.02
31° „	8.5	1.21	0.63
33° „	5	0.71	0.55
35° „	2.9	0.42 ^s	0.48
36.8° „	1.65	0.24	0.35
38.7° „	0.72	0.11	0.41
40° „	0.5	0.07	0.24

5e Reeks. TABEL VII.

Temperatuur	Groei in 14 uur = M	Groei per uur = $\frac{M}{14}$	σ
40° C.	1.5	0.11	0.38
6.8° „	2.75	0.19	0.44
9.3/4° „	4.1	0.3	0.50
14.1° „	8.34	0.58	0.53
20.2° „	15.1	1.08	1.00
22.8° „	18.9	1.35	0.95

Temperatuur	Groei in 14 uur = M	Groei per uur = $\frac{M}{14}$	σ
25° C.	21.26	1.51	1.24
26° "	21.8	1.55	1.24
27.2° "	22	1.57	1.31
28.2° "	20.2	1.44	1.14
29.3° "	19.4	1.39	1.10
30° "	17.95	1.28	1.25
31° "	17.2	1.23	1.00
32.7° "	12.4	0.88	1.08
33° "	9.9	0.71	1.19
34.5° "	5.2	0.40	0.47
35° "	3.57	0.27	0.02
35.6° "	3	0.21	0.49
37.5° "	1.5	0.11	0.40
38.7° "	0.5	0.03	

Wanneer we de eerste twee van deze tabellen vergelijken met tabel III en tabel IV, die op proeven van gelijken duur en gelijke temperatuur betrekking hebben, valt het op, dat de tabellen V en VI over het algemeen hooger waarden bevatten dan de tabellen III en IV. De verklaring hiervan kan met vrij groote zekerheid gegeven worden: het water n. l. in het zinken bakje op den bodem van den thermostaat is bij de proeven in tabellen III en IV op kamertemperatuur gehouden, in de proeven van alle andere tabellen zooveel mogelijk op de temperatuur gebracht, waarbij de proeven genomen zijn; dit was nu nooit precies mogelijk, omdat het water eenigszins afgekoeld werd; 1° door de lucht, die in den thermostaat was vóórdat deze gesloten werd, en die dus meestal een lagere temperatuur had, en 2° door de glazen plaatjes met het vochtige filtreerpapier en de plantjes, die eerst langzamerhand de temperatuur

van den thermostaat aannemen. Waar dit laagje water, zooals in de 1e en 2e reeks proeven, nu niet op de temperatuur van den thermostaat gebracht was behoeft het niet te verwonderen, dat het geruimen tijd duurde, vóórdat de plantjes de temperatuur van den thermostaat bereikt hadden, en, dat, tengevolge hiervan, groote verschillen in de groeisnelheid tusschen de eerste twee en de twee volgende reeksen proeven optreden.

Op een dergelijke manier is het te verklaren, dat er onregelmatigheden in tabel IV bij 28° C. voorkomen, en tabellen III en IV een veel lager optimum geven dan tabellen V en VI. Ook de hoogere waarden voor den groei bij 40° C. in tabellen III en IV zullen hoogstwaarschijnlijk te wijten zijn aan den zooveel langeren tijd, dien de plantjes noodig hadden om op die temperatuur te komen in de eerste twee reeksen van proeven.

Vóórdat verdere besprekingen volgen moet nog iets gezegd worden over de waarden bij de lagere temperaturen.

Omdat makroskopisch in korten tijd bij 0° C. niet waargenomen kan worden, is de mediaan voor den groei bij die temperatuur alleen direct gevonden voor een langen tijd van waarneming; bij deze proeven bleven de plantjes gedurende 24 tot $26\frac{1}{2}$ uur in de ijskast van het abattoir; de mediaan bleek te zijn = 1 m.m., hiernaar zijn de medianen voor $3\frac{1}{2}$, 7 en 14 uur herleid uitgaande van de veronderstelling, die men wel maken mag, dat de groei gedurende dien langen tijd constant is geweest; de medianen werden voor 14 uur = 0.54 m.m.; voor 7 uur = 0.27 m.m.; voor $3\frac{1}{2}$ uur = 0.13 m.m. Ook de proef in de sneeuw gaf de zelfde mediaan.

Voor de proeven bij 4° , 6° , 8° en 9° C. zijn de plantjes eerst eenige uren, vóórdat ze in den thermostaat kwamen, in een omgeving overgebracht, waar

ongeveer de proeftemperatuur heerschte. Hierbij is echter de mediaan wel onmiddellijk berekend.

Voor alle temperaturen tot 10° C. is dus eigenlijk de mediaan niet direct vergelijkbaar met dien van proeven bij hogere temperaturen, omdat hij juist is en de plantjes niet, zooals bij de andere proeven, nog den invloed ondervinden van 20° C., de temperatuur, waarbij gekweekt en gemeten werd: waarschijnlijk zou de waarde grooter geweest zijn, als ze uit een temperatuur van 20° C. gekomen waren en er ook bij die temperatuur gemeten was; maar, omdat de meerdere groei praktisch wel gering geweest zou zijn, heb ik gemeend de gevonden waarden toch in de tabellen en krommen te mogen zetten. De overige proeven zijn alle op de zelfde manier gedaan; steeds is er gekweekt en gemeten bij 20° C., behalve, zooals reeds meer dan eens gezegd is, bij de eerste twee reeksen.

Bij de proeven boven de $32\frac{1}{2}^{\circ}$ C. nam ik het aantal proefobjecten telkens de helft kleiner dan bij de andere temperaturen; om zoo min mogelijk tijd te laten verlopen tusschen het moment, waarop ik met meten begon, en het oogenblik, waarop de plantjes in den thermostaat op temperatuur kwamen; zoodoende verliepen er hiertusschen het begin van het meten en het oogenblik, waarop de thermostaat precies op temperatuur was gekomen, slechts 10 minuten. Wanneer het mogelijk geweest was de plantjes direct op temperatuur te brengen, zou misschien de lengtegroei nog kleiner geweest zijn.

Terwijl bij een verblijf van $3\frac{1}{2}$ uur bij 40° C. vele wortels gekromd waren, zoodat hunne lengten niet gemeten konden worden, sprongen de recht geblevene bij aanraking met een pincet terug; er was dus nog turgor, en de plantjes waren niet dood; maar bij terugbrengen in een atmosfeer van 20° C. groeiden ze na eenige dagen slechts zéér weinig en waren ze over

het algemeen om de vele kromme, die er onder waren, niet meetbaar.

Wanneer de plantjes gedurende 7 uur bij 40° C. in den thermostaat waren geweest, was het zeer de vraag, of ze na de proef nog leefden; sommige bleven recht, misschien dank zij den hoogen vochtigheidstoestand, maar groei heb ik niet meer kunnen waarnemen, toen ze daarna in een omgeving, waar een temperatuur van 20° C. heerschte, gebracht waren; daarom heb ik geen proeven meer genomen gedurende 14 uur bij 40° C.

Na 14 uur bij 38° C. geweest te zijn waren de wortels goed meetbaar; bij 39° C. waren er echter zeer vele krom gegroeid; ook sprongen de punten na aanraking met een pincet niet meer terug, zoodat aangenomen mag worden, dat die plantjes niet meer leefden.

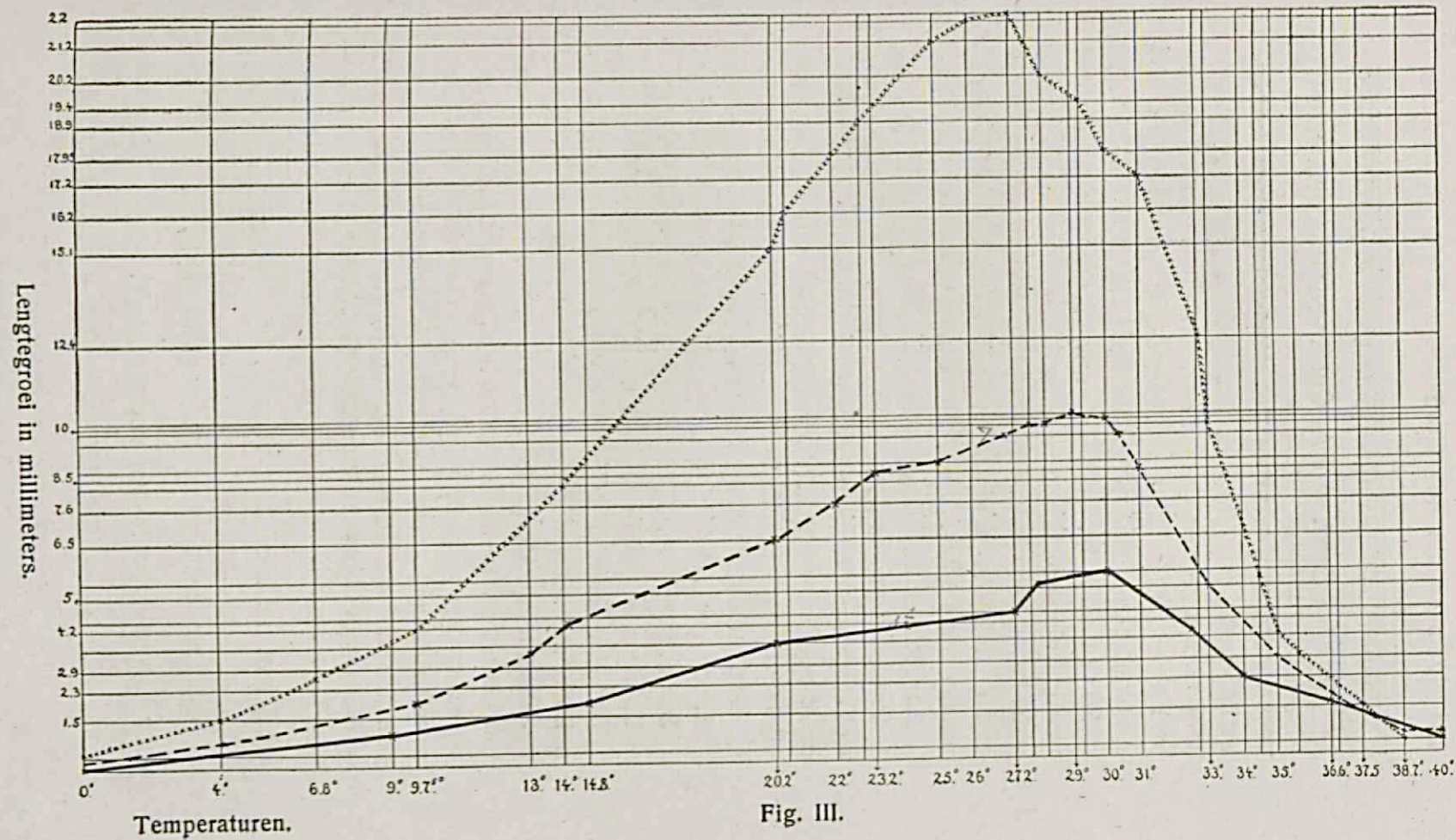
Na deze opmerkingen wordt er overgegaan tot de bespreking der tabellen en krommen, die dus alle betrekking hebben op de proeven, die genomen zijn in de kamer voor constante temperatuur; dus te beginnen bij tabel V en Figuur III, waarop de krommen A, B en C. resp. den groei in $3\frac{1}{2}$ uur, 7 uur en 14 uur weergeven.

A, de getrokken lijn, geeft den groei in $3\frac{1}{2}$ uur.

B, de gebroken „ „ „ „ „ 7 „

C, de kruisjeslijn, „ „ „ „ „ 14 „

Deze krommen, alle op gelijke schaal geteekend, hebben met elkaar gemeen, dat het eerste gedeelte en het laatste gedeelte de convexe zijde naar de abscis toegekeerd hebben, het middelste gedeelte daarentegen de concave zijde; dit wordt duidelijker naar gelang de proeven langer duren. Hieruit volgt onmiddellijk, dat de temperatuurcoëfficiënten der drie krommen ook niet gelijk zullen wezen. Ze zijn:



Temperat- turen	Coëff. voor A	Coëff. voor B	Coëff. voor C
$\frac{10^{\circ}}{0^{\circ}}$ C.			7.9
$\frac{15^{\circ}}{5^{\circ}}$ "	3.6	4.7	5.2
$\frac{20^{\circ}}{10^{\circ}}$ "	3.4	3.43	3.45
$\frac{25^{\circ}}{15^{\circ}}$ "	2.25	1.9	2.27
$\frac{26^{\circ}}{16^{\circ}}$ "	1.86	1.88	2.1
$\frac{27^{\circ}}{17^{\circ}}$ "	1.81	1.83	1.9
$\frac{28^{\circ}}{18^{\circ}}$ "	1.86	1.79	1.64
$\frac{29^{\circ}}{19^{\circ}}$ "	1.71	1.68	1.43
$\frac{30^{\circ}}{20^{\circ}}$ "	1.59	1.57	1.2
$\frac{35^{\circ}}{25^{\circ}}$ "	0.49	0.33	0.13
$\frac{37^{\circ}}{27^{\circ}}$ "	0.32	0.16	0.9
$\frac{4^{\circ}}{30^{\circ}}$ "	0.07	0.04	

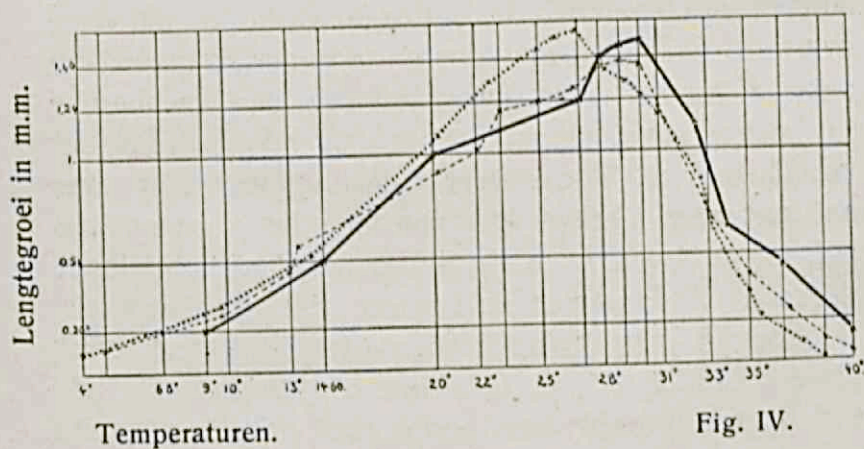
De daling dezer coëfficiënten blijkt het snelst te wezen van lage naar hooge temperaturen voor C, omdat de coëfficiënt het kleinst is voor C. bij $\frac{37^{\circ}}{27^{\circ}}$, bij $\frac{27^{\circ}}{17^{\circ}}$ voor C ongeveer even groot als voor A en B, en bij $\frac{15^{\circ}}{5^{\circ}}$ voor C veel grooter dan voor A en B.

Voor A geldt het omgekeerde, terwijl de coëfficiënten voor B, over het algemeen genomen, tusschen die van A en C inliggen.

In het algemeen zijn de coëfficiënten voor A tot en met $\frac{27^{\circ}}{17^{\circ}}$ kleiner dan die voor B en die voor B kleiner dan die voor C, maar hierna keert de verhouding juist om en worden die voor A grootter dan die voor B, die voor B grootter dan die voor C. Voor $\frac{10^{\circ}}{0^{\circ}}$ zijn de coëfficiënten voor A, B en C niet direct vergelijkbaar, omdat de waarden voor A en B niet direct gevonden zijn.

Als de oorzaak van het keerpunt in de verhouding der 3 coëfficiënten voor de krommen na $\frac{27^{\circ}}{17^{\circ}}$ zal nu beschouwd moeten worden de invloed van de groote periode van den groei juist bij de optimale en de daar beneden liggende temperaturen, waarbij de planten langen tijd kunnen blijven zonder dat de groeisnelheid er onder lijdt.

De invloed van de groote periode van den groei wordt nog duidelijker zichtbaar in Figuur IV, waar de groei gegeven wordt, die in de verschillende reeksen gevonden is, gedeeld door het aantal uren, dat de proeven duurden, dus de groei, berekend per uur.



A, de getrokken lijn, geeft den groei aan per uur voor de proeven van $3\frac{1}{2}$ uur.

B, de gebroken lijn, geeft den groei aan per uur voor de proeven van 7 uur.

C. de kruisjeslijn, geeft den groei aan per uur voor de proeven van 14 uur.

Wanneer we hier den loop der 3 krommen beschouwen, ziet men, hoe 2 factoren hem beheerschen, n.l. de groote periode en de schadelijke inwerking van de hooge temperaturen.

A priori kan gezegd worden, dat dit het meest uit zal komen bij de proeven, die het langst duren en wel bij die temperaturen, die liggen in de nabijheid van het optimum, wanneer we hier onder verstaan de hoogste waarde, die de groei bereikt.

Hiermee komen de feiten overeen. Dat C. het hoogste optimum bereikt, B. het laagste, en A. een optimum bereikt, dat tusschen beide in ligt, is op de volgende wijze te verklaren: de schadelijke invloed van de hoogere temperaturen in de buurt van het optimum maakt, dat de groei per uur naar mate de tijd langer duurt, vermindert, maar deze vermindering wordt weer gedeeltelijk opgeheven door den invloed van de groote periode van den groei, die bij langdurende waarnemingen zóó groot wordt, dat ze dien van den tijd verre overtreft. Ook uit den verderen loop der krommen kan men zien, dat deze twee factoren een belangrijke rol spelen, want, terwijl bij het stijgende gedeelte der krommen A en B. ongeveer gelijk liggen, maar over het algemeen gezegd kan worden, dat A beneden B ligt, en C boven A en B, ziet men, dat bij het dalende gedeelte der krommen de ligging juist omgekeerd is, C onder, B midden in, A boven, terwijl de omkeering plaats heeft bij 28° C. C is hier al geruimen tijd aan het dalen, B heeft haar hooptepunt ongeveer bereikt

en A is nog stijgende. Hieruit volgt nu verder, dat over de ligging van het ware optimum in den zin van SACHS, als dit tenminste bestaat, niet veel gezegd kan worden, alleen dit, dat het gevonden optimum waarschijnlijk hooger ligt; het vlakke verloop der kromme bij 26° wijst er op, dat hier de twee factoren elkaar's invloed betwisten; wanneer we de verhouding van den groei voor 14 uur en dien van 7 uur nagaan, vinden

$$\text{we, dat ze is: voor } 27.2^{\circ} \text{ C.} = \frac{22}{9.7} = 2.27$$

$$\text{voor } 26^{\circ} \text{ C.} = \frac{21.7}{9.2} = 2.36$$

$$\text{voor } 25^{\circ} \text{ C.} = \frac{21.2}{8.7} = 2.44$$

$$\text{voor } 24^{\circ} \text{ C.} = \frac{20.2}{8.6} = 2.35$$

Er mag zeker worden aangenomen, dat het optimum (in den zin van SACHS) op zijn minst bij 25° C. zal liggen; immers het is niet aan te nemen, dat een inwerking van 7 uur van deze temperatuur schadelijk zou zijn. Alleen moet natuurlijk in overweging genomen worden, of de methode van onderzoek fijn genoeg is om aan zulke betrekkelijk kleine geschillen zulk een groot gewicht te hechten. Gaan we op de zelfde manier de verhouding na van den groei gedurende 7 uur en 3½ uur, dan is deze:

$$\text{voor } 30^{\circ} = \frac{10}{5.4} = 1.85$$

$$\text{voor } 29^{\circ} = \frac{10.1}{5.3} = 1.9$$

$$\text{voor } 28^{\circ} = \frac{10}{5.1} = 1.96$$

$$\text{voor } 27^{\circ} = \frac{9.5}{4.35} = 2.18$$

$$\text{voor } 26^{\circ} = \frac{9.1}{4.2} = 2.16$$

$$\text{voor } 25^{\circ} = \frac{8.7}{4.05} = 2.14$$

en dan is het waarschijnlijk dat het optimum hier beneden 27° ligt.

Tabel VIII laat zien, hoe groot de groei in de eerste en tweede termijn van $3\frac{1}{2}$ uur is, en in de 1e en 2e termijn van 7 uur.

TABEL VIII.

Tem- peratuur.	groei in $3\frac{1}{2}$ uur.	groei in 7 uur - $3\frac{1}{2}$ uur.	groei in 7 uur.	groei in 14 uur - 7 uur.
10°	1	0.9	1.9	2.4
15°	1.8	2.7	4.5	4.85
20°	3.4	2.95	6.35	8.55
25°	4.05	4.65	8.7	12.6
26°	4.15	4.95	9.1	12.7
27°	4.3	5.2	9.5	12.5
28°	5.1	4.9	10	10.7
29°	5.3	4.8	10.1	9.5
30°	5.4	4.6	10	7.9
31°	4.8	3.17	8.5	8.7
32.5°	3.7	2.15	5.85	7.15
35°	2	0.9	2.9	0.85
37.5°	1.2	0.1	1.3	0.15

Ook Figuur V illustreert duidelijk den invloed van de groote periode en dien van den tijd; de groeisnelheden in de eerste en de tweede termijn verschillen niet heel veel, waarschijnlijk, omdat de invloed van de groote periode en die van den tijd nog gering zijn, al doet de laatste zich al duidelijk gelden; de groote stijging van D is weer te danken aan de groote periode, die meer op den voorgrond treedt naar mate

de proeftijd langer duurt en een zoo groot verschil tusschen de 1^e en 2^e termijn van 7 uur doet ontstaan.

Terwijl er nu in de reeksen van tabellen III en IV

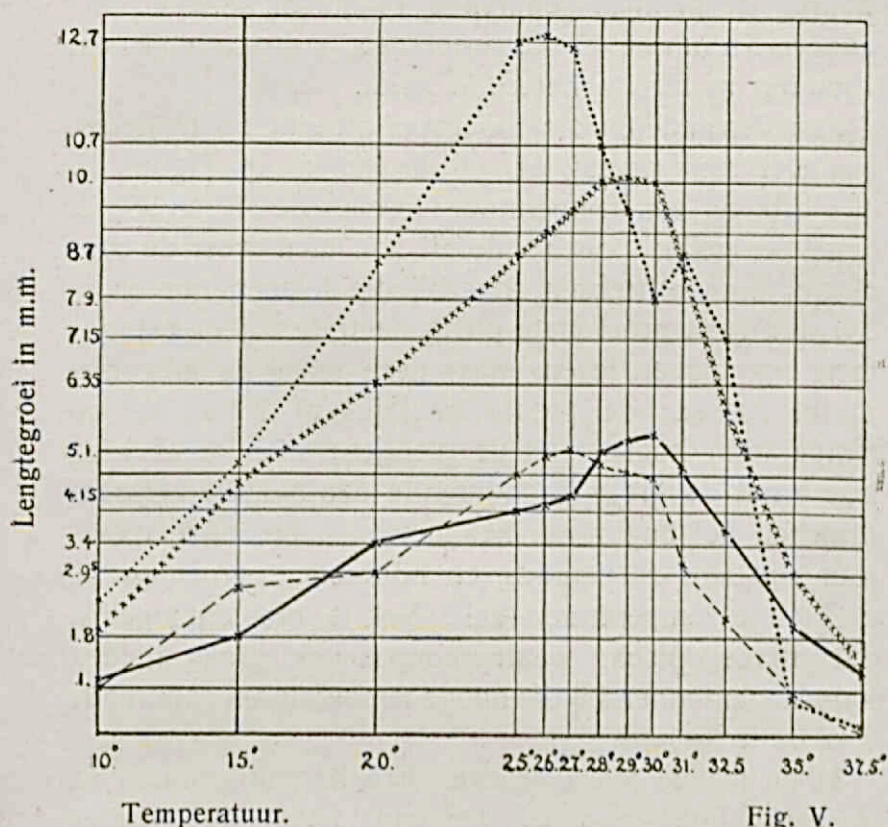


Fig. V.

A, de getrokken lijn, geeft den groei in 3½ uur aan.

B, de gebroken lijn, geeft den groei in de 2^e termijn van 3½ uur aan.

C, de kruisjeslijn, geeft den groei in de 1^e termijn van 7 uur aan.

D, de stippellijn, geeft den groei in de 2^e termijn van 7 uur aan.

geen waarnemingen beneden 10° C. zijn gedaan, komen er in tabel V, VI en VII waarnemingen voor bij 4°, 6.8° en 9¾° C.; deze wijzen er nog eens op, dat ook bij die lage temperaturen duidelijk groei is, en dat er

geen reden is om aan te nemen, dat plotseling de groei ophoudt.

Ook maakt de loop van de kromme bij de proeven, waarbij de plantjes gedurende 14 uur bij 38.7°C . en 7 uur en $3\frac{1}{2}$ uur bij 40°C . vertoefden, waarschijnlijk, dat voor het maximum hetzelfde geldt.

Aan den anderen kant moet men dit echter betwijfelen, wanneer men nagaat, dat de krommen op Figuur III alle drie bij een temperatuur tusschen de 37° en 38°C . ongeveer gelijk loopen; hieruit zou men weer de conclusie kunnen trekken, dat bij die temperatuur na $\pm 3\frac{1}{2}$ uur geen groei meer plaats heeft, terwijl de plantjes toch nog blijven leven. Maar deze vraag is hier niet op te lossen; de groote moeilijkheid is hier het op temperatuur komen van de plantjes; men weet niet, hoe groot de groei is gedurende den tijd, die verloopt tusschen het begin van het meten en het op temperatuur zijn van de plantjes, en hoeveel ze groeiden bij de hooge temperaturen zelf. Het is niet onmogelijk, dat mikroskopische waarnemingen ook groei zouden kunnen aantonen bij die hooge temperaturen gedurende 7 of zelfs 14 uur.

In de laatste reeks proeven heb ik nog getracht na te gaan, hoe de groei verloopt, nadat de plantjes gedurende $1\frac{1}{2}$ uur in den thermostaat bij een hooge temperatuur vertoefd hebben, en daarna bij een temperatuur van 20.5°C . in de kamer voor constante temperatuur kwamen. Hiervoor zijn de glazen plaatjes met de objecten, nadat ze uit den thermostaat gehaald waren, en de groei gemeten was, in glazen bakjes geplaatst, waarin water stond ter hoogte van $1\frac{1}{2}\text{ c.M.}$; daarna is met verschillende tijdsintervallen verscheidene keeren de groei opnieuw gemeten.

Oorspronkelijk was ik van plan na te gaan, wanneer ze weer de normale groeisnelheid, behorende bij 20.5°C ., zouden aannemen. Het is me echter niet gelukt

Aantal uren, die noodig zijn om een groei van 14 m.m. te bereiken.

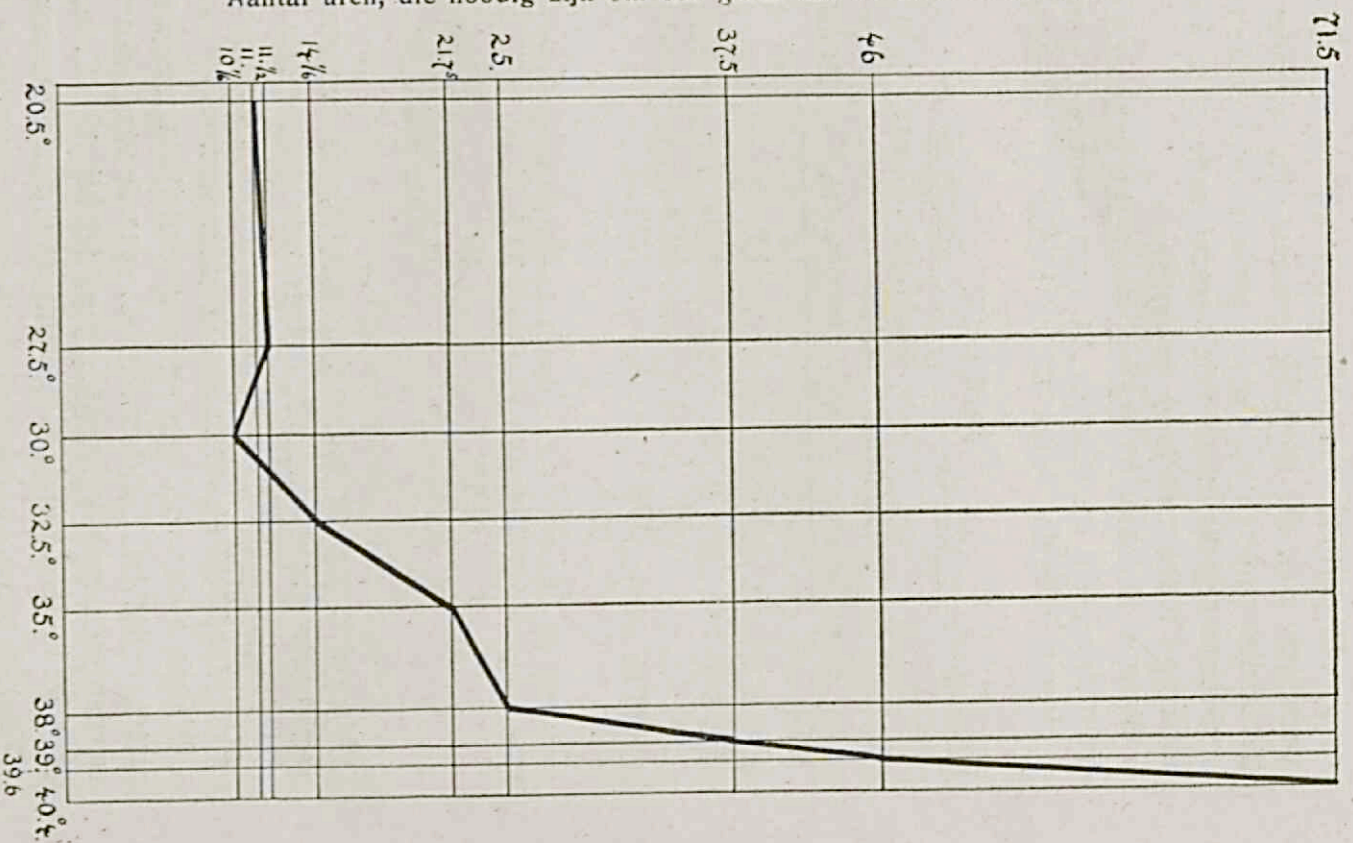


Fig. VI.

Temperaturen, waarbij de plantjes gedurende 1 1/2 uur in den thermostaat bleven.

de groote periode van den groei uit te schakelen; misschien zou dit mogelijk geweest zijn, wanneer ik het aantal proeven zéér groot gemaakt had en de verschillende temperaturen vele verschillende zéér korte tot lange tijden had laten inwerken.

Daarom bepaalde ik me er toe slechts te berekenen, na hoeveel tijd de plantjes 14 m.m. gegroeid waren.

Hierop hebben Tabel IX en Figuur VI betrekking.

TABEL IX.

Temperatuur.	Aantal uren vóórdát een groei van 14 mm. bereikt was.
20.5°	11
27.5°	11 $\frac{1}{2}$
30°	10 $\frac{1}{6}$
32.5°	14 $\frac{1}{6}$
35°	21 $\frac{3}{4}$
38°	25
39°	37.5
39.6°	46
40.40	71.5

Men ziet, hoe de tijd, die noodig is, om een groei van 14 m.m. te bereiken, langer wordt, naarmate de temperatuur, waarbij de plantjes gedurende de 1 $\frac{1}{2}$ uur in den thermostaat vertoefden, hooger was.

Wanneer aan het geringe verschil in aantal uren tusschen dat bij 27.5° en 30° C. waarde mag gehecht worden, zou men kunnen zeggen, dat bij 30° C. een gunstige invloed van de hooge temperatuur merkbaar was.

HOOFDSTUK IV.

BESPREKING DER RESULTATEN.

In dit hoofdstuk zullen de resultaten besproken worden in verband met de litteratuur.

In hoofdstuk II is al meegedeeld, hoe ook hier een verdeeling van den groei over de verschillende zones van de top van den wortel gevonden is, op een dergelijke manier als OHLERT, MÜLLER en SACHS dat zagen; eveneens, dat hier, in tegenstelling met ASKENASY en POPOVICI, geen verandering in de lengte der groeiende zone is gevonden voor proeven bij hoogere of lagere temperaturen.

Daarom hoeft er niet meer over gezegd te worden.

Eerst zullen de hoofdtemperatuurpunten behandeld worden.

Het minimum.

Naar SACHS meent, ligt het minimum voor de kieming van zéér verschillende plantensoorten bij 4° en 6° R.; hij neemt als objecten Cucurbita Pepo, Phaseolus, maar ook kleinere zaden, Brassica en Raphanus, dus wat grootte betreft overeenkomende met Lepidium; de kieming gaat des te sneller naar mate de temperatuur hooger ligt; de lage temperaturen zouden geen schadelijken, maar slechts een indifferenten invloed uitoefenen; dit neemt niet weg, dat bij die temperatuur, waarbij juist kieming plaats heeft, toch de zaden niet tot verdere ontwikkeling kunnen komen; de ontwikkeling blijft stilstaan, en deze stilstand zou, zooals SACHS zegt, in zekeren zin tot in het oneindige gerekt kunnen worden.

Uit zijn proeven volgt, dat elke ontwikkelingsphase een minimum heeft, en, dat dit hooger ligt telkens voor elke andere volgende phase, dat dus nooit verdere ontwikkeling plaats zal hebben bij het kiemingsminimum of bij een bepaalde temperatuur, die nog daar beneden ligt.

Uit dit onderzoek blijkt, dat bij 0° C. stellig groei plaats heeft.

Nu heeft SACHS wel niet gewerkt met *Lepidium sativum*, maar het is niet aannemelijk, dat *Lepidium* juist een uitzondering zou maken op den door SACHS uitgesproken regel.

Omdat er nu hier groei bij 0° C. is, zou volgens SACHS het kiemingsminimum nog lager moeten liggen; het zou zeker de moeite waard wezen om te probeeren of *Lepidium*zaad werkelijk bij nog lagere temperaturen kiemt, maar de praktische bezwaren voor dergelijke proeven zijn groot; ten eerste is wel gebleken, dat de kieming bij lage temperaturen heel langzaam gaat; men zou die lage temperatuur dus dagen, waarschijnlijk wel weken achtereen constant moeten houden; bovendien zouden de zaden, om tot kieming te komen, vochtig gehouden moeten worden, en dit mag niet door ijs geschieden, omdat dit wel eens een mechanischen weerstand bij het openspringen van de zaadhuid zou kunnen uitoefenen (zie later KIRCHNER), niet te overwinnen door de kiemingsenergie bij die lage temperatuur. Er zou dus een vloeistof gebruikt moeten worden, die geen chemischen invloed op het zaad had, en die vloeibaar bleef bij die lage temperatuur. Ik nam dergelijke proeven dan ook niet, omdat ze niet in het laboratorium gedaan zouden kunnen worden. Het is echter niet onwaarschijnlijk, dat er kieming onder het vriespunt gevonden zou zijn.

Uit verschillende plaatsen in de literatuur is bekend geworden, dat bij lage temperaturen in aarde, die niet

bevroren was, of zelfs tusschen ijs in, kieming plaats vond. ULOTH¹⁾ heeft in een volkomen donkeren ijskelder kiemplantjes van ahorn en tarwe ontdekt, die op en tusschen het ijs lagen, en wier worteltjes een paar duim in het ijs waren doorgedrongen, die dus volgens hem, bij 0° C. gekiemd waren. SACHS²⁾ beweert hierover nu, dat het best mogelijk is geweest, dat de donkere kelderwanden warmte uitstraalden, die, zooals dat in de physica bekend is, juist door vreemde insluit-sels in ijs geabsorbeerd werd, en op die plaatsen de temperatuur verhoogde, zoodat kieming mogelijk werd; dan zou het ijs door de kieming smelten en zoo zouden de worteltjes een weg er in kunnen vinden.

Dit geval op zich zelf is dus niet direct op te lossen, maar de verklaring van SACHS lijkt nog al gezocht, en het is niet onwaarschijnlijk, dat ULOTH gelijk heeft gehad.

Hiervoor pleit vooral, dat ook KIRCHNER³⁾ bij 0° C. bij *Sinapis* kieming heeft geconstateerd. KIRCHNER merkt nu bovendien op, dat er verschillende mogelijkheden zijn, waardoor kieming bij zulke lage temperaturen in sommige gevallen niet zou kunnen plaats hebben. Hij spreekt over den turgor, die bij die lage temperatuur zéér gering is, en over den weerstand der zaadhuid; deze zou volgens hem soms zóó groot kunnen wezen, dat de voor de strekking aanwezige energie bij die lage temperatuur niet groot genoeg is, om dien op te heffen; hiervoor pleit het feit, dat, wanneer hij de zaadhuid van *Phaseolus* wegneemt, het plantje inderdaad met meer energie groeit; dit is echter geen algemeene regel, want bij *Pisum* werd de groei er

1) Dr. ULOTH. *Flora* 54, 1871. p. 185.

2) J. SACHS. *Lehrbuch der Botanik*. 1874. p. 697.

3) O. KIRCHNER. *Cohn's Beiträge*. III. 1883. p. 338.

niet door bevorderd. Hij vindt dan ook bij lage temperaturen om en bij het vriespunt stellig groei.

Ook winterkoren, zegt KIRCHNER, groeit, zooals bekend is, onder de sneeuw.

KIRCHNER stelt zich nu ook voor, dat het uitblijven van krommingen bij geotropie en phototropie bij 0° C. misschien aan dergelijke weerstanden is toe te schrijven en acht het waarschijnlijk, dat FRANK¹⁾ ook voor zijn bij 0° C. horizontaal geplaatste wortels om een dergelijken reden geen krommingen zou hebben waargenomen. Hoe het nu mogelijk is, dat HOFMEISTER bij 16° C. geen geotropische krommingen waarnam, is onverklaarbaar.

Het is nu de vraag of dergelijke mechanische weerstanden ook de oorzaak zouden kunnen wezen van het uitblijven van krommingen bij 0° C. van geotropie en phototropie, zooals RUTGERS²⁾ en Mej. DE VRIES³⁾ dat in hun publicaties beschrijven. Er voor pleit, dat perceptie wel plaats had, daar de reactie intrad, wanneer de plantjes overgebracht werden naar hogere temperatuur.

Of nu een lang verblijf bij lage temperatuur schadelijk is, blijft een open vraag. SACHS beweert van niet, maar DE VRIES⁴⁾ vindt, dat een verblijf van $\frac{1}{4}$ uur bij 0° C. onschadelijk is, dat zijn planten die temperatuur evenwel een langer tijd niet verdragen.

Ook TRUE⁵⁾ toont aan, hoe een verblijf bij lage temperatuur ongeveer bij het minimum van den groei, de groeisnelheid vermindert, wanneer de plantjes weer bij hogere temperaturen komen; duurt de inwerking

¹⁾ FRANK. Beiträge zur Pflanzenphysiologie. 1868. p. 37.

²⁾ RUTGERS: l. c. p. 72.

³⁾ M. DE VRIES. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais. p. 215. Vol. XI. Livr. 3. 1914.

⁴⁾ H. DE VRIES. De Invloed der Temperatuur op de Levensverschijnselen der Planten. Diss. 1870.'s Gravenhage. p. 25.

⁵⁾ TRUE: l. c. p. 392.

dier temperatuur kort, dan nemen ze bij het overbrengen naar hogere temperatuur onmiddellijk de daarbij behorende groeisnelheid aan. — Eveneens deelt ASKENASY ¹⁾ mee, dat zijn objecten na 2—3 uur, wanneer ze uit een temperatuur van 1°—5° C. bij hogere temperatuur komen, de daarbij behorende groeisnelheid vertoonen, echter eerst na 5 uur, wanneer ze bij 0° C. geweest zijn. Een lang verblijf, bijv. 23 uur bij een temperatuur van 9° C. heeft niet een steeds afnemen der groeisnelheid ten gevolge, hetgeen KIRCHNER wel beweert. DE VRIES haalt bovendien aan een mededeeling, die HUGO MOHL deed namens CHARPENTIER ²⁾; deze heeft waargenomen, dat alpenplanten, waarvan hij zeker kon nagaan, dat ze 4 jaar onder het ijs verborgen waren geweest, weer opleefden, maar dit alleen daar, waar het ijs er voor gezorgd had, dat in dien tijd de verdamping gering bleef.

Uit dit alles blijkt, dat nog te onderzoeken blijft, of de groeisnelheid door een lang verblijf bij lage temperatuur langzamerhand vermindert.

In ieder geval staat vast, dat SACHS ten onrechte beweerd heeft, dat voor de kieming, dus ook voor den groei, het minimum niet beneden 4° R. ligt.

Voor *Lepidium* is voor zoover makroskopische waarneming beoordeeling toelaat, geen reden om aan te nemen, dat er een minimum is, waarbij de groei plotseling ophoudt; hoogstwaarschijnlijk zal de kromme met de temperatuur wel geleidelijk dalen tot een bepaald punt, waar beneden experiment niet meer mogelijk is.

Evenzeer valt te betwijfelen of door mikroskopische waarnemingen een minimum te vinden zal wezen.

Het maximum.

Terwijl SACHS nu voor het minimum vond, dat dit

¹⁾ ASKENASY: l. c. p. 85.

²⁾ H. M. Botanische Zeitung. 1843. p. 13.

voor elke volgende ontwikkelingsphase hoger ligt dan voor een vorige, geldt dit volgens hem niet voor het maximum, en evenmin is het omgekeerde het geval; men zou zich n.l. kunnen voorstellen, dat voor elke phase het maximum lager kwam te liggen. In zijn publicatie in 1864 zet SACHS¹⁾ eenige maxima bij elkaar, die door verschillende onderzoekers voor de meest verschillende planten gevonden zijn.

P. DE CANDOLLE vond een *Aster tripolium*, wiens wortels water omspoelde van een temperatuur van 37.5° C. SENEBIER trof in Senegal planten aan, die groeiden bij een temperatuur van $61\frac{1}{3}^{\circ}$ R.. SCHOUW beweert, dat *Pteris longifolia* o.a. in zulke heete aarde groeide, dat men, wanneer men haar uitgroef met wortel en al, zich schroeit. Zooals algemeen bekend is, verdragen droge sporen van schimmels en droge zaden nog veel hogere temperaturen.

Al deze data zijn echter vaag, en de waarnemingen zijn niet nauwkeurig genoeg gedaan om er iets uit op te maken voor de juiste ligging van het maximum.

Daarom neemt SACHS nu proeven met kiemplantjes. Hij gaat uit van de onderstelling, die nog steeds blijkt de juiste te zijn, dat er niet één hoogste temperatuurgraad is, maar dat een plant bij korten inwerkingstijd een bepaalde hoge temperatuur kan verdragen, die haar, wanneer ze er langen tijd in blijft, doodt. Voor verschillende tijden en bij verschillende temperaturen neemt hij proeven. Wanneer SACHS nog één stap verder gegaan was, en ook voor optimale en supraoptimale temperaturen bij verschillende tijden den groei had onderzocht, zou hij wel tot dergelijke resultaten als BLACKMAN gekomen zijn. Hij stelt kiemplantjes van *Cucurbita*, *Brassica*, etc. gedurende 20 à 30 minuten bloot aan temperaturen tot 51° C. Wanneer de planten

¹⁾ J. SACHS: Flora 1864. p. 5.

niet direct met water in aanraking kwamen, konden ze gedurende 10 minuten een temperatuur van 51°C . niet verdragen, maar wel eene van 49° — 51°C ; zelfs dan nog langer. Maar in alle gevallen stierven de planten, wanneer ze bij die temperaturen direct met water in aanraking kwamen. SACHS meent, dat hiermee samenhangt, dat waterplanten een maximum hebben. dat steeds beneden 45°C . ligt.

Ook DE VRIES¹⁾ vindt dergelijke hoog liggende maxima; voor wortels in droge aarde krijgt hij maxima van 50° — 52°C .. Het watergehalte heeft dus grooten invloed.

SACHS en DE VRIES zien beiden, dat, terwijl het plasma van de plant dood is, de plant toch nog een frisch, gezond uiterlijk houdt, en zelfs de kleur de zelfde blijft, wanneer er maar voor gezorgd wordt, door bijv. een klok, die haar volkomen bedekt, dat transpiratie vermeden wordt.

SACHS wijst er op, dat de plant, na 10 minuten bij een temperatuur van 50° — 51°C . te zijn geweest, nog zéér grooten turgor kan hebben; deze toestand kan soms dagen lang duren. Het slap worden is dus niet het criterium voor den dood. Daarom werd algemeen aangenomen, dat de plant niet meer levend was, wanneer de groei stilstond.

PFEFFER²⁾ vermoedt nu, dat, evenals de onttrekking van zuurstof aan de omgeving bijv. den groei kan doen stilstaan, ook hoge temperaturen dit kunnen doen, dat dus „Wärmestarre” den groei kan verhinderen, evenals lage temperaturen dit volgens hem vermogen. SACHS vond in 1864 al Wärmestarre dicht bij het maximum.

HILBRIG³⁾ gaat dit nog eens nauwkeuriger na voor allerlei organismen. Hij onderscheidt een maximum en

¹⁾ H. DE VRIES: l. c. p. 8.

²⁾ PFEFFER: Pflanzenphysiologie II p. Leipzig.

³⁾ HANS HILBRIG: Über den Einfluss supramaximaler Temperatur auf das Wachstum der Pflanzen. Diss. Freiburg 1900.

een ultramaximum. Onder maximum verstaat hij het punt, waarbij de groei ophoudt, terwijl de andere levensprocessen doorgaan. Het ultramaximum is bereikt, wanneer alle functies der plant ophouden, dus tegelijk met het ophouden van den groei treedt de dood in; dit is de opvatting van SACHS, die in 1864 al zeide, dat elke levensfunctie haar eigen maximum heeft. Zijn resultaten zijn echter zéér onwaarschijnlijk en maken het wenschelijk, dat deze kwestie nog eens nauwkeurig wordt onderzocht.

Wat nu de resultaten in dit opzicht van dit onderzoek betreft: makroskopisch gemeten schijnt na $3\frac{1}{2}$ uur bij ongeveer 38° C. de groei op te houden, omdat de drie krommen voor de respect. waarnemingstijden $3\frac{1}{2}$, 7 en 14 uur, ongeveer gelijk loopen. Gelijk echter reeds in het vorige hoofdstuk vermeld, is het niet onmogelijk, dat mikroskopische waarnemingen tot een andere conclusie leiden, en een dergelijk resultaat zullen opleveren als besproken werd bij de vraag omtrent de ligging van het minimum.

Het optimum.

Zooals reeds in de inleiding is gezegd, heeft men tot 1905 algemeen met SACHS aangenomen, dat het optimum, bij allerlei physiologische proceessen waargenomen, voor verschillende plantensoorten ongelijk, maar overigens een vast punt is.

Zoo geeft DE VRIES ¹⁾ bijv. op voor het optimum voor den groei van wortels van *Lepidium sativum* 27.4° C.; zijn proeven duurden 48 uur.

In deze voorstelling kwam echter verandering toen BLACKMAN zijn theorie opstelde naar aanleiding van eenige gegevens uit het onderzoek van MISS MATTHAEI over het assimilatieproces. Hij vermoedt, dat, wanneer de tijdsfactor verhinderd kon worden zijn invloed uit

¹⁾ H. DE VRIES: l.c. 97.

te oefenen, m.a.w., als men na een tijd 0 kon waarnemen, het optimum zou blijken niet te bestaan. Worden de waarnemingstijden steeds korter, dan verschuift volgens hem het optimum met den tijd van waarneming, ten slotte komen de waarden voor de temperaturen boven het zoogenaamde optimum te liggen op de kromme, die het verlengde zal wezen van de kromme, die bij lagere temperaturen de verhouding aangeeft. In zijn publicatie construeert hij voor het assimilatieproces die hypothetische punten, maar, zooals iedere extrapolatie, is deze constructie willekeurig.

Na 1905 zijn er verschillende onderzoekingen verschenen over allerlei physiologische processen, om de theorie van BLACKMAN te controleeren. De voornaamste zijn die over den invloed der temperatuur op ademhaling, geotropie en phototropie, resp. door KUYPER¹⁾, RUTGERS²⁾ en MEJ. DE VRIES³⁾. Bovendien is een onderzoek verschenen van MEJ. VAN AMSTEL⁴⁾ over het gistingsproces in verband met de temperatuur. Terwijl de drie eerste publicaties alle dit gemeen hebben, dat de mogelijkheid van de theorie van BLACKMAN blijft bestaan, maar extrapolatie niet mogelijk blijkt, vindt MEJ. VAN AMSTEL, dat, in tegenstelling met hen, het optimum niet secundair is, maar primair; maar haar extrapolatiemethode is willekeurig; zij heeft dus evenmin kunnen bewijzen, dat de theorie van BLACKMAN onjuist is. Eén resultaat hebben echter al deze publicaties opgeleverd, n.l. dat de temperatuurcoëfficiënten voor temperatuurverschillen van 10° C. dalen van lagere naar hogere temperaturen. Volgens de theoretische beschouwing

1) J. KUYPER: De invloed der temperatuur op de ademhaling der hogere planten. Diss. Utrecht, 1909.

2) A. A. L. RUTGERS: l.c.

3) M. S. DE VRIES: l.c.

4) J. E. VAN AMSTEL: De temperatuursinvloed op physiologische processen der alcoholgist. Diss. 1912.

van COHEN STUART¹⁾ en de publicaties van KANITZ²⁾, pleit dit juist vóór de juistheid van de theorie van BLACKMAN, omdat ook voor chemische processen coëfficiënts dalingen in dergelijken, schijnbaar veel van den regel van VAN 'T HOFF afwijkenden vorm, gevonden zijn; dezelfde opmerking werd ook door RUTGERS gemaakt.

Intusschen is het duidelijk, dat de physiologische processen nog zéér onvoldoende bekend zijn; de oorzaak ervan is het feit, dat ze alle zéér ingewikkelde heterogene systemen vertegenwoordigen.

Wat nu het onderwerp van dit onderzoek betreft, wanneer we ons afvragen, of dit ons over de ligging van het optimum meer zal kunnen zeggen dan andere physiologische processen, kunnen we van te voren al zeggen, dat dit waarschijnlijk wel niet het geval zal wezen.

BLACKMAN wijst er zelf al op in zijn publicatie van 1905, dat inwendige factoren, die we niet direct controleren kunnen, den waren loop van het groeiproces onduidelijk zullen maken. Als beperkende factoren, behalve den tijd, vermoedt hij, dat bij hooge temperaturen de hoeveelheid plastische stoffen zou kunnen optreden. De ademhaling zal daar dan juist zóó sterk zijn, dat na eenigen tijd niet overal de aanvoer van plastische stoffen snel genoeg plaats zal hebben om aan te vullen, wat door de ademhaling verloren is gegaan. Iets dergelijks heeft trouwens HARTING al uiteengezet in zijn onderzoek over den groei van zijn hopspruiten; hij schrijft de daling van zijn groeikrommen, hetgeen SACHS later periodiciteit van den groei noemt,

¹⁾ C. P. COHEN STUART: Een studie over Temperatuur-coëfficiënten en den regel van VAN 'T HOFF. April 1912. Zittingsverslag Kon. Akad. van Wet. te Amsterdam.

²⁾ Zie ARISTIDES KANITZ: Temperatur und Lebensvorgänge. Berlin: Verlag von Gebr. Bornträger, 1915.

toe aan den steeds langeren weg, dien de reservestoffen met den tijd moeten afleggen; ten slotte zal het vervoer zóó langzaam gaan, dat het den groei zal kunnen verhinderen.

SACHS ¹⁾ schrijft in zijn leerboek, dat er wel geen eenvoudige verhouding zal wezen tusschen temperatuur en groeisnelheid; dat bij hogere temperaturen de groei minder wordt, zou, volgens hem, wel kunnen liggen aan de onvoldoende wateropname door de wortels, waardoor de transpiratie niet goed gemaakt wordt.

In hoeverre nu de turgor, die natuurlijk bij lagere temperaturen anders zal wezen dan bij hogere, invloed uitoefent, zou een afzonderlijk onderzoek vereischen.

Het is echter te verwachten, dat al deze factoren een groote rol bij het groeiproces spelen, en, dat eerst hun invloed bekend moet zijn voordat men een goed inzicht in dit proces zal krijgen.

Uit hetgeen in het vorige hoofdstuk gezegd is, blijkt, dat ook voor den groei een verschuiving van het optimum plaats heeft met den tijd van waarneming, dat hier echter door den invloed van de periodiciteit van den groei nog minder dan bij andere physiologische proeven veel met zekerheid te zeggen valt over de ligging van het optimum.

Evenals door andere onderzoekers bij andere physiologische processen geconstateerd is, daalt voor het groeiproces de temperatuurcoëfficiënt van lage naar hooge temperatuur.

Onderzoekingen, die verschenen zijn, nadat dit onderzoek begonnen werd.

Terwijl dit onderzoek al eenigen tijd in gang was, verscheen er in het Botanisches Centralblatt een referaat van een onderzoek van LEHENBAUER ²⁾ over den invloed

¹⁾ J. SACHS: l.c. p. 700.

²⁾ P. A. LEHENBAUER: *Physiol. Res.* I. p. 247—288 f. 1—4. 1914. Gerefereerd in B.C. 1915. No. 51.

van de temperatuur op den lengtegroei van wortels van *Zea Mays*. Het is me niet gelukt het oorspronkelijke stuk in handen te krijgen. Hij vindt een optimum voor een waarneming van 3 uur bij 29° C., voor 9 en 12 uur een zelfde optimum en wel bij 27° C. Ook neemt hij proeven, die 39 uur duren, maar hoe het daar met het optimum staat, is uit het referaat niet op te maken. De regel van VAN 'T HOFF geldt bij hem voor temperaturen tusschen 20° en 32° C., en de temperatuurcoëfficiënt varieert van 2.40 tot 1.88. Terwijl voor een waarnemingstijd van 15 uur het maximum bij 43° C. ligt, ligt het voor een waarnemingstijd van 18 uur bij 42° C. Zijn hoofdtemperatuurpunten (over minimum wordt in het referaat niet gesproken) liggen dus hoger dan de hoofdtemperatuurpunten van dit onderzoek.

Intusschen publiceerde MISS I. LEITCH¹⁾ „Some Experiments on the Influence of Temperature on the Rate of Growth in *Pisum Sativum*.”

Voor lage temperaturen neemt zij proeven, die 22 uur of een half uur duren; zij zegt, en ook Tabel III wijst er duidelijk op, dat tot 10° de krommen gelijk loopen, maar daarboven divergeeren, en wel loopt de kromme voor 22 uur, berekend naar den waargenomen groei in $\frac{1}{2}$ uur, hoger; in ieder geval zijn er meer onregelmatigheden in de tabel, die de groeisnelheid voor $\frac{1}{2}$ uur aangeeft. Zij vermoedt, dat de andere condities, waaronder de proeven genomen zijn, misschien ook de groote periode van den groei, de oorzaak zijn van de afwijking der twee krommen. Zij spreekt echter niet over de praktische moeilijkheid van het op temperatuur brengen van haar plantjes, maar meent, dat zij onmiddellijk de temperatuur van den thermostaat aannemen; of echter de proeven, waardoor ze dit bewijzen wil, overtuigend zijn, valt te betwijfelen, omdat ze

¹⁾ I. LEITCH: *Annals of Botany*. Vol. XXX. Jan. 1916 p. 25.

slechts eenige minuten duren, juist ook in verband met haar kromme voor waarnemingen van $\frac{1}{2}$ uur (tabel III), die zooals gezegd is, zooveel onregelmatigheden vertoont.

Over de periodiciteit van den groei vertelt ze verder niets; het is toch wel waarschijnlijk, dat deze haar invloed zal laten gelden bij proeven, die 22 uur duren.

Wat betreft de ligging van het optimum: Zij verstaat hier onder iets anders dan gebruikelijk is, en maakt onderscheid tusschen optimum en maximumsnelheid van het proces. Waarom ze dit eigenlijk doet is niet volkomen duidelijk, want haar resultaten in dien zin komen met die van andere onderzoekers overeen. Er is een bepaald punt, waar de tijdsfactor niet optreedt, en bij de hoogere temperaturen is de snelheid van het proces niet constant, maar verandert. Evenals KUYPER voor de ademhaling vond, schommelt de reactiesnelheid bij 30° en 35° C.

Ten slotte nog iets over haar temperatuurcoëfficiënten en het al of niet opgaan van den regel van VAN 'T HOFF: haar coëfficiënten dalen, zooals in de meeste onderzoekingen over andere physiologische processen ook gevonden is. Omdat de coëfficiënten tusschen 10° en 29° C. slechts tusschen 2 en 3 liggen, meent ze, dat de regel van VAN 'T HOFF niet opgaat.

Het is echter vooral na de publicaties van COHEN STUART en KANITZ voldoende gebleken, dat dit feit op zich zelf er juist vóór pleit, maar dat de physiologische processen nog te weinig bekend zijn om al of niet te kunnen beslissen of de regel geldt of niet.

Ten slotte kwam me nog een onderzoek van GROVES¹⁾ onder de oog en over den levensduur van zaden in verband met de temperatuur. Hier verandert de temperatuurcoëfficiënt niet, in tegenstelling met alle overige onderzoekingen.

¹⁾ J. F. GROVES: The Botanical Gazette. March 1917. Vol. LXIII n^o. 3. p. 169.

Het is echter zéér de vraag, of zijn onderzoek direct vergelijkbaar is met de onderzoekingen over andere physiologische processen. Hij behandelt juist temperaturen boven de 50°C. , terwijl bij de andere publicaties de temperatuur zelden of nooit tot 50°C. steeg. Daarom is juist over den regel van VAN 't HOFF hieruit niets te concludeeren.

Samenvatting der Resultaten.

De groeiende zone van den wortel van *Lepidium sativum* is 3 à 4 m.m. lang; de lengte er van verandert niet bij lage en hoge temperaturen.

Evenals bij andere physiologische processen verschuift het optimum met den tijd van waarneming. Over de juiste ligging van het optimum valt hier niets met zekerheid te zeggen, omdat de invloed van de periodiciteit van den groei zich juist in de buurt er van het sterkst doet gelden. Toch bewijzen de drie krommen voor waarnemingstijden van $3\frac{1}{2}$, 7 en 14 uur, dat het optimum lager ligt naar mate de tijd van inwerking der hoge temperaturen langer duurt. In dit opzicht gaat de theorie van BLACKMAN dus volkomen op.

De temperatuurcoëfficiënt Q_{10} daalt van lage naar hogere temperatuur en wel het sterkst voor waarnemingen van 14 uur, hetgeen ook weer voor een groot gedeelte toe te schrijven is aan de groote periode van den groei.

Verder kan er over al of niet geldig zijn van den regel van VAN 't HOFF nog minder dan bij andere physiologische processen iets gezegd worden.

Het minimum voor den lengtegroei ligt beneden het vriespunt; het is onwaarschijnlijk, dat de groei, zooals SACHS dat wil, plotseling ophoudt.

Het maximum van den lengtegroei ligt boven 40° , voor langdurige proeven nog lager. Of er in den zin van SACHS een Wärmestarre optreedt is niet te zeggen;

er vóór pleit, dat de waargenomen groeisnelheid bij 37° — 38° C. ongeveer gelijk is, waaruit men dus zou mogen opmaken, dat bij die temperatuur na $3\frac{1}{2}$ uur geen groei meer plaats heeft. Het verloop der kromme doet evenwel er aan denken, dat voor het maximum hetzelfde zal gelden als voor het minimum, wanneer het mogelijk is een zéér nauwkeurige waarnemingsmethode toe te passen.

TABEL A.

Deze tabel geeft alle proeven weer, die samengevat zijn in tabel III, dus waarbij de plantjes gedurende $3\frac{1}{2}$ uur in den thermostaat bleven.

Bovendien staan hierin ook de proeven vermeld, die bij 0°C . in de ijskast en in de sneeuw genomen zijn:

TEMPERA- TUUR	DATUM	klassen in m.m.	< 1	1	1
0°C .	1916. 18-19 Febr. in de ijskast 24 uur:	aantal varianten	6	8	
	19-20 " " " " 26 $\frac{1}{2}$ "		11	9	
			17	17	
		$A = M = 1$			
	23-24 Febr. in de sneeuw 24 uur:		< 1	1	1
			8	9	= 17
		$A = 0.5. b = + \frac{9}{17} = 0.5$			
		$M = 1$			

TEMPERATUUR.	DATUM				
10°C .		< 1	1	1	< 2
	28 Jan.	5	28	2	
	3 Febr.	1	27	2	
	8 Febr.	2	21		
		8	76	4	= 88
		$A = 1.5$	$b = - \frac{4}{88} = -0.04$		
		$M = 1.46$			

15.7°C .		< 2	1	2	< 3	1	3
	23 Jan.	4		17			
	24 Jan.	5		17	1		
		9		34	1		

TEMPERATUUR. DATUM.

$$A = 2.5 \quad b = -\frac{8}{44} = -0.2$$

$$M = 2.3$$

20° C.

$$2 < 3 \mid 3 < 4 \mid 4$$

9 Febr.	14	15	
10 Febr.	4	18	2
11 Febr.	5	15	1
11 Febr.	8	13	1

$$31 \quad 61 \quad 4 = 96$$

$$A = 3.5 \quad b = -\frac{27}{96} = -0.28$$

$$M = 3.2$$

22.7° C.

1 Mrt.

$$2 < 3 \mid 3 < 4 \mid 4 < 5$$

$$5 \quad 18 \quad 6 = 29$$

$$A = 3.5 \quad b = +\frac{1}{29} = 0.03$$

$$M = 3.53$$

23° C.

16 Mrt.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5$$

$$20 \quad 6 = 26$$

$$A = 3.5 \quad b = +\frac{6}{26} = 0.23$$

$$M = 3.73$$

25° C.

7 Mrt.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 -$$

$$12 \quad 10 \quad 2$$

8 Mrt.

$$13 \quad 13 \quad 2$$

$$25 \quad 23 \quad 6 = 54$$

$$A = 4.5 \quad b = -\frac{19}{54} = -0.35$$

$$M = 4.15$$

26° C.

2 Mrt.

$$2 < 3 \mid 3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 -$$

$$1 \quad 17 \quad 16 \quad 3$$

9 Mrt.

$$5 \quad 12 \quad 6$$

$$1 \quad 22 \quad 29 \quad 9 = 60$$

$$A = 4.5 \quad b = -\frac{15}{60} = -0.25$$

$$M = 4.25$$

TEMPERATUUR. DATUM.

27° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 < 6 \mid 6 -$$

$$12 \text{ Jan. } \begin{array}{ccc} 6 & 15 & 11 & 1 \end{array}$$

$$14 \text{ Jan. } \begin{array}{ccc} 5 & 18 & 12 & 1 \end{array}$$

$$25 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 5 & 23 & 14 & 3 \end{array}$$

$$28 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 2 & 14 & 10 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 18 & 70 & 47 & 5 = 140 \end{array}$$

$$A = 4.5 \quad b = + \frac{39}{140} = + 0.26$$

$$M = 4.76$$

28° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 < 6 \mid 6 -$$

$$28 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 4 & 10 & 5 & 2 \end{array}$$

$$29 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 4 & 11 & 12 & 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 8 & 21 & 17 & 4 = 50 \end{array}$$

$$A = 4.5 \quad b = + \frac{17}{50} = + 0.34$$

$$M = 4.84$$

29° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 < 6 \mid 6 -$$

$$8 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 9 & 5 & 4 & 2 = 20 \end{array}$$

$$A = 4.5 \quad b = - \frac{1}{20} = - 0.05$$

$$M = 4.45$$

30° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5 \mid 5 < 6 \mid 6 -$$

$$11 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 13 & 9 & 6 & 1 \end{array}$$

$$22 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 7 & 9 & 2 & \end{array}$$

$$? \quad \begin{array}{ccc} 9 & 7 & 4 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 29 & 25 & 12 & 1 = 67 \end{array}$$

$$A = 4.5 \quad b = - \frac{15}{67} = - 0.23$$

$$M = 4.27$$

32.5° C.

$$2 < 3 \mid 3 < 4 \mid 4 -$$

$$15 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 4 & 16 & 4 & \end{array}$$

$$30 \text{ Mrt. } \begin{array}{ccc} 4 & 14 & 7 & \end{array}$$

$$11 \text{ April } \begin{array}{ccc} 2 & 15 & 7 & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 10 & 44 & 18 = 72 \end{array}$$

TEMPERATUUR. DATUM.

				$A = 3.5$	$b = +\frac{8}{72} = 0.11$
				$M = 3.61$	
35° C.				$< 212 < 313$	
	18 Maart	1	24	1	
	6 April	4	14		
		5	38	1 = 44	
				$A = 2.5$	$b = -\frac{4}{44} = -0.09$
				$M = 2.41$	
39.6° C.				$- < 111 < 2 -$	
	10 Maart	11	10	= 21	
				$A = 0.5$	$b = +\frac{10}{21} = 0.48$
				$M = 0.98$	
40° C.				< 111	
	21 Maart	13	7		
	3 April	18	11		
		31	18	= 49	
				$A = 0.5$	$b = +\frac{18}{49} = 0.36$
				$M = 0.86$	

TABEL B.

Deze tabel geeft alle proeven weer, die samengevat zijn in tabel IV, dus waarbij de plantjes gedurende 7 uur in den thermostaat bleven.

TEMPERATUUR DATUM

20° C.

				$4 < 515 < 616 < 717 -$	
	8 Dec. 1915	1	6	11	3
	10 Dec.		19	15	4
		1	25	26	7 = 59
				$A = 6.5$	$b = -\frac{20}{59} = -0.34$
				$M = 6.16$	

TEMPERATUUR. DATUM.

27° C.

	6 < 7 7 < 8 8 < 9 9 < 10 10				
15 Dec.	1	7	11	5	3
16 Dec.	1	5	7	4	1
17 Dec.	2	6	18	9	4
27 Mrt. 1916	2	2	9	10	9
	6	20	45	28	17 = 116
	$A = 8.5 \quad b = + \frac{30}{116} = 0.26$				
	$M = 8.8$				

28° C.

	5 < 6 6 < 7 7 < 8 8 < 9 9				
23 Maart.		6	8	3	1
29 Maart.	5	6	3	5	3
10 April		8	4	6	
	5	20	15	14	4 = 58
	$A = 7.5 \quad b = - \frac{8}{58} = -0.15$				
	$M = 7.35$				

29° C.

	7 < 8 8 < 9 9 < 10 10			
8 April	6	11	1	2 = 20
	$A = 8.5 \quad b = -0.05$			
	$M = 8.45$			

30° C.

	6 < 7 7 < 8 8 < 9 9			
22 Maart	15	5	9	1 = 25
	$A = 7.5 \quad b = + \frac{1}{25} = 0.04$			
	$M = 7.5$			

32.5° C.

	3 < 4 4 < 5 5 < 6 6			
16 Maart		8	11	4
11 April	1	1	11	1
	1	9	22	5 = 37
	$A = 5.5 \quad b = - \frac{6}{37} = -0.16$			
	$M = 5.4$			

TEMPERATUUR. DATUM.

35° C.

	1 < 2 2 < 3 3		
17 Maart		11	3
6 April	1	10	2
	1	21	5 = 27
	$A = 2.5 \quad b = + \frac{4}{27} = 0.15$		
	$M = 2.65$		

40° C.

	< 1 1		
21 Maart	7	5	
3 April	6	6	
4 April	6	4	
	19	15 = 34	
	$A = 0.5 \quad b = + \frac{15}{34} = 0.441$		
	$M = 0.94$		

TABEL C.

Deze tabel geeft alle proeven weer, die samengevat zijn in tabel V, dus waarbij de plantjes gedurende 3½ uur in den thermostaat bleven.

Hierbij is tevens de standaarddeviatie, σ , naar de formule $\sigma = \sqrt{\frac{\sum pa^2}{n} - b^2}$, gegeven.

TEMPERATUUR DATUM

9° C.

	< 1 1			σ
18 Jan. 1917	10	8		0.4942
19 Jan. 1917	13	9		
	23	17 = 40		
	$A = 0.5 \quad b = + \frac{17}{40} = 0.425$			
	$M = 0.9$			

14.8° C.

	< 1 1 < 2 2 < 3			0.6923
16 Dec. 1916	4	7	11	
17 Dec. 1916	1	9	6	
	5	16	17 = 38	

TEMPERATUUR. DATUM.

σ

$$A = 1.5 b = + \frac{12}{38} = 0.3$$

$$M = 1.8$$

20.2° C.

$$< 3 \mid 3 < 4 \mid 4$$

0.4252

$$16 \text{ Juni } 1916 \quad 1 \quad 13 \quad 5$$

$$17 \text{ Juni } 1916 \quad 1 \quad 22 \quad 2$$

$$13 \text{ Sept. } 1916 \quad 2 \quad 14 \quad$$

$$\hline 4 \quad 49 \quad 7 = 60$$

$$A = 3.5 b = + \frac{3}{60} = 0.05$$

$$M = 3.5$$

27° C.

$$< 4 \mid 4 < 5 \mid 5$$

0.5571

$$10 \text{ Juni } 1916 \quad 5 \quad 5 \quad 3$$

$$3 \text{ Febr. } 1917 \quad 3 \quad 17 \quad$$

$$\hline 8 \quad 22 \quad 3 = 33$$

$$A = 4.5 b = - \frac{5}{33} = -0.15$$

$$M = 4.35$$

28° C.

$$4 < 5 \mid 5 < 6$$

0.4989

$$18 \text{ Oct. } 1916 \quad 10 \quad 10$$

$$7 \text{ Febr. } 1917 \quad 5 \quad 7$$

$$\hline 15 \quad 17 = 32$$

$$A = 5.5 b = - \frac{15}{32} = -0.4$$

$$M = 5.1$$

29.0° C.

$$< 5 \mid 5 < 6 \mid 6$$

0.6227

$$1 \text{ Juli } 1916 \quad 3 \quad 9 \quad 1$$

$$10 \text{ Juli } 1916 \quad 8 \quad 10 \quad 3$$

$$\hline 11 \quad 19 \quad 4$$

$$A = 5.5 b = - \frac{8}{34} = -0.2$$

$$M = 5.3$$

TEMPERATUUR. DATUM.
30° C.

	4 < 5	5 < 6	6 < 7	
28 Juni 1916	6	10	5	
1 Febr. 1917	8	14	4	
	14	24	9 = 47	
	$A = 5.5 \quad b = -\frac{5}{47} = -0.1$			
	$M = 5.4$			

σ
0.5449

32.5° C.

	2 < 3	3 < 4	4 < 5	
28 Juni 1916	2	6	4	
13 Jan. 1917	1	6	7	
13 Jan. 1917	3	4	4	
	6	16	15 = 37	
	$A = 3.5 \quad b = +\frac{9}{37} = 0.24$			
	$M = 3.7$			

0.7130

34° C.

	< 2	2 < 3	3	
10 Jan. 1917	2	8		
11 Jan. 1917	1	9		
	3	17 = 20		
	$A = 2.5 \quad b = -\frac{3}{20} = -0.15$			
	$M = 2.3$			

0.3571

36.6° C.

	1 < 2	2	
10 Jan. 1917	7	1	
11 Jan. 1917	9	2	
13 Juni 1916	11	1	
	27	4 = 31	
	$A = 1.5 \quad b = +\frac{4}{31} = 0.1$		
	$M = 1.6$		

0.3353

TEMPERATUUR. DATUM.

40° C.

* $< \frac{1}{2} \mid \frac{1}{2} < 1 \mid$ σ
0.2389

23 Nov. 1916	4	3
1 Febr. 1917	5	2
	9	5 = 14

$$A = 0.25 \text{ b} = \frac{5}{14} \times \frac{1}{2} = 0.15$$

$$M = 0.4$$

TABEL D.

Deze tabel geeft alle proeven weer, die samengevat zijn in tabel VI, dus waarbij de plantjes gedurende 7 uur in den thermostaat bleven.

TEMPERATUUR DATUM

4.1° C.

< 1 $\mid$ 1 σ
0.4945

17 Jan. 1917	9	5
18 Jan. 1917	12	6
	21	11 = 32

$$A = 0.5 \text{ b} = + \frac{11}{32} = 0.35$$

$$M = 0.85$$

9.75° C.

1 < 1 2 —

0.4786

15 Jan. 1917	14	6
16 Jan. 1917	12	8
	26	14 = 40

$$A = 1.5 \text{ b} = + \frac{14}{40} = 0.35$$

$$M = 1.85$$

13° C.

2 < 3 $\mid$ 3 < 4 $\mid$ 4

0.5553

22 Jan. 1917	4	10	2 = 16
--------------	---	----	--------

$$A = 3.5 \text{ b} = - 0.125$$

$$M = 3.375$$

* Bij deze proef zijn de klassegrenzen $= \frac{1}{2}$ m.m. genomen.

TEMPERATUUR. DATUM.

14.2° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5$$

$$\sigma$$

$$0.4715$$

26 Jan. 1917

$$5 \quad 9$$

27 Jan. 1917

$$4 \quad 9$$

$$\begin{array}{r} 9 \quad 18 = 27 \end{array}$$

$$A = 4.5 \quad b = -0.3$$

$$M = 4.2$$

20.2° C.

$$< 5 \mid 5 < 6 \mid 6 < 7 \mid 7$$

$$0.4865$$

5 Dec. 1916

$$4 \quad 11 \quad 6$$

10 Dec. 1917

$$5 \quad 13 \quad 6$$

9 Jan. 1917

$$1 \quad 2 \quad 9 \quad 4$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 11 \quad 33 \quad 16 = 61 \end{array}$$

$$A = 6.5 \quad b = +\frac{3}{61} = 0.04$$

$$M = 6.5$$

22° C.

$$5 < 6 \mid 6 < 7 \mid 7 < 8 \mid 8 < 9 \mid 9$$

$$1.1823$$

16 Dec. 1916

$$1 \quad 5 \quad 5 \quad 3 \quad 3 = 17$$

$$A = 7.5 \quad b = +\frac{2}{17} = 0.1$$

$$M = 7.6$$

23.2° C.

$$6 < 7 \mid 7 < 8 \mid 8 < 9 \mid 9 < 10$$

$$0.8112$$

27 Oct. 1916

$$5 \quad 11 \quad 5$$

2 Dec. 1916

$$2 \quad 4 \quad 10 \quad 7$$

$$\begin{array}{r} 2 \quad 9 \quad 21 \quad 12 = 44 \end{array}$$

$$A = 8.5 \quad b = -\frac{1}{44}$$

$$M = 8.5$$

25° C.

$$< 7 \mid 7 < 8 \mid 8 < 9 \mid 9 < 10 \mid 10$$

$$1.13$$

25 Oct. 1916

$$2 \quad 5 \quad 9 \quad 7 \quad 1$$

2 Dec. 1916

$$1 \quad 2 \quad 6 \quad 9 \quad 1$$

$$\begin{array}{r} 3 \quad 7 \quad 18 \quad 16 \quad 2 = 46 \end{array}$$

$$A = 8.5 \quad b = +\frac{7}{46} = 0.16$$

$$M = 8.7$$

TEMPERATUUR. DATUM.

27° C.

	7	8	9	10	11	12	σ
18 Oct. 1916	1	8	8	4	4		1.228
23 Oct. 1916	2	3	3	7	2		
24 Oct. 1916	4	4	3	6	1		
	8	15	14	17	7	= 61	

$$A = 9.5$$

$$M = 9.5$$

28° C.

	<9	9	<10	10	<11	11	<12	
1 Sept. 1916	2	8	6	3				0.9805
20 Oct. 1916	4	7	7	3				
21 Oct. 1916	3	10	9	1				
	9	25	22	7	= 63			

$$A = 9.5 \quad b = +\frac{27}{63} = 0.43$$

$$M = 9.9$$

29° C.

	<9	9	<10	10	<11	11	<12	
10 Juli 1916	4	2	8	3				0.9616
3 Sept. 1916	5	10	6	4				
7 Febr. 1917	1	6	12	5				
	10	18	26	12				

$$A = 10.5 \quad b = -\frac{26}{66} = -0.4$$

$$M = 10.1$$

30° C.

	7	8	9	10	11	12	
26 Juni 1916	1	3	6	7	4		1.0204
29 Juni 1916		3	7	5	3		
7 Sept. 1916		4	4	10	3		
9 Sept. 1916	1	2	5	3	6		
3 Febr. 1917		4	6	9			
	2	16	28	34	16	= 96	

$$A = 10.5 \quad b = -0.5$$

$$M = 10.$$

TEMPERATUUR DATUM

31° C.

7 < 8 | 8 < 9 | 9 < 10

 σ
0.6305

6 Sept. 1916

2 13 6

11 Nov. 1916

5 11 3

7	24	9 = 40
---	----	--------

$$A = 8.5 \quad b = + \frac{1}{20} = 0.05$$

$$M = 8.5$$

33° C.

3 < 4 | 4 < 5 | 5 < 6

0.551

31 Oct. 1916

1 5 6

1 Nov. 1916

7 8

8 Nov. 1916

5 5

1	17	19
---	----	----

$$A = 4.5 \quad b = + \frac{18}{37} = 0.5$$

$$M = 5$$

35° C.

2 < 3 | 3 < 4 |

0.4841

17 Nov. 1916

5 4

4 Dec. 1916

6 5

15 Dec. 1916

8 3

19	12 = 31
----	---------

$$A = 2.5 \quad b = \frac{12}{31} = 0.4$$

$$M = 2.9$$

36.8° C.

1 < 2 | 2 < 3 |

0.3502

14 Dec. 1916

5 2

4 Febr. 1917

9 1

9 Febr. 1917

10 1

5 Febr. 1917

6 1

30	5 = 35
----	--------

$$A = 1.5 \quad b = + \frac{1}{7} = 0.15$$

$$M = 1.65$$

TEMPERATUUR DATUM
38.7° C.

< 1 | 1

σ
0.4103

19 Nov. 1916	9	1
20 Nov. 1916	7	2
11 Febr. 1917	6	3

22 6 = 28

$$A = 0.5 \quad b = + \frac{6}{28} = 0.22$$

$$M = 0.72$$

40° C.

* < 1/2 | 1/2 < 1

0.2466

23 Nov. 1916	4	3
24 Nov. 1916	4	5
25 Nov. 1916	6	2

14 10 = 24

$$A = 0.25 \quad b = + \frac{10}{24} \times \frac{1}{2} = 0.21$$

$$M = 0.46$$

TABEL E.

Deze tabel geeft alle proeven weer, die samengevat zijn in tabel VII, dus waarbij de plantjes gedurende 14 uur in den thermostaat bleven.

TEMPERATUUR. DATUM.
4° C.

< 1 | 1 < 2 | 2

σ
0.3862

18-19 Jan. 1917	1	15	1
19-20 Jan. 1917	2	13	1

3 28 2 = 33

$$A = 1.5 \quad b = - \frac{1}{33}$$

$$M = 1.5$$

* Bij deze proef zijn de klassengrenzen = 1/2 m.m. genomen.

TEMPERATUUR DATUM

 σ

6.8° C.

2 < 3 | 3 < 4 |

0.449

16-17 Jan. 1917 9 5

20-21 Jan. 1917 14 4

$$A = 2.5 \quad b = +\frac{9}{32} = 0.25$$

$$M = 2.75$$

9³/₄° C.

3 < 4 | 4 < 5 |

0.504

15-16 Jan. 1917 9 13

23-23 Jan. 1917 7 10

$$16 \quad 23 = 39$$

$$A = 4.5 \quad b = -\frac{16}{39} = 0.41$$

$$M = 4.1$$

14.1° C.

7 < 6 | 6 < 9 | 9

0.5398

17-18 Jan. 1917 6 16 2

21-22 Jan. 1917 4 12 1

$$10 \quad 28 \quad 3 = 41$$

$$A = 8.5 \quad b = -\frac{7}{14} = -0.16$$

$$M = 8.34$$

TEMPERATUUR. DATUM.

 σ

20.2° C.

13 < 14 | 14 < 15 | 15 < 16 | 16 < 17 | 17

1.001

11-12 Dec. 1917 3 3 10 1 1

29-30 Jan. 1917 4 3 9 2 1

31 J.-1 Febr. 1917 3 8 7 3

$$10 \quad 14 \quad 26 \quad 6 \quad 2 = 58$$

$$A = 15.5 \quad b = -\frac{24}{58} = -0.41$$

$$M = 15.1$$

TEMPERATUUR. DATUM.

 σ **22.8 °C.**

16 < 17 | 17 < 18 | 18 < 19 | 19 < 20 | 20 < 21 | 0.9582

19-20 Dec. 1917	1	2	7	5	5
12-13 Jan. 1917		2	10	6	1
	1	4	17	11	6 = 39

$$A = 18.5 \quad b = + \frac{17}{39} = 0.43$$

$$M = 18.9$$

25 °C.

19 < 20 | 20 < 21 | 21 < 22 | 22 < 23 | 23 < 24 | 1.244

10-11 Dec. 1916	4	5	2	6	2
1 F.-2 Febr. 1917	3	6	5	4	1
	7	11	7	10	3 = 38

$$A = 21.5 \quad b = - \frac{9}{38} = -0.24$$

$$M = 21.26$$

26 °C.

19 < 20 | 20 < 21 | 21 < 22 | 22 < 23 | 23 < 24 | 1.245

26-27 Jan. 1917	2	3	6	4	3
28-29 Jan. 1917	3	1	7	6	5
	5	4	13	10	8 = 40

$$A = 21.5 \quad b = + \frac{12}{40} = 0.30$$

$$M = 21.8$$

27.2 °C.

19 < 20 | 20 < 21 | 21 < 22 | 22 < 23 | 23 < 24 | 1.3134

27-28 Nov. 1916	1	3	8	6	1	2
29-30 Nov. 1916	3	0	6	5	5	1
	4	3	14	11	6	3 = 41

$$A = 21.5 \quad b = + \frac{21}{41} = 0.5$$

$$M = 22$$

28.2 °C.

17 < 18 | 18 < 19 | 19 < 20 | 20 < 21 | 1.149

2-3 Feb. 1917	1	0	6	2	7
3-4 Feb. 1917	1	1	9	2	4
	2	1	15	4	4 = 33

$$A = 19.5 \quad b = + \frac{21}{33} = +0.7$$

$$M = 20.2$$

TEMPERATUUR. DATUM.

 σ

293° C. 16 < 17 || 17 < 18 || 18 < 19 || 19 < 20 || 20 < 21 || 1.102

24-25 Jan. 1917	1	2	4	5	4
25-26 Jan. 1917	1	0	1	8	7
	2	2	5	13	11 = 33

$$A = 19.5 \quad b = -\frac{4}{33} = +0.1$$

$$M = 19.4$$

30° C. 14 < 15 || 15 < 16 || 16 < 17 || 17 < 18 || 18 < 19 || 19 1.2551

4-5 Dec. 1916	1	0	2	5	1	4
14-15 Dec. 1916		1	1	7	2	5
	1	1	3	12	3	9 = 29

$$A = 17.5 \quad b = +\frac{13}{29} = 0.45$$

$$M = 17.95$$

31° C 14 < 15 || 15 < 16 || 16 < 17 || 17 < 18 || 18 < 19 || 1.003

30-31 Jan. 1917	1	5	6	4
11-12 Jan. 1917	3	1	4	3
	4	6	10	7 = 27

$$A = 17.5 \quad b = -\frac{7}{27} = -0.26$$

$$M = 17.2$$

TEMPERATUUR. DATUM.

 σ

32.7° C. 10 < 11 || 11 < 12 || 12 < 13 || 13 < 14 || 14 1.083

10-11 Jan. 1916	2	0	7	1	1 = 11
-----------------	---	---	---	---	--------

$$A = 12.5 \quad b = -\frac{1}{11} = -0.1$$

$$M = 12.4$$

33° C. < 9 || 9 < 10 || 10 < 11 || 11 < 12 1.194

17-18 Dec. 1916	3	2	4	1
18-19 Dec. 1916	3	1	6	1
	6	3	10	2 = 21

$$A = 10.5 \quad b = -\frac{13}{21} = -0.6$$

$$M = 9.9$$

TEMPERATUUR. DATUM.

34.5° C.

$$4 < 5 \mid 5 < 6$$

$$\sigma$$

$$0.4714$$

4-5 Febr. 1917

$$4 \quad 6$$

5-6 Febr. 1917

$$3 \quad 8$$

$$7 \quad 14 = 21$$

$$A = 5.5 \quad b = -\frac{1}{3} = -0.3$$

$$M = 5.2$$

35° C.

$$3 < 4 \mid 4 < 5$$

$$0.024$$

15-16 Dec. 1916

$$6 \quad 1$$

9-10 Jan. 1917

$$9$$

$$15 \quad 1 = 16$$

$$A = 3.5 \quad b = +\frac{1}{16} = 0.06$$

$$M = 3.56$$

35.6° C.

$$2 < 3 \mid 3 < 4 \mid$$

$$0.4991$$

6-7 Febr. 1917

$$3 \quad 4$$

7-8 Febr. 1917

$$5 \quad 5$$

$$8 \quad 9 = 17$$

$$A = 3.5 \quad b = -\frac{8}{17} = -0.5$$

$$M = 3$$

37.5° C.

$$< 1 \mid 1 < 2 \mid 2$$

$$0.407$$

14-15 Jan. 1917

$$1 \quad 8 \quad 1$$

8-9 Febr. 1917

$$7 \quad 1$$

$$1 \quad 15 \quad 2 = 18$$

$$A = 1.5 \quad b = +\frac{1}{18}$$

$$M = 1.5$$

38.7° C.

$$< 1$$

20-21 Dec. 1916

$$7$$

9-10 Febr. 1917

$$8$$

$$15$$

$$M = 0.5.$$

LITTERATUUR.

M. ADANSON: Histoire de la Botanique par A. ADANSON et J. PAYER. Paris, 1864.

J. E. VAN AMSTEL: De temperatuursinvloed op physiologische processen der alcoholgist. Diss. 1912.

E. ASKENASY: Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft. 1890. VIII.

A. H. BLAAUW: Die Perzeption des Lichtes. Diss. Nijmegen, 1909.

F. F. BLACKMAN: Annals of Botany. Vol. XIX, 1905.

J. B. BOUSSINGAULT: Economie Rurale. Paris, 1844. Tome deuxième.

A. DE CANDOLLE: Géographie Botanique Raisonnée. Paris, 1855. Tome I.

A. DE CANDOLLE: Botanische Zeitung 1850.

CHARPENTIER: Botanische Zeitung 1843.

C. P. COHEN STUART: Een studie over temperatuur-coëfficiënten en den regel van VAN 'T HOFF. 30 Maart 1912.

Verslag Koninklijke Academie van Wetenschappen, Amsterdam

M. DUHAMEL DU MONCAU: La Physique des Arbres. Paris 1758. Partie I.

FRANK: Beiträge zur Pflanzenphysiologie.

P. HARTING: Tijdschrift voor natuurlijke geschiedenis en Physiologie, uitgegeven door VAN DER HOEVEN en DE VRIESE. Leiden, 1842. D. IX.

HANS HILBRIG: Über den Einfluss supramaximaler

Temperatur auf das Wachstum der Pflanzen. Diss. Freiburg, 1900.

W. JOHANNSEN: Elemente der Exakten Erblchkeitslehre. Jena, 1909.

ARISTIDES KANITZ: Temperatur und Lebensvorgänge. Berlin Bornträger 1915.

O. KIRCHNER: Cohn's Beiträge III. 1883.

W. KÖPPEN: Wärme und Pflanzenwachstum Diss. 1870. Moskau.

J. KUYPER: De invloed der temperatuur op de ademhaling der hoogere planten. Diss. Utrecht 1909.

P. A. LEHENBAUER: Physiol. Res. I, 1914. (Ref. Bot. Centralblatt 1915 no. 51.)

I. LEITCH: Annals of Botany. Vol. XXX. Jan. 1916.

CLAAS MULDER: Bijdragen tot de Natuurkundige Wetenschappen, verzameld door VAN HALL, VROLIK en MULDER, 4e deel voor 1829.

N. I. C. MÜLLER: Botanische Zeitung 1869 en 1871.

F. MÜNTER: Botanische Zeitung 1e Jahrgang 1843.

E. OHLERT: Linnaea: Bd. XI. 1837.

R. PEDERSEN: Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg. 1874. Heft 4.

PFEFFER: Pflanzenphysiologie. Leipzig. II.

A. P. POPOVICI: Botanisches Centralblatt LXXXI LXXXII 1900.

E. G. PRINGSHEIM: Zeitschrift für biologische Technik und Methodik. 1911. Band II no. 3.

A. A. L. RUTGERS: De Invloed der Temperatuur op den Praesentatietijd bij geotropie. Diss. Utrecht, 1910.

J. SACHS: Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik. 1860 II.

J. SACHS: Flora 1864.

J. SACHS: Lehrbuch der Botanik 1874.

J. SACHS: Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg. 1874. Ba I. Heft 2. Heft 3.

R. H. TRUE: Annals of Botany. IX 1895.

ULOTH: Flora 54 1871, p. 185.

H. DE VRIES: De Invloed der Temperatuur op de Levensverschijnselen der Planten. Diss. 's Gravenhage, 1870.

M. DE VRIES: Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais. Vol. XI. Livr. 3. 1914.

A. WIGAND: Botanische Untersuchungen. Braunschweig. 1854.



g1640

STELLINGEN.

- I. Bij den tegenwoordigen toestand van onze kennis is de geldigheid van den regel van VAN 'T HOFF voor temperatuurcoëfficiënten voor het proces van den groei, evenmin als voor andere physiologische processen, te bewijzen.
- II. De opvatting van SACHS over het minimum voor den groei is onjuist.
- III. Het aantal chromosomen is geen soortskenmerk.
- IV. Het is HARDER niet gelukt de verschillen in intensiteit van de ademhaling bij wierden te verklaren door hun kleur en hun vorm.
- V. De Fagales moeten beschouwd worden als een gespecialiseerde plantengroep.
- VI. Polycotylie is ontstaan uit dicotylie.
- VII. Het plotseling optreden van de aardappelziekte, *Phytophthora infestans*, is te wijten aan het uitgroeien van het mycelium, dat in de aardappelknol overwintert.
- VIII. *Orycteropus* is een Ungulaat.
- IX. De Tunicaten stammen af van ongesegmenteerde dieren.

II

- X. De voorouders van Peripatus hadden dooierarme eieren.
- XI. De grondwatertheorie van GRUND geeft een meer aannemelijke verklaring van de hydrologische verschijnselen in karstgebieden dan de buizen-theorie. (Röhrentheorie).
- XII. Blinde Trilobieten en Trilobieten met groote of gesteelde oogen waren geen diepzeevormen.

