KUNSTLICHTCULTUUR

WITH A SUMMARY IN ENGLISH:
CULTIVATION OF PLANTS IN ARTIFICIAL LIGHT

DOOR

DR. J. W. M. ROODENBURG

WAGENINGEN.

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1930.

20050427 dcl 1

INHOUD.

Bldz.

Inleiding 5
Algemeene beschouwingen naar aanleiding van vroegere publicaties 6
Eigen onderzoek 14
Inrichting van de proeven 15
Lichtmetingen 17
Proeven 1928—1929. 18
De lichtinstallaties 18
Beschrijving van de proeven. 19
Gloeilampen: Kiemplanten 19
Gele Raapstelen 20
Tomaten 22
Komkommers 22
Conclusie 23
Aardbeien. 24
Convallaria's 25
Samenvatting 26
Neonlicht: Kiemplanten 27
Convallaria's 27
Kwiklicht 28
Proeven 1929—1930. 30
a. In de groote kas. 30
Technische verbeteringen 30
Proeven met de groote lichtinstallaties 33
Proef 1: Gele Raapstelen 33
Proef 2: Gele Raapstelen 34
Proef 3: Aardbeien. 36
Proef 4: Lathyrus 40
b. In de kleine kas 42
Kiemproeven 42
Kiemkast 44
Verdere kweekproeven 47
Komkommers 47
Tomaten 48
Tulpen 49
Convallaria's 52
Ultraviolet licht 53
Samenvatting 56
Lichtbronnen: Gloeilampen 56
Kiemkast. 57
Neonlicht 57
Kwiklicht 57
Reflectors 58
Planten: Uitwerking van het kunstlicht 58
Planten van verschillend karakter. 59
Kiemplanten 59
Aardbeien 60
Convallaria's 60
Slot 60
Summary 62
Litteratuur. 67

KUNSTLICHTCULTUUR

door Dr. J. W. M. Roodenburg, Wageningen.

INLEIDING.

Het is thans vijftig jaar geleden, dat door WILLIAM SIEMENS de eerste resultaten werden bereikt op het gebied der kunstlichtcultuur van tuinbouwgewassen, een kweekmethode waarvoor heden een groeiende belangstelling bestaat en waarvan de toepassing in de praktijk aanstaande schijnt.

Bij het kweeken van planten in kassen kan men de meeste groeifactoren, zooals temperatuur, vochtigheid en bodemgesteldheid, naar willekeur regelen. Eén factor ontsnapt echter grootendeels aan onze bemoeienis: het zonlicht varieert in den loop van het jaar zoo sterk in duur en intensiteit, dat er gedurende de wintermaanden een belangrijk tekort aan licht optreedt. Wanneer er 's winters in een kas goed voor warmte en vochtigheid gezorgd is, zijn er toch tal van planten, welke zoo lang een stilstand in groei en bloei vertoonen, tot in het voorjaar de kracht van het zonlicht toeneemt en de planten weer tot nieuwe ontwikkeling komen.

Het is dus duidelijk, dat men zich onafhankelijk van de jaargetijden zou kunnen maken, wanneer in den winter op geschikte wijze het tekort aan licht aan te vullen ware.

Nu was het reeds bekend, dat kunstlicht gebruikt kon worden in plaats van zonlicht tot het in gang zetten van de koolzuurassimilatie der groene planten. Een stap verder in deze richting was de poging van SIEMENS (1880) om planten in electrisch licht op te kweeken, waarbij dit laatste dus de functie van het zonlicht overnam. Doch er zat in deze „kunstlichtcultuur" voorloopig geen voldoende vooruitgang. In de eerste plaats was de electrotechniek nog niet ver genoeg gevorderd met de constructie van praktisch bruikbare lichtbronnen, terwijl ook de kosten van den electrischen stroom nog te hoog bleven. Veel is er sindsdien op dit gebied veranderd, zoodat nu de tijden rijp zijn geworden voor een diepergaand onderzoek naar de mogelijkheden van het gebruik van kunstlicht bij het kweeken van planten. Van verschillende zijden heeft men dan ook in de laatste jaren wederom geprobeerd planten te kweeken met electrisch licht, maar deze veelal op goed geluk ondernomen proeven leverden nog niet voldoende gegevens om tot praktische toepassing te kunnen leiden.

Het zijn vooral de moderne, groote gloeilampen (halfwattlampen), welke herhaaldelijk beproefd zijn op haar bruikbaarheid voor plantencultuur. Dikwijls ziet men daarbij over het hoofd, dat het grootste gedeelte van de straling dezer gloeilampen uit donkere warmtestralen bestaat, waar het hier niet in de eerste plaats om te doen is en waardoor vaak een gedeelte van de verkregen resultaten op warmtewerking berusten. Ook werd er zeer weinig aandacht besteed aan de wijze waarop deze verlichting werd aangebracht, waardoor de gloeilampen dikwijls zeer oneconomisch gebruikt

werden. Verder meende men het zonlicht zooveel mogelijk te moeten nabootsen en gebruikte men gewoonlijk voor alle planten dezelfde verlichting. Nu zijn de eischen, welke de verschillende plantentypen aan het licht stellen, zeer uiteenloopend. Veel direct bruikbare gegevens zijn hierover in de litteratuur niet te vinden.

Voor een rendabele kunstlichtcultuur is het dus noodig te weten, welke lichtsoort en hoevéél licht (duur en intensiteit) een bepaald gewas noodig heeft en op welke wijze deze hoeveelheid licht het voordeeligst toegediend kan worden.

Dit te onderzoeken was het doel van de door mij opgezette proefnemingen, welke, dank zij den steun van de N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven en de gastvrijheid van Prof. Ir. A. M. SPRENGER, op het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt te Wageningen verricht konden worden.

Hoewel het onderzoek uit den aard der zaak nog geenszins tot een afsluiting is gekomen en nog veel belangrijke kwesties op een oplossing wachten, leek het toch gewenscht nu reeds tot publicatie van de verkregen resultaten over te gaan. Het onderzoek van de laatste twee jaren heeft n.l. geleid tot zeer bepaalde inzichten, waardoor de behoefte gevoeld werd om eenige richtlijnen aan te geven, volgens welke de kunstlichtcultuur zich zou kunnen ontwikkelen.

ALGEMEENE BESCHOUWINGEN NAAR AANLEIDING VAN VROEGERE PUBLICATIES.

Ofschoon het aantal berichten over proeven met electrisch licht bij plantencultuur in de laatste jaren sterk is toegenomen, is de kwaliteit van deze publicaties over het algemeen er niet op vooruitgegaan. Veelal overheerscht de zucht tot publiceeren en bekommert men zich weinig om de praktische bruikbaarheid van de gevolgde methode. Zoo komt men dan dikwijls tot ontijdige openbaarmaking van een enkele proef, soms zelfs zonder het eindresultaat daarvan af te wachten.

Dit is het geval met verscheidene artikeltjes in week- en dagbladen. Ook de grootere publicaties echter zijn niet altijd vrij van voorbarige conclusies. De kweekers, die, door dergelijke publicaties aangemoedigd, direct op groote schaal tot toepassing zouden overgaan, loopen groote kans op teleurstelling. Een en ander is natuurlijk niet in het belang van de kunstlichtcultuur zelf, welke goede mogelijkheden biedt, maar niet gebaat is door een weinig zakelijke behandeling. Voordeelig gebruik van kunstlicht in den tuinbouw kan alleen bereikt worden, wanneer de te volgen kweekmethode van te voren behoorlijk is uitgewerkt.

Om tot toepassing te kunnen komen is het niet voldoende aan te toonen, dat planten onder het kunstlicht willen groeien, de gekweekte planten moeten bovendien een praktisch bruikbaar product opleveren. Daarbij moeten de gemaakte onkosten bestreden kunnen worden uit het finantieele voordeel, dat tengevolge van de belichting verkregen is. De meeste proeven zijn genomen met gloeilampen, welke gemakkelijk in ieders bereik zijn. Men gebruikte gewoonlijk groote halfwattlampen van hooge lichtsterkte.

Dit brengt een belangrijk stroomverbruik met zich mede, hetwelk op kleine schaal niet zoo gevoeld wordt. Gaat men echter eens uitrekenen wat er noodig zou zijn om een groot oppervlak op dezelfde wijze te verlichten, dan blijkt men te werken met stroomverbruiken, welke niet opwegen tegen den prijs, dien het product in de meeste gevallen kan opbrengen. Men doet daarom het beste bij het beoordeelen van een proef niet zoo zeer te letten op de grootte van de gebruikte lampen, als wel op het verbruik per vierkanten meter, berekend in Watts. Met meer of minder succes paste men verlichtingen met gloeilampen toe, waarvan dit verbruik zich bewoog om en bij 500 Watt per M². Past men een dergelijke verlichting in het groot toe, dan komt men al spoedig op hooge stroomkosten, ook al is het tarief laag. Er moet dus in de eerste plaats gezocht worden naar betere methoden, welke geringer Wattverbruik mogelijk maken.

Vrijwel alle beschreven proeven met gloeilampen zijn onjuist geïnterprêteerd, omdat men niet of onvoldoende rekening hield met den belangrijken invloed, welken de groote temperatuursverhooging onder de lampen op de planten heeft. Bedenkt men, dat het verbruik van een enkelvoudig electrisch straalkacheltje gemiddeld 500 Watt bedraagt, dan is het duidelijk, dat de hitte van een gloeilampeninstallatie van 500 Watt *per M².* zeer aanzienlijk moet zijn. Zoo werd b.v. op den proeftuin te Sappemeer een koude kas voor de helft voorzien van 15 lampen van 500 Watt boven een oppervlak van 17 M².! De versnelling van de bladontwikkeling kwam hier voor een gedeelte op rekening van de temperatuursverhooging. Waar echter de bladontwikkeling ook door het licht zeer bevorderd wordt, is het resultaat hier alleen maar wat geflatteerd.

Ernstiger wordt de fout wanneer men dit zelfde doet bij het in bloei trekken van bijv. Hyacinthen. Veel auteurs geven den indruk niet te weten, dat een dergelijke bloembol vòòr het trekken de bloem reeds bevat en vermelden dan, dat deze planten in het kunstlicht sneller bloemen vormen. In werkelijkheid echter is slechts door de temperatuursverhooging het uitgroeiingsproces van de bloem bespoedigd. Was de proef zuiver genomen, dan had men zelfs een remming van den groei door het licht waar kunnen nemen. Men verwart hier dus de begrippen bloemaanleg en bloemontplooiing.

Het is inderdaad voor ondeskundigen verwarrend, dat deze processen beide door de werking van de gloeilampen bevorderd kunnen worden. Met het zichtbare licht kan men bloemaanleg bereiken en met de donkere warmtestraling versnelt men de uitgroeiing. De kwestie is eigenlijk, dat het gloeilampenlicht de planten in zekeren zin etioleert. Wel niet zòò, dat het blad klein blijft, dit ontwikkelt zich integendeel flink, maar de lengtegroei van stengels en bladstelen wordt overmatig bevorderd. De planten worden dus lang gerekt. Dit vindt zijn oorzaak in de wanverhouding, welke bestaat tusschen de hoeveelheid licht- en warmtestralen. Bij het zonlicht is deze verhouding veel gunstiger. Deze verlenging van bladstelen en stengels kan de plant het voorkomen geven belangrijk gegroeid te zijn. Men kan dit bijv. goed zien aan de photo's van proeven, ondernomen door de „Central Schweizerische Kraftwerke", welke nog al eens gereproduceerd zijn. Heeft men echter eenmaal het beeld leeren kennen, dat dergelijke planten vertoonen, dan ontdekt men al spoedig aan de photo's, dat hier slechts schijnbaar

TABEL VAN EENIGE GEGEVENS UIT VERLICHTINGSPROEVEN MET GEWONE HALFWATTLAMPEN.

Jaar.	Auteur.	Lampen.		Reflector.	Ophanghoogte.	Verlichting.	Grootte van het belichte oppervlak.	Stroomverbruik in Watts per M².	Belichtingstijd per etmaal.	Temperatuurverschillen.
		Aantal.	Grootte.							
1921	Tjebbes & Uphof	?	200 kaars	papier	0,20—0,30 M.	?	?	?	8 uur	Niet vermeld.
1925	Maximow	2	500—1000 Watt	émaille	± 1,— M.	?	2 M².	500—1000	Continu of 12 uur zonder daglicht	Geen vergelijkende proef.
1928	Klein	3	500 Watt	émaille	1,20 M.	Gemiddeld 2000 Lux	4,3 M².	350	8 uur	Niet voldoende gecorrigeerd.
1928	Proeftuin Sappemeer	15	500 Watt	émaille	?	?	17 M².	450	8 uur	Niet gecorrigeerd.
1928	Central Schweizerische Kraftwerke	6	400 Watt	émaille	0,90 M.	?	6 M².	400	8 uur	Niet gecorrigeerd.
1929	Bos	4	200 Watt	geen	0,40 M.	?	1/3 M².	1600	± 8 uur	Geen vergelijkende proef.
1929	Truffaut & Thurneyssen	2	1200 Watt Ronddraaiend	nikkel	1,20 M.	± 40 000 Lux	?	?	Continu zonder daglicht	Geen vergelijkende proef.
1929	Pigorini	12	200 Watt	?	± 0,80 M.	?	4 M².	600	?	
1929	Hiorth	4	750 Watt	émaille	1,04 M.	?	4 M².	750	Continu	Geen vergelijkende proef.
1929	van der Kroft	6	200 Watt	pendelkapjes	± 1,— M.	?	4 M².	300	7 uur	Opgeheven door warmtestraling.

door het kunstlicht goede resultaten verkregen zijn. In werkelijkheid heeft men de temperatuur van de onbelichte planten niet gelijk gemaakt aan die van de belichte, waardoor het verschil in hoogte hoofdzakelijk ontstaan is.

Er is feitelijk één proces in de plant, dat ver boven alle andere uitgaat in beteekenis, n.l. de binding van koolzuur uit de lucht met behulp van het bladgroen onder invloed van het zonlicht. Deze koolzuurassimilatie beheerscht geheel het leven van de groene planten. Zonder geregelde vorming van koolhydraten uit koolzuur en water, lijdt de plant een kwijnend bestaan, slechts terend op vroeger verzameld reservevoedsel. Het is dus duidelijk, dat bij de kunstlichtcultuur de koolzuurassimilatie het proces is waar alles om draait. Vooraf wordt in het licht het blad groen gekleurd, het assimilatieproces kan dan aanvangen. Suikers en zetmeel worden gevormd en doen dienst bij den opbouw van nieuwe plantendeelen. Er ontstaat een rijkere bladontwikkeling, welke tenslotte gevolgd kan worden door bloemaanleg, bloei en vruchtvorming. Voor dit alles zijn veel koolhydraten noodig, welke zonder licht niet kunnen ontstaan. Bij kunstlichtcultuur moet dus het hoofddoel zijn, de koolzuurassimilatie te bevorderen door een belichting, welke de beste eigenschappen hiertoe bezit en tevens een zoo gering mogelijk stroomverbruik vereischt. Dit nu kan slechts tot op zekere hoogte gezegd worden van het gloeilampenlicht. Inderdaad gelukte het HARVEY (1924) met dit licht, zelfs geheel zonder daglicht, planten uit zaad tot volledige ontwikkeling te brengen en ook weer kiembare zaden te winnen. Deze planten vormden dus chlorophyl, koolhydraten, en daarmee bladen, bloemen en vruchten, enkel in het licht van gloeilampen. Toch zijn hier, voor kunstlicht, betrekkelijk zeer sterke verlichtingen noodig bij de meeste planten. Erg economisch wordt zoo'n gloeilampenverlichting dus niet.

Nu kan men op allerlei manieren trachten het kunstlicht zoo voordeelig mogelijk aan te wenden, daarbij vooropstellende, dat van het daglicht zooveel mogelijk geprofiteerd moet worden en dat het kunstlicht dienst zal moeten doen als aanvullende belichting in de nachturen. Bij een met zorg aangebrachte installatie zal met 300 Watt per M². voor de meeste gevallen een voldoende verlichting verkregen kunnen worden. (± 5000 H. Lux). Dit is dus nog een belangrijke hoeveelheid, waarbij de warmtestraling een niet te verwaarloozen factor blijft, de zon geeft bij eenzelfde aantal Watts, ongeveer 10 × zooveel zichtbaar licht. Intusschen heeft de berekening naar Watts per vierkanten meter slechts een praktische en economische beteekenis. Voor de planten komt het er op aan te weten, welke hoeveelheid licht zij noodig hebben. Deze is het gemakkelijkst op te geven in het aantal meterkaarsen of Lux, dat het beplante oppervlak ontvangt. Ruwweg kan men dan een vergelijking maken met het zonlicht, dat wel een andere kleur heeft, maar zich toch ook in Lux laat meten. In den zomer kan de verlichting door directe zonnestraling 80 000 Lux worden. Een dergelijke hooge intensiteit hebben de planten niet noodig voor de assimilatie. Het is een gelukkige omstandigheid, dat de meeste planten met heel wat minder licht toe kunnen. Gemiddeld over het heele jaar is het daglicht ongeveer 10 000 Lux. Maar ook aanzienlijk kleinere verlichtingen, in de buurt van 2000 Lux, zijn voor veel planten nog bruikbaar voor een behoorlijke koolzuurassimilatie. Voor een dergelijke verlichting door gloeilampen wordt intusschen nog een

aanzienlijk stroomverbruik vereischt. Bij de gebruikelijke kunstverlichtingen, bijv. van étalages, gaat men meestal niet hooger dan ongeveer 500 Lux.

Zooals reeds gezegd werd, gaan sterke gloeilampenverlichtingen gepaard met een overvloedige warmtestraling, waardoor dikwijls de planten tè sterk in de lengte groeien. Verschillende middelen zijn toegepast ter beperking van dit euvel, maar geen van alle kunnen praktisch bruikbaar genoemd worden. De eenvoudigste manier is het gebruik van een ventilator (HIORTH, 1929). Hiermee neemt men de verwarmde lucht weg, de ultraroode stralen worden er echter niet mee verwijderd. De toch reeds zeer vergroote verdamping neemt nog toe door den opgewekten luchtstroom.

Een andere methode is het licht der lampen door een waterlaag te laten vallen, waardoor een belangrijke hoeveelheid van de warmtestraling geabsorbeerd wordt. (SMITH, 1928 en Boyce Thompson Institute, 1928). Hier zijn echter omslachtige installaties voor noodig, alleen geschikt voor experimenteele doeleinden.

Sommige auteurs verhoogen hun Wattverbruik noodeloos door de gloeilampen zonder reflector te gebruiken. (BOS, 1929). Men kan n.l. rekenen, dat door een passenden reflector driemaal zooveel licht op de planten geworpen wordt, als wanneer een naakte lamp wordt gebruikt. Om dus dezelfde verlichting te krijgen heeft men dan driemaal zooveel aan gloeilampen noodig. Men beoogt wel met weglaten van reflectors het verminderen van de hitte der lampen, maar in werkelijkheid levert dit niets op, de temperatuursverhooging kan slechts grooter worden door het driemaal zoo hooge Wattverbruik op dezelfde oppervlakte. Een en ander geldt in zekeren zin ook voor het gebruik van onvoldoende en ondoelmatige reflectors. Het gevolg is verder, dat men genoodzaakt wordt de lampen zeer dicht boven de planten te hangen, wanneer men niet royaal wil zijn met het aanbrengen van gloeilampen.

Meestal verkeert men in de meening, dat het voldoende is op te geven hoe groot de kaarssterkte van de gebruikte lichtbron is en op welken afstand van de planten deze zich bevindt. Nu zou dit volkomen in orde zijn, wanneer de lichtbron puntvormig was, omdat dan de verlichting omgekeerd evenredig is met het kwadraat van den afstand, afgezien tenminste van reflectie door omgevende voorwerpen. Wanneer nu gebruik gemaakt wordt van groote reflectors op korten afstand, verandert de verlichting niet meer met het kwadraat van den afstand, maar in geringere mate. Een juiste opgave van de dan verkregen verlichting is slechts door een speciale meting te verschaffen. Ook zonder reflector mag men uit de bekende, gemiddelde kaarssterkte de verlichting niet afleiden. De lampen stralen ongelijke lichthoeveelheden in de verschillende richtingen uit, daarom wordt tegenwoordig ook de kaarssterkte van gloeilampen niet meer door de fabrieken opgegeven. Een en ander maakt de beoordeeling van verschillende publicaties wat betreft de gebruikte verlichting zeer moeilijk.

Nog minder houvast heeft men door de omstandigheid, dat de meeste proeven uitgevoerd zijn met een zeer ongelijkmatige verlichting. Een goed voorbeeld daarvan geeft de publicatie van KLEIN (1928), waarin zelfs de lichtverdeeling in het vlak van de planten nauwkeurig opgegeven wordt. Daar men echter niet weet, waar de verschillende planten gestaan hebben,

komt men daarmee nog niet veel verder. Dat het niet om kleinigheden gaat, blijkt uit het feit, dat op 1 M. onder de lampen de verlichting varieert tusschen 930 en 2900 Lux. Had KLEIN op een dergelijk oppervlak eerst één enkel gewas gekweekt, dan zouden deze verschillen wel naar voren gekomen zijn. Een groot nadeel van een dergelijke ongelijkmatigheid is, dat men het licht moet regelen naar de minst verlichte plaats, wil men op het geheele oppervlak goede resultaten verkrijgen. Natuurlijk is dit oneconomisch. Men gaat daardoor steeds grooter lampen gebruiken, zooals b.v. MAXIMOW (1925), die zelfs tot 1000 Watt per M², ging. Door de planten voortdurend van plaats te verwisselen, trachtte MAXIMOW de ongelijkmatigheid op te heffen. In de praktijk zou men zooiets niet kunnen doen.

Het is opmerkelijk, dat betrekkelijk weinig onderzoekers op dit gebied naar zuinigheid streven. Zoo werden in Parijs door TRUFFAUT en THURNEYSSEN (1929) de beroemde, dure aardbeien gekweekt, met een enorm sterke verlichting van ongeveer 40 000 Lux, zij het dan ook met een ronddraaiend lampensysteem. De hiervoor gebruikte lampen, gemaakt voor 35 Volt, liet men branden op 50 Volt, waardoor natuurlijk de levensduur belangrijk bekort werd. Dit blijkt ook duidelijk uit de opgave van de verlichting, n.l. „45 000 à 37 000 Lux, naar den leeftijd van de lampen"! Intusschen is deze intensiteit wel zeer hoog gekozen voor aardbeien, welke zelfs in de schaduw willen gedijen.

De door ODÉN (1929) gevolgde methode is geheel tegenovergesteld aan de voorafgaande. ODÉN wil de onkosten aan lampen verminderen door deze op te lage spanning te laten branden. De levensduur van de lamp wordt daardoor aanzienlijk verlengd, b.v. van 1000 op 3000 branduren. De totale hoeveelheid licht, welke men op die manier van de lampen krijgt is echter aanmerkelijk geringer en de verhouding tusschen zichtbaar licht en donkere warmtestraling wordt nog ongunstiger. Wil men een behoorlijke verlichting op een dergelijke manier aanbrengen, dan zijn er toch weer meer lampen noodig dan normaal en de maatregel levert geen bezuiniging op. Nu was de bedoeling van ODÉN om het gloeilampenspectrum meer naar het rood te verschuiven, omdat de planten de sterkste koolzuurassimilatie in rood licht vertoonen. Door echter de gloeilamp op te lage spanning te laten branden, gaat de intensiteit van het roode licht meteen achteruit en is de winst aan rood licht slechts relatief. Deze achteruitgang wordt echter niet zoo gevoeld wanneer de lampen ongemerkt gebruikt worden als warmtebron bij het forceeren, b.v. van bloembollen. Men maakt dan hoofdzakelijk gebruik van de donkere warmtestralen.

Dikwijls denkt men, dat het ideaal bij de kunstlichtcultuur is, zooveel mogelijk den planten nagemaakt zonlicht te geven, zoowel wat kwantiteit als kwaliteit betreft. Reeds eerder is vermeld, dat de meeste planten met heel wat minder licht toe kunnen dan ze bij maximalen zonneschijn ontvangen. In de natuur krijgen zij ook niet den geheelen dag 80 000 Lux. Aan het Boyce Thompson Institute heeft men echter dit maximum als maatstaf gebruikt bij de installatie voor enkel kunstlicht. Ook TRUFFAUT en THURNEYSSEN meenden hetzelfde te moeten doen. In werkelijkheid wordt zoo'n verlichting toch nog geheel anders van samenstelling dan het zonlicht. Soms meent men daarom goed te doen door z.g. zonlichtlampen te gebruiken.

Dit is een geheel verkeerd denkbeeld. Deze lampen zijn alleen gemaakt om de voorwerpen in hun natuurlijke kleuren te kunnen bekijken. Ultraviolet licht wordt er natuurlijk door het blauwe glas niet bij gemaakt! Erger is evenwel, dat een gedeelte van het roode licht juist weggenomen wordt, terwijl we deze stralen bij voorkeur moeten gebruiken voor de koolzuurassimilatie. Het blauwe glas van zonlichtlampen levert dus slechts lichtverlies op.

Dikwijls treft men de redeneering aan, dat het het beste zou zijn, wanneer we een lichtbron bezaten, waarin de temperatuur die van de zon bereikte. Er zal echter in die richting niet gezocht moeten worden, daar dan tòch niet de voordeeligste samènstelling van het licht voor plantencultuur verkregen wordt. Veelal wordt beweerd, dat de gloeilampen de planten sterk in de lengte doen groeien omdat het licht te weinig ultraviolet bevat. Men heeft daarom gloeilampen met een ballon van ultraviolet doorlatend glas beproefd (SMITH e. a.). Waar nu echter het maximum van de straling der gloeidraad in het ultrarood en het minimum in het ultraviolet gelegen is, zal het duidelijk zijn, dat men daarmee niet veel wint. De remmende werking van het kleine beetje ultraviolet zal geheel te niet gedaan worden door de sterk versnellende werking van de overheerschende warmtestraling.

Intusschen bestaan er oneindig beter middelen om ultraviolet licht te verkrijgen. De verschillende kwikbooglampen geven heel wat meer ultraviolet.

Een volkomen foutieve redeneering is die, welke bij HERBATSCHEK (1929) aangetroffen werd. Deze laat zien hoe de koolzuurassimilatie in alle deelen van het spectrum plaats kan hebben en concludeert daaruit, dat de planten alle lichtsoorten noodig hebben en men dus noodzakelijk wit licht met een continu spectrum moet geven.

Dit is de feiten op hun kop zetten, want de aangehaalde gegevens uit de plantenphysiologie lieten juist zien, dat in elke lichtsoort afzonderlijk koolzuurassimilatie zeer goed mogelijk is. Bovendien is de sterkte der assimilatie in de diverse deelen van het spectrum zeer uiteenloopend. De juiste conclusie dient dus te zijn, dat men dàt gedeelte van het spectrum gebruiken moet, waarin de koolzuurassimilatie het sterkst is.

Door HÖSTERMANN was dit reeds eerder ingezien. Daarom deed hij in den winter van 1915 op /16 proeven met Neonlicht. Het Neonlicht onderscheidt zich van het gloeilampenlicht door zijn vuurroode kleur. Het bezit een lijnenspectrum, voornamelijk gelegen in rood en geel en zendt hoofdzakelijk stralen uit, welke door het chlorophyl rijkelijk geabsorbeerd worden. Daardoor wordt een krachtige koolzuurassimilatie mogelijk gemaakt.

Het Neonlicht wordt uitgestraald door een luchtledig gemaakte buis, gevuld met verdund Neongas. In elk uiteinde der buis bevindt zich een electrode, met behulp waarvan de electrische stroom door het gas gevoerd wordt. Het licht ontstaat hier op geheel andere wijze als bij de gloeilampen. Bij de laatsten straalt de gloeidraad licht uit wanneer deze door den electrischen stroom op zeer hooge temperatuur gebracht wordt. Men spreekt dan van temperatuursstraling. Het Neonlicht daarentegen berust op luminescentiestraling en wordt opgewekt door den electronenstroom, welke door het gas geleid wordt. Het is z.g. koud licht, d. w. z. de straling wordt niet opgewekt

door een hooge temperatuur. Een groot voordeel is, dat men op die manier intensief rood licht kan krijgen zonder daarbij een onnoodige en hinderlijke hoeveelheid warmtestralen op den koop toe te moeten nemen. Het stroomverbruik is net als bij de moderne gloeilampen $^1/_2$ tot 1 Watt per kaars. De gloeilampen geven echter naast rood licht ook nog een groote hoeveelheid ander licht van geringere werkzaamheid bij de assimilatie. Het Neonlicht levert bijna alleen geel-roode stralen, welke het voordeeligst door de planten gebruikt worden. Met dezelfde hoeveelheid electrische energie kan dus een grootere hoeveelheid koolhydraten en dus plantensubstantie verkregen worden.

HÖSTERMANN bereikte met dit licht goede resultaten bij een geringe verlichting en dus een laag stroomverbruik. De vermelde gegevens zijn weinig volledig, zoodat er over de sterkte van de verlichting niets bekend is. Het stroomverbruik bedroeg waarschijnlijk slechts 20 Watt per M^2. Gekweekt werden komkommers en tomaten, waarvan de opbrengst belangrijk verhoogd werd. Helaas zijn deze proeven met Neonlicht later niet verder voortgezet door de ongunstige omstandigheden tengevolge van den wereldoorlog.

Het onderzoek van deze interessante lichtsoort is eerst in de laatste jaren weer opgevat. Gelijktijdig met de hierna volgende onderzoekingen heeft PINKHOF (1929) eenige proeven gedaan over den invloed van het Neonlicht op de ontwikkeling van planten. Een voorloopige mededeeling hierover bevat geen gegevens over de gebruikte verlichting. Zij kan evenwel niet zeer sterk geweest zijn. Geconstateerd werd een belangrijke verhooging van het chlorophylgehalte, vergrooting van het bladoppervlak en van het drooggewicht bij kiemplanten.

Gaan wij nu ten slotte na wat de toepassingsmogelijkheden zijn wanneer een alleszins bevredigende methode voor een kunstlichtcultuur zou zijn uitgewerkt.

In de eerste plaats zou in kassen gebruik gemaakt kunnen worden van kunstmatige verlichting in den winter om bepaalde culturen nog vroeger te beginnen.

Ten tweede kan het kunstlicht toegepast worden voor het beproeven van zaaizaden in den winter, nog vóór dat deze in het voorjaar worden gebruikt. Door uitzaaiïng onder kunstlicht kan van te voren de soortechtheid onderzocht worden. (BOS 1929.)

Vervolgens kan men de methode gebruiken voor erfelijkheidsonderzoekingen en kruisen van planten. Terwijl men anders slechts één generatie per jaar kweekt, kan men nu ook nog in den winter planten tot bloei brengen en met elkaar kruisen. HIORTH (1929) meent het zelfs tot 5 generaties per jaar te kunnen brengen. Zoo zou zeer snel een gewenschte veredeling tot stand gebracht kunnen worden.

Ten slotte is de kunstmatige plantenbelichting van belang voor botanisch-physiologische onderzoekingen, wanneer men ook den lichtfactor bij het opkweeken van de proefplanten volkomen beheerschen wil. Talrijke onvoldoend bekende verschijnselen bij de ontwikkeling van planten kunnen op deze wijze veel exacter onderzocht worden. (Boyce Thompson Institute.)

EIGEN ONDERZOEK.

In de eerste plaats was de bedoeling van het onderzoek na te gaan, welke lichtbron zich in alle opzichten het beste leent tot gebruik bij plantencultuur.

De belangrijkste opgave bij het gebruik van electrisch licht als aanvulling van het daglicht is, zooals reeds gezegd, het bevorderen van de koolzuurassimilatie. De ongunstige toestand van kasplanten in den winter is hoofdzakelijk toe te schrijven aan een tekort aan koolhydraten. Wanneer dit gebrek maar verholpen wordt, is de voornaamste voorwaarde voor het kweeken van planten in den winter vervuld.

Bij de beoordeeling van verschillende lichtbronnen op haar bruikbaarheid voor plantencultuur dient dus in de eerste plaats gelet op haar „assimilatievermogen". De beste lichtsoort voor dit doel is die, welke het sterkst door de groene kleurstof, het chlorophyl, geabsorbeerd wordt. Uit de proeven van ENGELMANN, URSPRUNG e.a. is bekend geworden, dat de koolzuurassimilatie in de verschillende spectrale lichtkleuren in grootte varieert al naar de meerdere of mindere absorptie van het licht door chlorophyl, met andere woorden, de assimilatiecurve in het spectrum valt grootendeels samen met de lichtabsorptiecurve van het chlorophyl. Alleen naar den kant van het violet kan een geringere assimilatie optreden dan verwacht zou worden.

Het maximum voor de absorptie en de koolzuurassimilatie valt in het *rood* en wel tusschen de Fraunhofersche lijnen B. en C. (bij ± 6800 Angström). Uit de plantenphysiologische gegevens valt dus af te leiden, dat het voordeeligste gebruik gemaakt zal kunnen worden van die lichtbron, welke voornamelijk rood licht uitzendt, met een golflengte, zooveel mogelijk gelijk aan die van de absorptiebanden in het rood bij chlorophyl. Het licht van gloeilampen voldoet hier in het geheel niet aan. Wel bevat het naar verhouding meer rood dan het zonlicht bij dezelfde sterkte, maar van het continue spectrum kan slechts een gedeelte bij de koolzuurassimilatie volledig dienst doen. Dit kan evenzoo gezegd worden van het zonlicht zelf, daarvan is echter op heldere dagen de totale intensiteit belangrijk grooter dan de intensiteiten, welke in de kunstlichtcultuur gebruikt kunnen worden. We moeten er dus vooral niet naar streven aan de planten vollen zonneschijn te willen geven. Dit zou slechts leiden tot het verspillen van groote hoeveelheden electriciteit.

De keuze, welke men heeft tusschen de bestaande lichtbronnen, is betrekkelijk beperkt, maar het is een gelukkige omstandigheid, dat er een zeer intensieve lichtbron voor rood licht bestaat, welke aan de hier boven gestelde eischen voldoet. Dit is het reeds vermelde Neonlicht, dat uitgestraald wordt door ontladingsbuizen, welke met verdund Neongas gevuld zijn. Verschillende intensieve lijnen van het Neonspectrum liggen in het gedeelte van het spectrum waar de koolzuurassimilatie het sterkst is.

Uitgaande van deze gedachten, werd in de eerste plaats het plan opgevat om, evenals HÖSTERMANN, proeven te nemen met Neonlicht, de bruikbaarheid hiervan te onderzoeken en te vergelijken met die van gloeilampenlicht.

Een tweede functie van het zonlicht is de remmende werking op den lengtegroei van plantendeelen, waardoor deze kort en stevig blijven. Het is meer in het bijzonder de strekkingsgroei, welke binnen zekere grenzen

gehouden moet worden. In de plantenphysiologie is het bekend, dat deze werking meer speciaal toekomt aan den blauwvioletten kant van het spectrum. Met het oog hierop is daarom in het onderzoek een derde lichtbron opgenomen en wel het blauwachtige kwiklicht. Dit is op dezelfde wijze te verkrijgen als het Neonlicht, door ontladingsbuizen met kwikdamp te gebruiken. Hierdoor ontstaat een geschikte bron voor ultraviolet licht, welke niet schadelijk werkt wanneer de buis van gewoon glas gemaakt is. Deze geeft het spectrum van kwik tot 3341 Angström in het ultraviolet. Het ultraviolet van zeer korte golflengte, waardoor de kwartslamp sterk beschadigend werkt, wordt hier niet doorgelaten.

INRICHTING VAN DE PROEVEN.

De proeven zijn dus verricht met drie soorten van lichtbronnen, n.l.:

1. gloeilampen;
2. Neonbuizen;
3. kwikbuizen.

De gloeilampen werden gebruikt in wit émaille reflectoren, de lichtbuizen hadden òf een reflector òf zij waren in plaats daarvan verzilverd aan de bovenzijde. In de meeste gevallen bedroeg de afstand tot de belichte planten ½ M.

Vooreerst werden proeven genomen in de experimenteerkas van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt, waarin ter beschikking stonden een viertal kastjes, opgebouwd uit glazen ramen en een eternieten achterwand, waarachter zich de verwarmingsbuizen bevinden. Elk kastje kan afzonderlijk al of niet verwarmd worden, met behulp van kleppen kan de warme lucht naar binnen geleid worden. Onder de betonnen tabletten bevinden zich bakken met water, waardoor verwarmingsbuizen loopen, zoodat er voortdurend waterdamp in de kas gebracht wordt. Ten slotte is elk kastje nog aangesloten op een ventilatieleiding, waardoor de warme lucht afgevoerd kan worden, zoo noodig met behulp van een ventilator. Het bodemoppervlak is lang 2 M. en breed ½ M., dus 1 M². groot.

De in deze kastjes aangebrachte lichtinstallaties zijn nog al eens veranderd geworden, maar hoofdzakelijk was het zoodanig verdeeld, dat één kastje voorzien was van gloeilampen, één van Neonlicht, een derde van kwiklicht en een vierde zonder verlichting gebruikt werd voor de contrôleplanten.

De proeven zijn zoo genomen, dat steeds twee gelijke stellen planten gebruikt werden, welke op volkomen dezelfde wijze verkregen waren. Hiervan werd één stel belicht en één stel niet belicht, terwijl alle andere uitwendige omstandigheden steeds voor belichte en onbelichte planten dezelfde waren. Vooral werd veel aandacht besteed aan de temperatuur van de te vergelijken afdeelingen. Deze werd zooveel mogelijk voor beide gelijk gehouden. De gemiddelde kastemperatuur bedroeg 20° C. In geval door de belichting een hoogere temperatuur optrad, werd ook aan de contrôleplanten een even groote temperatuursverhooging gegeven. Dit geschiedde door regeling van de verwarmingsbuizen of door middel van electrische straalkachel-

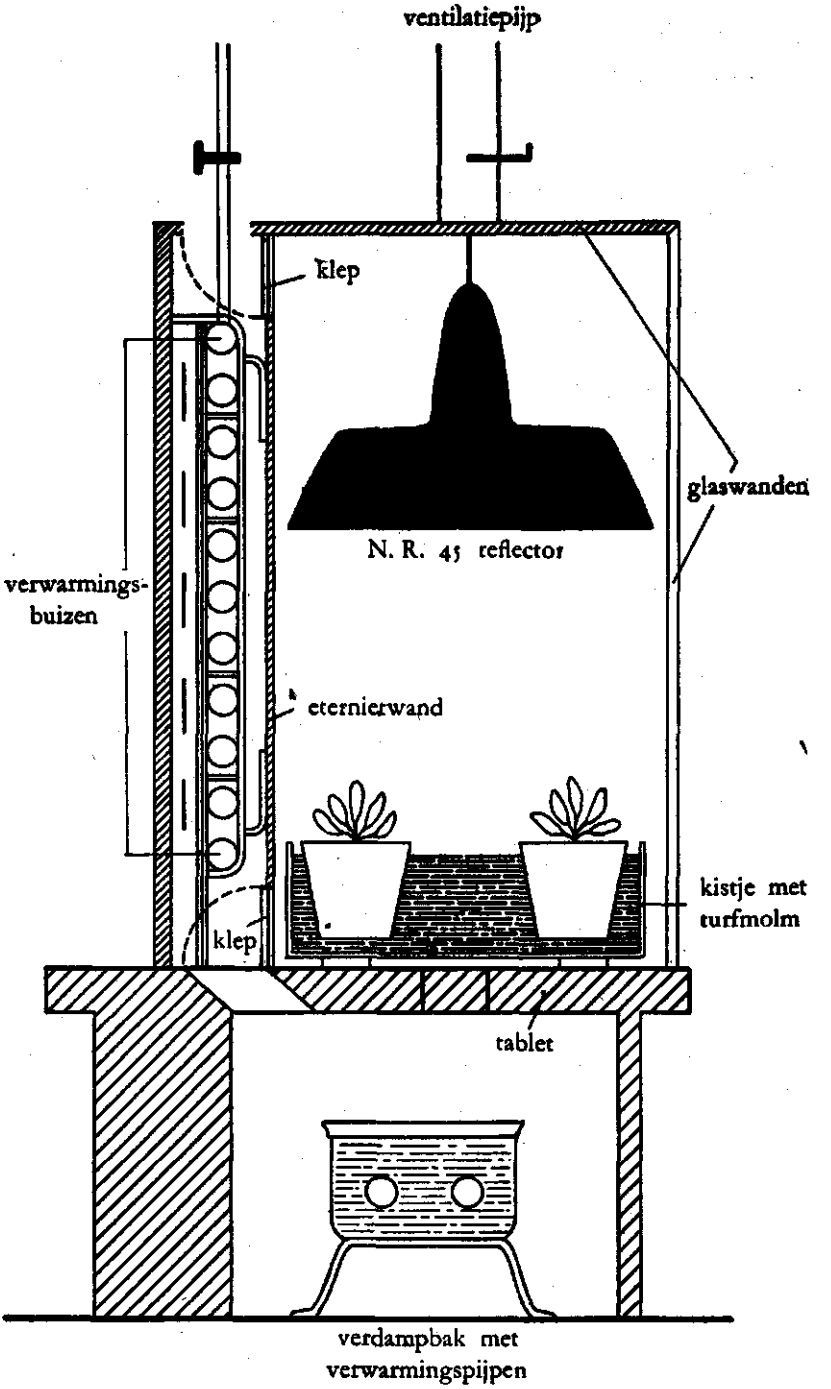


Fig. 1. Dwarse doorsnede van een proefkastje met gloeilampenlicht.
Cross section of an experiment chamber with incandescent light.

elementen. Het laatste was meer speciaal noodig bij de gloeilampenproeven, de Neonbuizen geven geen merkbare temperatuursverhooging.

In het tweede jaar werden bovendien proeven gedaan op grooter schaal in een gewone kas, waarvan de beschrijving later volgen zal.

LICHTMETINGEN.

Een belangrijk punt was het vaststellen van de gegeven verlichting ter hoogte van de proefplanten. Het is daarbij niet voldoende op te geven, welke lichtsterkte de gebruikte lamp bezit, ook al wordt nauwkeurig vermeld welke reflector dienst doet en op welken afstand van de planten deze zich bevindt. Zelfs kan men niet volstaan met metingen van een overeenkomstige verlichting op een andere plaats uitgevoerd. Plaatselijke omstandigheden, z. a. reflectie door wanden, kunnen de verlichting nog belangrijk wijzigen. Het was daarom noodzakelijk de verlichting te meten in de proefopstelling zelve. Het gaat er n.l. om te weten, welke hoeveelheid licht op de bladen der planten valt.

Het meten van deze verlichting kan op velerlei wijze geschieden, maar aan alle uitgedachte methoden zijn bezwaren verbonden, ook aan de meest verfijnde. De voorkeur werd daarom gegeven aan de eenvoudigste methode, welke in de praktijk ook gemakkelijk uit te voeren is, n.l. de meting in Lux of meterkaars. 1 Lux is de verlichting, welke 1 kaars op een afstand van 1 M. geeft.

Gebruik werd gemaakt van een handig, draagbaar meetinstrument, de „Universal Lichtmesser" van Voege (zie Licht und Lampe, nr. 4, 1929, 18de jaargang, blz. 183). Waar dit toestel geijkt is met als eenheid van lichtsterkte de Hefnerkaars en dus ook de verlichting in Hefner Lux gemeten wordt, zal deze bij de proefbeschrijving ook steeds in Hefner Lux worden opgegeven. Men bedenke daarbij, dat de internationale kaars gelijk is aan 1,14 H. kaars. Ditzelfde geldt dus ook voor de Lux-eenheid.

Met den Luxmeter van Voege kunnen zeer hooge verlichtingen nog gemeten worden, zelfs tot 500 000 H. Lux. Hierdoor is men in staat ook daglichtmetingen uit te voeren. Geheel nauwkeurig is dit natuurlijk niet, omdat het vergelijkingslampje een iets andere lichtkleur bezit. Men kan echter met dit toestel heel goed op gelijke helderheid instellen. Het gaat trouwens niet om een al te groote nauwkeurigheid, daar het daglicht toch voortdurend in sterkte varieert. Ook het Neonlicht is met dit instrument gemeten om het in dezelfde maat te kunnen uitdrukken en eenigszins te kunnen vergelijken met het gloeilampenlicht. Ook dit is wel uit te voeren door instelling op gelijke helderheid van verlichting.

Alle lichtmetingen werden gedaan op de plaats waar de planten zich bevonden. Steeds werd gemeten de verlichting welke een horizontaal vlak ter hoogte van het blad ontving. Wel liggen de bladen niet altijd in een horizontaal vlak, maar het was noodzakelijk om één vaste methode te volgen. Voor speciale gevallen kan echter een meting in een vertikaal of een hellend vlak beteekenis hebben, om te weten welke verlichting de bladen van een bepaalde plant in werkelijkheid ontvangen. Om alle deelen van de plant zooveel mogelijk eenzelfde verlichting te doen krijgen, werden vooral laagblijvende planten gebruikt.

PROEVEN 1928—1929.

DE LICHTINSTALLATIES.

De *gloeilampen* werden op de volgende wijze in de proefkastjes aangebracht. Boven in elk kastje was een roe bevestigd, waaraan met haken de reflectors werden opgehangen en wel zoo hoog, dat de onderrand op 50 c.M. afstand van het beplante oppervlak kwam. Gebruikt werden de door anderen ook reeds toegepaste émaille armaturen van het type Philips N. R. 45. Hiervan is de grootste wijdte 45 c.M. In deze reflectoren kwamen gloeilampen van 300 Watt en wel gewone halfwattlampen van geheel blank glas. Zoo werd ter hoogte van de planten een verlichting verkregen van ongeveer 9000 Lux. Deze verlichting werd gekozen omdat gemiddeld daglicht ongeveer 10 000 Lux bedraagt. Er moest iets minder dan 10 000 Lux genomen worden, daar anders de hitte der lampen te groot zou zijn. De bedoeling was om te beginnen met een verlichting, welke zeker voldoende te noemen was en later de noodige bezuiniging in te voeren. In de eenvoudige opstelling, z. a. deze ook in de praktijk gebruikt zou moeten worden, dus zonder speciale, omslachtige inrichtingen, is het vrijwel ondoenlijk met gloeilampen hooger te gaan dan 10 000 Lux. Het licht van gloeilampen wordt n.l. verkregen door den gloeidraad op zeer hooge temperatuur te brengen (gemiddeld ongeveer 27 000° C.). Daarom krijgt men bij deze zeer hooge verlichtingen een aanzienlijke temperatuursstijging op het belichte oppervlak. Bij de gebruikte installatie bedroeg deze ongeveer 10° C. Natuurlijk werd bij de proeven deze hooge temperatuur zooveel mogelijk gedrukt door ventilatie en door uitschakeling van de betreffende verwarmingspijp.

De *Neoninstallatie* bestond uit een houten raam van 45 bij 85 c.M., waarop gemonteerd was een lange, 5 maal omgebogen, glazen buis met aan elk uiteinde een electrode. Deze waren aangesloten op de secundaire van een hoogspanningstransformator, welke werd gevoed door het gewone 125 Volt lichtnet en de spanning omhoog transformeerde tot 5000 Volt. Om beschermd te zijn tegen het gevaar aan deze hooge spanning verbonden, was de transformator binnen in het proefkastje geplaatst en kwam alleen de toevoerleiding voor 125 Volt naar buiten, waar deze dus gemakkelijk in- en uitgeschakeld kon worden. Verder was er een inrichting gemaakt waardoor bij het openen van het kastje de stroomtoevoer automatisch werd uitgeschakeld. Bij het schuifraam was een dubbelpolige kwikschakelaar zoodanig aangebracht, dat deze bij het omhoog schuiven van het raam onmiddellijk in werking kwam, waardoor de transformator geheel stroomloos werd. De Neonbuis gaf in totaal 325 H. kaars bij een stroomverbruik van 300 Watt.

Het houten raam met de lichtbuis, voorzien van een alumin[illegible]n reflector, hing ook weer op 50 c.M. hoogte boven de planten, waardoor een verlichting gegeven werd van 600 Lux.

Aan het eind van het seizoen is de Neoninstallatie nog verbeterd door in gebruik neming van een half verzilverde, 9 M. lange, buis, gemonteerd op een rek van 1½ M. lengte, zoodat nu het geheele proefkastje bestreken werd. De verlichting werd hierdoor veel hooger, n.l. 1200 Lux.

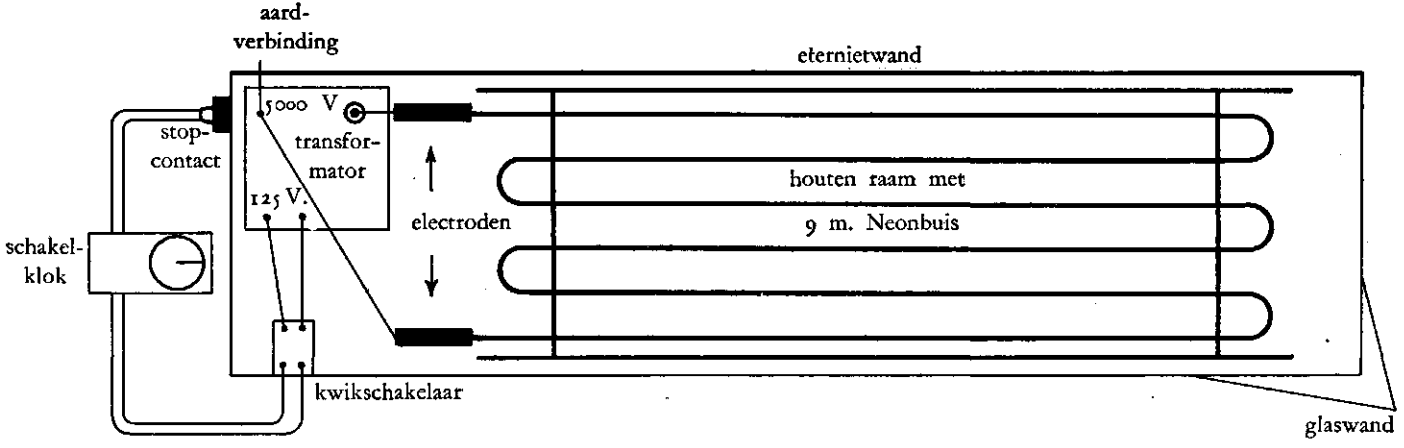


Fig. 2.

Schematisch bovenaanzicht van de definitieve Neoninstallatie voor hoogspanning.

Diagram of the equipment for Neonlight (high voltage).

Het hoogspannings *kwiklicht* was op gelijke wijze als de eerste Neonbuis aangebracht op het zelfde houten raam, oorspronkelijk met de bedoeling om Neon- en kwiklicht afwisselend te gebruiken bij dezelfde planten. Het kwiklicht bezat echter een te geringe intensiteit, n.l. slechts 55 H. kaars, waardoor op 50 c.M. afstand ongeveer 100 H. Lux werd verkregen. De transformator gebruikte daarbij 270 Watt.

Later is in gebruik genomen een zwaarder type lichtbuis, welke op lage spanning werkte, echter ook weer met een transformator. Het was een veel kortere, maar tevens dikkere, rechte buis van 1½ M. lengte, welke een belangrijk hoogere lichtsterkte bezat, n.l. 900 H. kaars (570 Watt).

De intermitteerende belichtingen werden automatisch tot stand gebracht met behulp van schakelklokken. Bij een dergelijke klok kan de tijd van in- en uitschakelen ingesteld worden met ruitertjes op de wijzerplaat, waarna de schakelingen op de vastgestelde tijden op volkomen betrouwbare wijze geschieden. Dit verzekert een regelmatigen gang van de proef, ook al duurt deze weken achtereen. De klokken hebben een looptijd van een maand.

In het eerste seizoen werden de intermitteerende belichtingen overdag gegeven om de proeven van uur tot uur te kunnen contrôleeren.

BESCHRIJVING VAN DE PROEVEN.

Gloeilampen.

Teneinde te kunnen aansluiten op het meerendeel der uit de litteratuur bekende gegevens, werden het eerst proeven gedaan met gewone halfwattlampen.

Kiemplanten.

Om te beginnen is de werking van het gloeilampenlicht nagegaan op een zaaisel van *spinazie*. Op 5 November 1928 kwam in een proefkastje onder één 300 Wattlamp een kistje bladgrond, bezaaid met spinazie, in een ander kastje zonder lamp, een dito bakje. Direct na het opkomen van het zaad werd een continue belichting gegeven, d. w. z. er werd de volle 24 uur per etmaal belicht, terwijl het contrôlezaaisel geheel onbehandeld bleef. De volgende dagen werd de uitwerking reeds zichtbaar. De belichte plantjes werden onder invloed van de hooge temperatuur van de lamp te lang, overigens waren zij goed van uiterlijk en hadden flinke, frischgroene kiembladen. De contrôles waren zeer dun en uitgerekt en hielden klein blad.

Na een paar dagen deed zich een ander verschijnsel voor, dat aanvankelijk de proef scheen te zullen verstoren. Sommige kiemplantjes knikten aan de basis om en gingen te gronde. Dit nu is een beruchte kiemplantenziekte, welke veroorzaakt wordt door schimmels, die in den grond leven en de stengelbasis aantasten. Hierdoor ontstaat een insnoering van den stengel, welke de plant doet omvallen, waarna deze ten slotte afsterft. Bij verdere uitbreiding van deze „omvalziekte" bleek echter al spoedig, dat speciaal de onbelichte kiemplantjes hieronder te lijden hadden, terwijl van de belichte slechts enkele aangetast werden. Dit verschil werd ten slotte zoo sterk, dat van de contrôles ongeveer niets in leven bleef en de belichten zich behoorlijk verder ontwikkelden.

Voor dit verschijnsel zijn twee oorzaken aan te wijzen. Ten eerste worden de plantjes door de belichting krachtiger en daardoor de stengels minder aantastbaar voor de schimmels. Ten tweede beperkt de sterkere uitdroging van de bovenste grondlaag bij de belichte spinazie de uitbreiding van de schimmel. Ook bij een herhaalde zaaiproef met spinazie deden zich dezelfde verschijnselen voor. Het is hier dus gebleken, dat het gloeilampenlicht als voorbehoedmiddel dienst kan doen tegen de „omvalziekte", welke vooral in den winter bij veel gewassen groote schade aanricht en het zaaien van dergelijke planten in dien tijd dikwijls onmogelijk maakt.

Verder werden ter oriënteering een aantal proefzaaisels uitgevoerd van *radijs, sla* en *gele raapstelen,* welke gedeeltelijk ook met Neon- en kwiklicht behandeld werden. Dit laatste zal op een andere plaats besproken worden.

Van deze planten werden twee zaaisels, respectievelijk van af 26 December 1928 en 8 Januari '29, belicht gedurende één week. Ditmaal was de belichting niet continu, doch brandden de lampen 8 uur per etmaal, n.l. van 9—17 uur. Boven de drie naast elkaar geplaatste kistjes met radijs, sla en raapstelen hingen twee 300 Wattlampen, aangebracht op de reeds beschreven wijze.

Van de belichte planten had de *radijs* (var. Ronde witpunt) de sterkste neiging tot lang uitgroeien. Het kiemblad evenwel ontwikkelde zich zeer goed, het werd stevig en donkergroen. De contrôleplanten hadden slechts klein, geel blad, dat er ziekelijk uitzag. Van deze planten werden de stengels nog veel langer dan van de belichte.

Dergelijke verschillen gaven de jonge *slaplantjes* (var. Primus). Zij werden eveneens te lang, doch de contrôles waren nog meer gerekt. Het kiemblad van de belichte plantjes ontwikkelde zich beter en werd groener dan van de onbelichte.

Het best ontwikkelden zich de *gele raapstelen* (van Chineesche kool, Pe-Tsai). De plantjes groeiden nog wel te lang uit, maar dit was toch niet zoo sterk als bij sla en radijs, zoodat onder het kunstlicht nog een bruikbaar gewas ontstond met groot, groen kiemblad, dat de geheele oppervlakte overdekte. Veel slechter was het gesteld met de onbelichte raapstelen. Deze hadden een ijlen stand, waren klein en ziekelijk bleekgroen, terwijl hier weer tengevolge van de kiemplantenziekte een gedeelte omviel en verloren ging. Met deze proefzaaiingen werd ervaren, dat de gele raapsteel zich het best leende tot verder gebruik als proefplant. Deze bezit zeer geschikte eigenschappen hiervoor, z. a. hieronder nog zal blijken en kan dienst doen om een snel oordeel te verkrijgen over de doelmatigheid van een bepaalde verlichting. Het zaad kiemt vlug en de uitwerking van het kunstlicht is spoedig waar te nemen.

Raapstelen.

Aan het eind van het seizoen, op 10 Maart '29, werd een proef genomen met deze gele raapstelen in enkel kunstlicht in een kastje, dat geheel donker gemaakt was. De helft der plantjes kreeg onder één 300 Wattlamp de volle 24 uur licht, de andere helft ontving, eveneens van één 300 Wattlamp, 16 uur licht en bleef daarna 8 uur in het duister. Hierbij werd door het

inschakelen van een straalkachelelement eenzelfde warmtestraling als van de lamp gegeven gedurende de donkere periode (zie beneden). Daardoor moest weliswaar bij zeer hooge temperatuur gekweekt worden (gem. 30° C.), maar dit was de eenige methode om deze ongelijke belichtingstijden direct met elkaar te kunnen vergelijken, terwijl de raapstelen deze temperatuur zeer wel konden verdragen.

In den tijd van 3 weken werd bij deze belichtingen van 16 en 24 uur een zeer goed gewas gekweekt, ver genoeg ontwikkeld om voor consumptie te kunnen dienen. Van het begin af aan waren evenwel de 24 uur belichte raapstelen bij de andere voor. In het jongste stadium stonden ze reeds steviger overeind dan de 16 uur belichten, ofschoon beide bij begieten overzij gingen, die met 16 uur licht het ergste. De planten groeiden echter door dit slappe stadium heen.

Na één week ontwikkelde zich bij 24 uur licht reeds nieuw blad, dat dus geheel in het kunstlicht was opgebouwd, terwijl met 16 uur licht de plantjes nog niet veel meer dan hun kiemblad hadden.

Na twee weken was er bij 24 uur reeds flink raapsteelblad, de 16 uur belichten begonnen nu ook blad te ontwikkelen.

Na drie weken werd het verschil kleiner, de 16 uur planten haalden den achterstand gedeeltelijk in.

Met enkel kunstlicht werden dus in drie weken goede raapstelen verkregen. Uit deze proef blijkt duidelijk, dat althans in dit geval continue belichting nog beter en vlugger resultaat geeft dan intermitteerende. De veel verbreide meening, dat nachtrust voor planten steeds noodzakelijk is, blijkt dus geenszins steekhoudend te zijn voor raapstelen.

Bij deze eerste proeven bleek al dadelijk, dat het gloeilampenlicht van de sterkte waarin het voor plantenbelichting gebruikt zou moeten worden om het gemiddelde daglicht nabij te komen, tot aanzienlijke temperatuursverhoogingen aanleiding geeft. De onbelichte planten moesten daarom door regeling van de verwarming van het kastje ook op die hooge temperatuur gebracht worden. Toch beviel deze methode van werken niet, omdat de belichte planten op een geheel andere wijze de warmte ontvingen, n.l. door de directe donkere warmtestralen (ultrarood) van de gloeilamp. De contrôleplanten daarentegen kregen de warmte van de op temperatuur gebrachte lucht.

Om deze ongelijkheid op te heffen werd een andere methode gevolgd, welke terloops hierboven al ter sprake kwam bij de proef met raapstelen in enkel kunstlicht. Boven de onbelichte planten werd nu opgehangen een zelfde reflector met thans in plaats van een gloeilamp een gewijzigd straalkachelelement. Hiervan was de lengte van den gloeidraad zoodanig gekozen, dat het stroomverbruik ook op 300 Watt kwam. De gloeidraad straalde nu eenzelfde hoeveelheid warmte uit als de gloeilamp. [1]) Voorts werd gezorgd, dat het straalelement op dezelfde plaats in den reflector kwam te zitten als anders het bolvormig gedeelte van de gloeilamp. Hierdoor kwamen de contrôle planten in volkomen gelijke omstandigheden als de belichte, met

[1]) Ook VAN DER KROFT (1929) kwam op het denkbeeld deze methode toe te passen bij zijn proeven.

als eenig verschil de gegeven dosis licht. Zoo kon een juister beeld verkregen worden van de waarde der gloeilamp als lichtbron, afgescheiden van de uitwerking der warmtestralen. De electrische verwarming kon gemakkelijk in- en uitgeschakeld worden gelijktijdig met de gloeilampen.

Deze methode werd bij de volgende proeven toegepast.

Tomaten.

Thans werden kleine *tomaten*planten aan een belichting onderworpen. Op 4 Maart '29 werden twee kistjes met jonge plantjes van de variëteit Ailsa Graig behandeld. Eén ontving 9 uur per dag gloeilampenlicht en de ander bleef onbelicht, maar kreeg gedurende den zelfden tijd een overeenkomstige warmtestraling. Het verschil was spoedig duidelijk te zien. De jonge tomatenplantjes waren zeer dankbaar voor de belichting, zij ontwikkelden meer en grooter blad dan de niet belichte exemplaren. Tevens groeiden ze echter belangrijk in de lengte, zoodat toch nog lange, slappe planten ontstonden tengevolge van de sterke warmtestraling. De ontwikkeling onder het kunstlicht verliep intusschen aanmerkelijk sneller dan onder het straalkachelelement. Het resultaat was dus voorloopig gunstig, alleen zou de abnormale lengtegroei nog voorkomen moeten worden.

De gloeilampen blijken dus een eigenschap te bezitten, welke bij krachtige verlichtingen sterk op den voorgrond treedt en de lichtwerking gedeeltelijk overheerscht. Dit is de overmatige warmtestraling uit het ultraroode gedeelte van het spectrum, waar het stralingsmaximum van het electrische gloeilicht gelegen is. Het lag daarom voor de hand, gewassen uit te zoeken, welke juist een hooge temperatuur verlangen voor een goede ontwikkeling en die dan speciaal geschikt zouden zijn voor een cultuur onder de warme halfwattlampen. De keuze viel daarbij op *boonen* en *komkommers,* waarvan de kiemplanten belicht werden.

Bij de boonen (stam prinsesse *b.*) waren de verschillen zeer weinig sprekend. Dit hangt vermoedelijk samen met het feit, dat de pas gekiemde boonen over voldoende reservevoedsel in de groote zaadlobben beschikken, zoodat er bij de eerste ontwikkeling tamelijk weinig licht noodig is. Ook bij de contrôleplanten kwam de chlorophylvorming van het eerste bladpaar normaal tot stand. Door de hooge temperatuur werden de stengels spoedig abnormaal lang. Het zal dus vermoedelijk beter zijn een eventueele belichting van boonen eerst in een later stadium toe te dienen, op het moment dat de zaadlobben opgeteerd zijn. Dit is het tijdstip waarop de vorming van nieuwe koolhydraten noodzakelijk wordt en dus de behoefte aan licht toe zal nemen.

Komkommer.

Beter geschikt voor een gloeilampenbelichting zijn *komkommer*kiemplanten. 25 Febr. '29 werden drie kistjes bezaaid met groene bakkomkommer, welke belicht werden in een geheel donker gemaakt kastje. De kistjes waren door lage eternieten tusschenschotten van elkaar gescheiden en boven elk hing één N. R. 45 reflector met een lamp van 300 Watt. 1 Maart was het

zaad zoo ver gekiemd, dat tot belichting kon worden overgegaan. Nu kreeg

het eerste kistje 24 uur licht p. etm.,
het tweede kistje 16 „ „ „ „ , en
het derde kistje 8 „ „ „ „ .

Deze belichting werd zoodanig geregeld, dat steeds slechts 2 lampen tegelijk brandden. De lamp in het continu verlichte vakje brandde natuurlijk altijd en de beide andere lampen werden om beurten door dezelfde schakelklok ingeschakeld. De „16 uur lamp" brandde 's nachts van 17—9 uur, de „8 uur lamp" overdag van 9—17 uur. Hiermede werd bereikt, dat de temperatuursverhooging in de besloten ruimte voortdurend dezelfde bleef, daar deze steeds veroorzaakt werd door de warmte, verkregen van 2 maal 300 Watt.

De belichting duurde 5 dagen. Het resultaat was, dat bij de langste belichting de stengels het kortst bleven. Dus werkt het gloeilampenlicht remmend op den lengtegroei, wanneer de factor temperatuur is uitgeschakeld. De bladontwikkeling daarentegen was het grootste bij de 24 uur belichting. In onderstaande tabel zijn deze verschillen aangegeven.

	Gemiddelde lengte van den stengel.	Gemiddelde lengte van het blad.	Gemiddelde breedte van het blad.
8 uur	11,1 cM.	3,4 cM.	1,4 cM.
16 „	9,8 „	4,6 „	1,8 „
24 „	8,3 „	4,8 „	2,4 „

De langst belichte planten zijn over het geheel ook het best ontwikkeld. De stengels zijn daar het dikst en de jonge spruiten al flink, wanneer deze bij de kortste belichting nog maar nauwelijks zichtbaar zijn.

De komkommer is dus al direct na het kiemen dankbaar voor een lange lichtperiode per dag. De hooge temperatuur onder de gloeilampen van gem. 30° C. is juist geschikt. Waar de komkommer dus hier bij haar normale temperatuur groeide, kwam de remmende werking van het licht op den lengtegroei beter tot uiting.

Conclusie.

Bij de proeven over de teelt van kiemplanten is gevonden, dat het licht van halfwattlampen zeer zeker in staat is de bladontwikkeling te bevorderen, evenals de chlorophylvorming. Vooral in het beginstadium echter groeien de planten te lang uit, waardoor ze slap worden. Bij begieting b.v. buigen ze om door het gewicht van de waterdroppels. De hoofdoorzaak hiervan is de hooge temperatuur onder de lamp, waardoor de lengtegroei te sterk bevorderd wordt, terwijl het licht dezen niet voldoende remt door de ongunstige verhouding tusschen licht- en warmtestralen.

Tot nu toe werden proeven beschreven over kunstmatige belichting van kiemplanten. Deze reageeren over het algemeen het sterkst en hebben de grootste behoefte aan licht. Afgezien van het reservevoedsel uit het zaad, moeten deze kiemplanten de benoodigde koolhydraten nog geheel opbouwen door middel van de koolzuurassimilatie, onder invloed van het haar geboden licht. Zij zullen dus meestal vrij hooge eischen stellen aan een kunstmatige verlichting.

Anders is het met reeds volwassen planten, welke al over een belangrijke hoeveelheid aan koolhydraten beschikken, die reeds is opgebouwd in de voorafgaande zomers.

Dergelijke planten geven daardoor minder moeilijkheden bij het kweeken in kunstlicht dan kiemplanten. Van dit type werden onderzocht: de *aardbei* en het *Lelietje van Dalen* (Convallaria).

Aardbei.

Een aantal *aardbei*planten van de var. Belle Alliance werd in het najaar buiten met de kluit uitgestoken en in potten gezet. Vanaf 23 November 1928 werd een gedeelte continu belicht door één 300 Wattlamp, terwijl de contrôleplanten op geheel overeenkomstige wijze werden opgesteld in een onverlicht kastje, op dezelfde temperatuur gehouden door de gewone kasverwarming.

Belichte zoowel als onbelichte planten begonnen al spoedig nieuw blad te ontplooien, dat onder het gloeilicht echter donkerder groen werd.

In het kunstlicht openden zich na 3 weken de reeds vroeger aangelegde bloemen, de contrôles kwamen niet aan bloeien toe. Deze gingen zelfs spoedig te gronde door de hooge temperatuur, waarbij ze uitgeput raakten door lichtgebrek. Nu is het in de praktijk bekend, dat bij forceeren van aardbeien in den winter aanvankelijk geen hooge temperatuur gegeven mag worden. Er ontstaat een wanverhouding tusschen licht en warmte. Deze trad niet op bij de continu belichte aardbeien, welke de hooge temperatuur wèl verdroegen, omdat ze gelijktijdig ook veel licht ontvingen.

Begin Januari, drie weken na den bloei, dus in totaal na 6 weken belichting, waren eenige aardbeivruchten rijp. Deze waren mooi roodgekleurd, zeer geurig en uitstekend van smaak. Gelijktijdig met en ook na de vruchtvorming ontstonden aan de belichte planten uitloopers, welke gelegenheid gegeven werd te wortelen in kleine bloempotjes. Deze jonge planten bloeiden op haar beurt en zetten vrucht, hetgeen ook weer ongeveer 6 weken in beslag nam. De moederplant had in dien tijd voor de tweede maal gebloeid en vrucht gemaakt. Van de allereerste vrucht, welke aan de plant werd gelaten, was het zaad gerijpt. Dit werd uitgezaaid onder het kunstlicht, waarna gezonde, frischgroene kiemplantjes verkregen werden.

De geheele ontwikkeling van de aardbei is dus in electrisch licht zeer goed mogelijk. Onder invloed hiervan vormt de volwassen plant na den gewonen bloei, uitloopers en nieuwe bloemen, wat dus wijst op een rijke koolzuurassimilatie. Het zaad van in kunstlicht gekweekte en gerijpte vruchten gaf, wederom in kunstlicht gekiemd, gezonde jonge plantjes. Ook de uitloopers bloeiden weer zeer vroegtijdig en leverden vruchten.

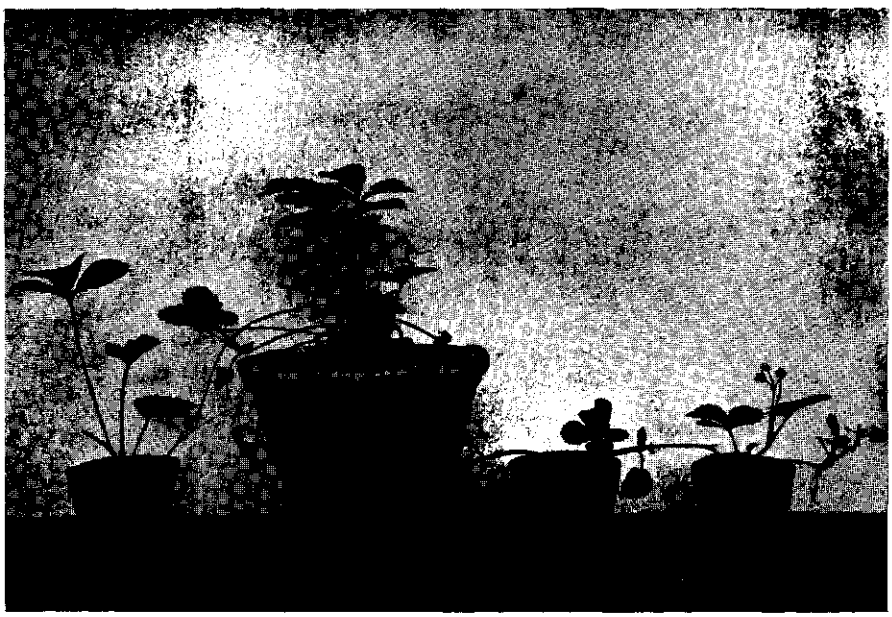


Fig. 3.

Aardbeiplant na 12 weken continue belichting, welke uitlooperplantjes gevormd heeft, die ook vrucht dragen.

Strawberry after 12 weeks continuous illumination. Runners have been formed bearing fruits.

Deze feiten zijn meer van theoretisch belang. Het praktische resultaat van deze proef is, dat er met kunstlicht goede aardbeien te verkrijgen zijn. Er kon evenwel nog geen sprake zijn van een behoorlijke productie, daar de planten pas laat in het najaar buiten uitgestoken konden worden en te weinig tijd kregen om sterk aan te wortelen. In principe echter geeft de aardbeiteelt met electrisch licht geen belangrijke moeilijkheden.

Convallaria.

Ten slotte werden *Lelietjes van Dalen* (Duitsche Convallaria's) onder gloeilampenlicht in bloei getrokken. Bij de daarvoor gebruikte z.g. bloeikiemen zijn blad en bloem in den dikken knop in aanleg reeds kant en klaar aanwezig. Door forceeren met veel warmte en hooge vochtigheid kunnen daaruit bloem en blad gemakkelijk te voorschijn gebracht worden. Hierbij maken de planten niet eens nieuwe wortels, de wateropname geschiedt geheel door de oude wortels. Na het trekken zijn alle reserves opgeteerd en de uitgebloeide planten zijn verder waardeloos. Dit snel getrokken product krijgt in den winter slechts een bleekgroene tint en het leek daarom de moeite waard eens te probeeren wat hieraan te verbeteren viel door kunstlicht.

De bloeikiemen werden met 8 stuks tegelijk opgepot in bloempotten van 12 c.M. binnenwijdte, met gezeefde bladaarde. Hiervan gingen telkens 6 in een kistje met vochtig turfmolm.

19 Januari '29, toen de kiemen al een paar c.M. uitgegroeid waren, werd met belichten begonnen. Eén kistje kwam onder gloeilampenlicht, met een belichting van 9 uur per dag (van 8 tot 17 uur), een tweede kistje bleef onbelicht. De Convallaria's waren 30 Januari in bloei. De onbelichten waren toen voluit ontwikkeld, met lange stelen, flinke bloemen en goed uitgegroeid blad, dat echter geelgroen van kleur was, evenals de bloemstelen.

De belichting had tot resultaat, dat de lengtegroei geremd werd, de plantjes korter, maar breeder blad vormden en korter, gedrongener bloemstengels. De bloemen openden zich ook later. Het blad en ook de bloemstelen waren echter donkergroen geworden.

De contrôleplanten waren dus het beste in bloei getrokken, de belichte daarentegen werden fraaier groen. Daarom werd een andere methode gevolgd, welke ten doel had de goede eigenschappen van beide te combineeren.

Eerst werden de Lelietjes op de gewone wijze, z. a. de contrôleplanten, bijna in bloei getrokken om ze daarna pas te belichten. 28 Januari werden twee kistjes met op deze wijze voorbereide Convallaria's behandeld. Eén kistje kwam onder een 300 Watt Argalamp en het tweede kreeg een overeenkomstige warmtestraling. De bestraling werd continu gegeven, dus de volle 24 uur. Reeds na één etmaal was de groenkleuring duidelijk waarneembaar. Zij nam echter bij voortgezette belichting in de volgende dagen nog toe. De korte, continue belichting was dus in staat het blad en ook de bloemstelen zeer spoedig fraai donkergroen te kleuren. De bloemen bleven zuiver wit en kwamen veel mooier uit tegen de donkergroene stelen en bladen dan bij de fletse, bleekgroene contrôleplanten. Ook werd geconstateerd een steviger worden van blad en bloemstelen, waarschijnlijk tengevolge van een verhoogden osmotischen druk door de vergrootte hoeveelheid koolhydraten in de cellen. Hiermede werden dus Lelietjes van Dalen verkregen, welke

fraaier groen bezaten en toch tot de gewenschte lengte uitgegroeid waren. Dezelfde behandeling werd op 30 Januari nog eenmaal uitgevoerd met twee nieuwe kistjes Convallaria, de resultaten waren volkomen gelijk aan de hier boven beschrevene.

Van sneller trekken met kunstlicht is dus bij Convallaria geen sprake. Integendeel, het trekken gaat vlugger in getemperd daglicht en het allersnelst geheel in het donker. Daardoor worden de planten echter min of meer geëtioleerd. Dit getrokken uiterlijk nu kan opgeheven worden door een korte nabehandeling met continu gloeilampenlicht, gedurende slechts 3 dagen. De donkergroene kleur blijft ook na de behandeling langen tijd bewaard. Zoo behield het blad de donkere tint, totdat ten slotte na een maand de planten opgeruimd werden, terwijl de contrôles geelgroen gebleven waren.

Samenvatting.

Tot zoover de proeven met gloeilampenlicht van het eerste seizoen. Deze werden alle genomen met dezelfde verlichting van 9000 Lux van 300 Watt Argalampen in N. R. 45 reflectoren, welke zich op 50 c.M. afstand van de proefplanten bevonden.

Bij deze verlichting, welke ongeveer overeen komt met gemiddeld daglicht, gedroegen zich de onderzochte plantensoorten op uiteenloopende wijze. Voor de meeste kiemplanten bleek de overmatige warmtestraling een groot bezwaar, behalve voor de komkommer. Steeds echter werden de bladontwikkeling en de chlorophylvorming bevorderd. Bovendien kon de „omvalziekte" bij spinazie en gelen raapsteel voorkomen worden.

De aardbei, als volwassen plant, was beter geschikt om onder dit licht gekweekt te worden, en gaf goede, rijpe vruchten. Hier werd ook na den gewonen bloei, de aanleg van bloemen bevorderd, zelfs op abnormale wijze bij nog jonge uitloopersplantjes.

Voor het sneller trekken van Convallaria's heeft kunstlicht geen reëele waarde in zooverre, dat de temperatuursverhooging door de lampen het trekproces wel versnelt, doch dat het licht op zich zelf eerder remmend werkt. Het kunstlicht heeft hier intusschen wèl waarde voor het doen verdwijnen van het getrokken uiterlijk, dus voor de chlorophylvorming.

Een bezwaar van de gloeilampen is dus, dat een groot gedeelte van de electrische energie omgezet wordt in donkere warmtestraling, welke gewoonlijk meer last dan genoegen geeft bij het kweeken. Slechts in bijzondere gevallen kan men van deze warmtestraling profiteeren, z. a. bij de komkommer. Het percentage aan lichtstralen is betrekkelijk klein (ongeveer 5 %) zoodat men, wanneer hooge intensiteiten noodig zijn, steeds een enorme hoeveelheid warmtestralen op den koop toe moet nemen. Dit leidt tot een oneconomisch gebruik van den electrischen stroom, waar het hier om licht en niet om warmte te doen is. Bovendien wordt van het witte licht nog maar slechts een gedeelte door de planten gebruikt voor de koolzuurassimilatie.

Gunstiger is het in dit opzicht gesteld met het roode *Neon*licht. De Neonbuizen geven niet de abnormale warmtestraling, z. a. de gloeilampen. Men kan, indien noodig, gemakkelijker met hooge intensiteiten werken. Reeds in het eerste seizoen is een begin gemaakt met proeven over de werking van dit licht.

Neonlicht.

Voor de eerste proeven werd gebruikt de reeds beschreven Neonbuis voor hoogspanning, van 4½ M. lengte. Hiermede werd op 50 c.M. afstand een verlichting van 600 Lux verkregen.

Kiemplanten.

Op 26 December 1928 werden belicht zaaisels van *sla, radijs, gele raapstelen* en *spinazie*. Dit geschiedde gelijktijdig met de overeenkomstige proef onder de gloeilampen. De belichtingstijd was dezelfde, n.l. 8 uur per dag (van 9—17 uur).

Bij alle belichte plantjes ontwikkelde zich grooter, groener blad, vooral bij de radijs was de chlorophylvorming sterk. De contrôleplanten hadden klein, geel en ziekelijk blad.

De gele raapstelen en spinazie waren zonder belichting zeer sterk aangetast door de „omvalziekte", zoodat ten slotte ongeveer de helft van de plantjes dood ging. Onder het Neonlicht was dit niet het geval. Hier bleven de meeste plantjes gezond. Ook het Neonlicht is dus in staat deze kiemplantenziekte te beperken.

Toch werden onder deze omstandigheden (hooge temperatuur) de plantjes spoedig te lang van stengel, hetgeen te verwachten was, omdat rood licht den lengtegroei niet of nauwelijks belemmert.

Met de Neonverlichting van 600 Lux werd bij deze kiemplanten ongeveer evenveel bereikt wat betreft de bladontwikkeling, als bij 9000 Lux gloeilampenlicht. Men zou hier dus uit opmaken, dat inderdaad van het witte licht slechts een betrekkelijk klein gedeelte door de planten gebruikt wordt, terwijl het roode licht vrijwel geheel benut wordt voor chlorophylvorming en koolzuurassimilatie. Ware dit niet het geval, dan zou de betrekkelijk zwakke Neonverlichting niet tot eenzelfde resultaat hebben kunnen leiden. Dit is een belangrijk punt, omdat hierdoor de mogelijkheid gegeven zou zijn, te komen tot een aanzienlijke besparing aan stroomverbruik bij toepassing van Neonlicht in de kunstlichtcultuur.

Convallaria's.

Een volgende proef, op 19 Januari '29 begonnen, werd uitgevoerd met Convallaria's en aardbeien. Belicht werd weer 8 uur per dag. De Lelietjes van Dalen kregen een beter uiterlijk dan de contrôleplanten, doordat het blad zich mooi groen kleurde, evenals de bloemstelen. De planten werden even hoog als de contrôles. Het Neonlicht had dus den lengtegroei niet geremd. Men zou van deze eigenschap gebruik kunnen maken bij het trekken van Convallaria's, omdat z. a. reeds eerder werd besproken, de combinatie gewenscht wordt van een snellen lengtegroei en een rijke chlorophylvorming.

Ook de aardbeien toonden zich dankbaar voor een Neonbelichting, zij brachten haar bloemen er in tot ontwikkeling. De proef kon helaas niet verder dan den bloei worden voortgezet, omdat door een defect aan de lichtinstallatie de belichting gestaakt moest worden.

Het eerste seizoen konden slechts enkele proeven met Neonlicht gedaan worden, daar de voorbereidende maatregelen veel tijd in beslag hadden

genomen. Toch was reeds dadelijk vastgesteld, dat het Neonlicht goede eigenschappen bezit voor plantenbelichting. Met een betrekkelijk geringe verlichting kan een goede chlorophylvorming en koolzuurassimilatie tot stand komen, waardoor de bladontwikkeling bevorderd wordt. Tevens heeft men geen last van overmatige warmtestraling, z. a. bij de gloeilampen. Van dit voordeel kon echter nog niet geprofiteerd worden, omdat met dezelfde hooge temperatuur gewerkt moest worden als bij de gloeilampen om deze lichtsoorten eenigszins te kunnen vergelijken. Het groote voordeel van Neonlicht is, dat met minder licht en dus geringer stroomverbruik gewerkt kan worden.

Kwiklicht.

Het bleek dus dat er behoefte was aan een middel om den overmatigen lengtegroei, vooral van kiemplanten, te beperken. Nu kan men in vele gevallen maatregelen daartegen treffen, b.v. door de temperatuur zoo laag mogelijk te nemen of, bij kiemplantjes, deze zoo spoedig mogelijk te verspenen. In gevallen echter waar dit niet uitvoerbaar is, zou men gebruik kunnen maken van de remmende werking, welke uitgaat van licht. Het zichtbare licht van gloeilampen bezit deze werking, maar is voor dit doel toch onbruikbaar, omdat de warmtestraling zoo overheerschend is, dat de lichtwerking grootendeels weer opgeheven wordt. In de gebruikte verlichting van Neon was ook nauwelijks van remming sprake. Daarom werd thans overgegaan tot het beproeven van een dergelijke lichtbuis, maar dan met kwik in plaats van Neon. Hiermede werd een lichtsoort verkregen, waardoor de planten onmogelijk beschadigd konden worden, hetgeen onder een kwartslamp wel zou geschieden.

De eerste kwikbuis, welke ter beschikking stond, bezat een zeer geringe lichtsterkte, welke op 50 c.M. afstand een verlichting gaf van ongeveer 100 H. Lux.

Op 8 Januari 1929 werd hiermede een belichting uitgevoerd van kiemende sla, gelen raapsteel en radijs. Belicht werd 8 uur per dag (van 9—5 uur). De geringe intensiteit bleek niet voldoende te zijn om, althans bij de hooge temperatuur waarbij gewerkt werd (gem. 25° C.), den lengtegroei voldoende te remmen. Toch waren de belichte plantjes reeds iets korter en steviger dan de contrôles. Er werd meer bladgroen gevormd, terwijl bij raapstelen de uitbreiding van de „omvalziekte" beperkt werd.

De remmende werking van het kwiklicht was intusschen ook waar te nemen aan het feit, dat de jonge kiemplanten, welke aan den rand van het belichte vak stonden, zich naar het blauwe licht toe kromden.

Later in den tijd, 26 Februari '29, is nog geprobeerd dit hoogspanningskwiklicht op korten afstand te gebruiken, n.l. op 25 c.M. afstand boven het beplante oppervlak. Gezaaid waren groene komkommer en stam-prinsesseboonen. Nu was deze afstand wel wat klein, daar de lichtbuizen toch altijd nog wel eenige warmte afgeven aan de onmiddellijke omgeving. De proef werd daardoor onzuiver, omdat vooral de boonen spoedig te dicht bij de buis kwamen. Deze stoorden zich dan ook in het geheel niet aan het kwiklicht, daar boonen in haar lengtegroei sterk op verhoogde temperatuur

reageeren. De belichte planten waren zelfs langer uitgegroeid dan de onbelichte, wat aan de warmtewerking toegeschreven moet worden.

De proef werd 6 dagen voortgezet, zoodat de planten al zeer lang geworden waren.

De komkommers reageerden beter dan de boonen, evenals dit bij gloeilampenlicht het geval was. Ook kwamen zij door haar geringeren hoogtegroei niet zoo dicht bij de lichtbron, waardoor zij vrijwel geen invloed van de warmte der buis ondergingen.

De met kwiklicht bestraalde komkommers bleven korter dan de onbelichte planten. De gemiddelde lengte van de stengels was onder het kwiklicht 9,2 c.M. en onbelicht 10,3 c.M.

In kleur of bladontwikkeling hadden noch de boonen, noch de komkommers eenig waarneembaar verschil met de contrôles.

Het scheen dus noodzakelijk, het kwiklicht in hooger intensiteiten te beproeven. Daarom werd thans in gebruik genomen een ander type kwikbuis voor lage spanning, welke veel wijder in doorsnede was en 1½ M. lang. Hiermede kon een proefkastje over de volle lengte geheel verlicht worden. De buis had een lichtsterkte van 600 H. kaars per meter, in tegenstelling met de oude hoogspanningsbuis, welke in totaal slechts 55 H. kaars gaf.

De buis werd in hellenden stand opgehangen, zoodat het uiteinde links 50 c.M. en rechts 25 c.M. boven de planten kwam te hangen. Daarmee werd verkregen een geleidelijk van links naar rechts toenemende verlichting. Deze laagspanningsbuis wordt veel warmer dan die van het oude type, zoodat een belangrijke temperatuursverhooging (tot op ong. 30° C.) in het kastje ontstond. Toch was er tusschen links en rechts geen merkbaar temperatuursverschil, de lucht werd aan beide zijden even sterk verwarmd.

Onder de buis kwamen 4 kistjes met tomatenkiemplantjes (Ailsa Graig), welke 20 Maart gezaaid waren. 25 Maart werd de belichting begonnen, 9 uur per dag (van 8—17 uur). Na 4 dagen vertoonden zich de volgende verschillen in de lengten van de stengels:

1ste	kistje,	geringste intensiteit:	5¼ c.M.
2de	„ ,	„ „ :	4½ c.M.
3de	„ ,	„ „ :	4¼ c.M.
4de	„ ,	grootste intensiteit:	3½ c.M.

Bij de sterkste belichting bleven dus de plantjes het kortst. Hieruit is op te maken, dat de lengtegroei door sterk kwiklicht belangrijk geremd wordt.

Verder werd nog een verschijnsel aan de tomatenplantjes waargenomen. De ondereinden van de stengeltjes der sterkst belichten waren paars aangeloopen, terwijl ze bij de zwakst belichte planten geelgroen bleven. Dit is ook terug te voeren op de remmende werking van het kwiklicht.

Dit soort kwiklicht is dus in staat jonge planten korter en steviger te houden. Daarvoor zijn echter hooge intensiteiten noodig.

PROEVEN 1929—1930.

A. IN DE GROOTE KAS.

TECHNISCHE VERBETERINGEN.

In het tweede seizoen werd een gedeelte van de proeven op ruimer schaal uitgevoerd in een nieuwe, grootere afdeeling van het kascomplex, teneinde voor de praktijk direct bruikbare gegevens te verkrijgen.

Vooreerst werd een poging in het werk gesteld om te komen tot een beter type van reflector, dat beantwoordde aan de eischen, welke bij het kweeken van planten aan de kunstmatige verlichting gesteld moeten worden. Bij de proeven van het vorige jaar was duidelijk gebleken, dat de reflectoren, welke voor gewone verlichtingsdoeleinden gemaakt worden, niet bijzonder bruikbaar zijn voor de kunstlichtcultuur. De sterke warmteafgifte van gloeilampen, welke bij huisverlichting nauwelijks wordt opgemerkt, treedt bij deze plantenbelichting sterk op den voorgrond, aangezien hier gebruik gemaakt moet worden van een minstens 10 maal zoo sterke verlichting. Hiermee moet dus met de constructie van den reflector rekening gehouden worden. Voorts bleek, dat alle ronde reflectoren feitelijk een zeer onregelmatige lichtverdeeling geven. Midden onder de lamp is er gewoonlijk een zeer sterk verlichte plek, waaromheen het licht concentrisch snel afneemt. Ook dit is bij gewone verlichting meestal geen bezwaar, omdat men zich om beter te zien gemakkelijk even midden onder de lamp kan begeven. Bij de planten, die moeten groeien op de plaats waarop zij neergezet zijn, is dit geheel anders. Men dient daar te zorgen, dat het geheele beplante oppervlak zooveel mogelijk gelijkmatig belicht is. Neemt men direct proeven met reeds volwassen planten, dan zijn de verschillen niet zoo snel waar te nemen. Bezaait men daarentegen het geheele verlichte grondoppervlak met een gewas zooals raapstelen, dan is reeds na 14 dagen te zien, dat de planten midden onder de lamp het meeste licht ontvingen, deze ontwikkelden het meeste blad. Een dergelijke bezaaiïng stelt in staat de groote onregelmatigheden in de verlichting aan te toonen en tevens van een goed aangebrachte verlichting de gelijkmatigheid te contrôleeren.

Het grootste belang van een gelijkmatige verlichting is vooral ook gelegen in het economisch gebruik van de aangebrachte lichtbronnen. Gaat men bij geringe gelijkmatigheid de sterkte van de lampen verminderen teneinde tot bezuiniging te komen, dan zal men daarbij niet verder kunnen gaan dan het punt waarop de minst verlichte plaatsen een nog voldoende verlichting krijgen. Een nog sterker vermindering zal er toe leiden, dat alleen direct onder de lampen nog iets van de planten terecht komt, daar omheen niet meer.

Is men daarentegen begonnen met een te zwakke belichting, dan zal men deze zooveel moeten vergrooten tot de minst bedeelde plekken de voor het gewas benoodigde verlichting ontvangen. Midden onder de lampen heeft men dan echter een veel te royale verlichting en daardoor ook een overmatige warmtestraling. In verschillende publicaties kan men dit laatste uit de proeven opmaken. Men gaat steeds sterker verlichtingen in gebruik nemen en komt daarbij van kwaad tot erger.

Nog veel minder wordt de economie van de verlichting, wanneer men geen of totaal onvoldoende reflectors bij de lampen gebruikt. Men kan dan wel rekenen, dat 2/3 van het licht geheel onbenut blijft en slechts aanleiding geeft tot feestelijke verlichting van de kas.

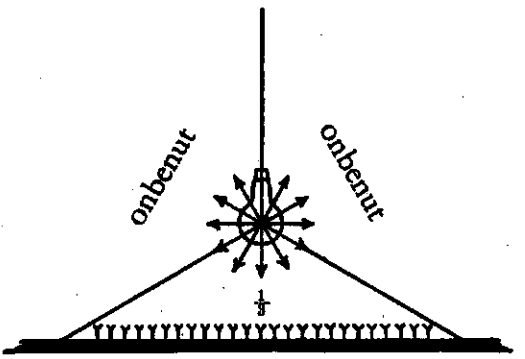


Fig. 4.

Schema van de wijze waarop zonder reflector slechts één derde van het licht de planten bereikt.

Only 1/3 of the total radiation reaches the plants if no reflector is used.

Er moest dus een voor ons doel geëigende reflector speciaal geconstrueerd worden, welke aan de diverse eischen voldeed. Wat de gelijkmatigheid betreft, zou het beste zijn een reflector, die even groot was als het te belichten plantbed. Dit stuit echter op het bezwaar, dat de planten overdag geheel in den schaduw zouden staan, terwijl toch ook het daglicht zooveel mogelijk benut moet worden om economisch te werken. Na rijp overleg is ontworpen een lang, smal model reflector, die het daglicht slechts weinig onderschept. In Eindhoven werd gemaakt een langgerekte, rechthoekige reflector van 1½ M. lengte, waarin een rij van 7 gloeilampen geschroefd kan worden. In de lengterichting is daardoor reeds een grootere gelijkmatigheid van de verlichting verkregen, terwijl in de breedte de afname naar de randen opgeheven wordt door een gedeelte van het licht der gloeilampen aan de bovenzijde te laten uittreden en door een tweeden reflector terug te kaatsen op de zijkanten van het beplante bed. De wijze, waarop dit is bereikt, is uit de figuur te zien.

Nu is hiermee tevens bereikt, dat de reflector geventileerd wordt, doordat deze aan de bovenzijde feitelijk open is en de sterk verwarmde lucht langs den bovensten reflector ontwijken kan.

De afmetingen zijn gekozen voor het gebruik van gloeilampen van 100 Watt. Door echter de geheele groep van 7 fittingen verstelbaar te maken is in de mogelijkheid voorzien om ook grootere gloeilampen te gebruiken. Om minder licht te verkrijgen, behoeft men slechts het aantal van 7 gloeilampen terug te brengen op drie of vier, regelmatig over de fittingen verdeeld, aldus:

o o o o o o o	o x o x o x o	o x x o x x o
700 Watt	400 Watt	300 Watt

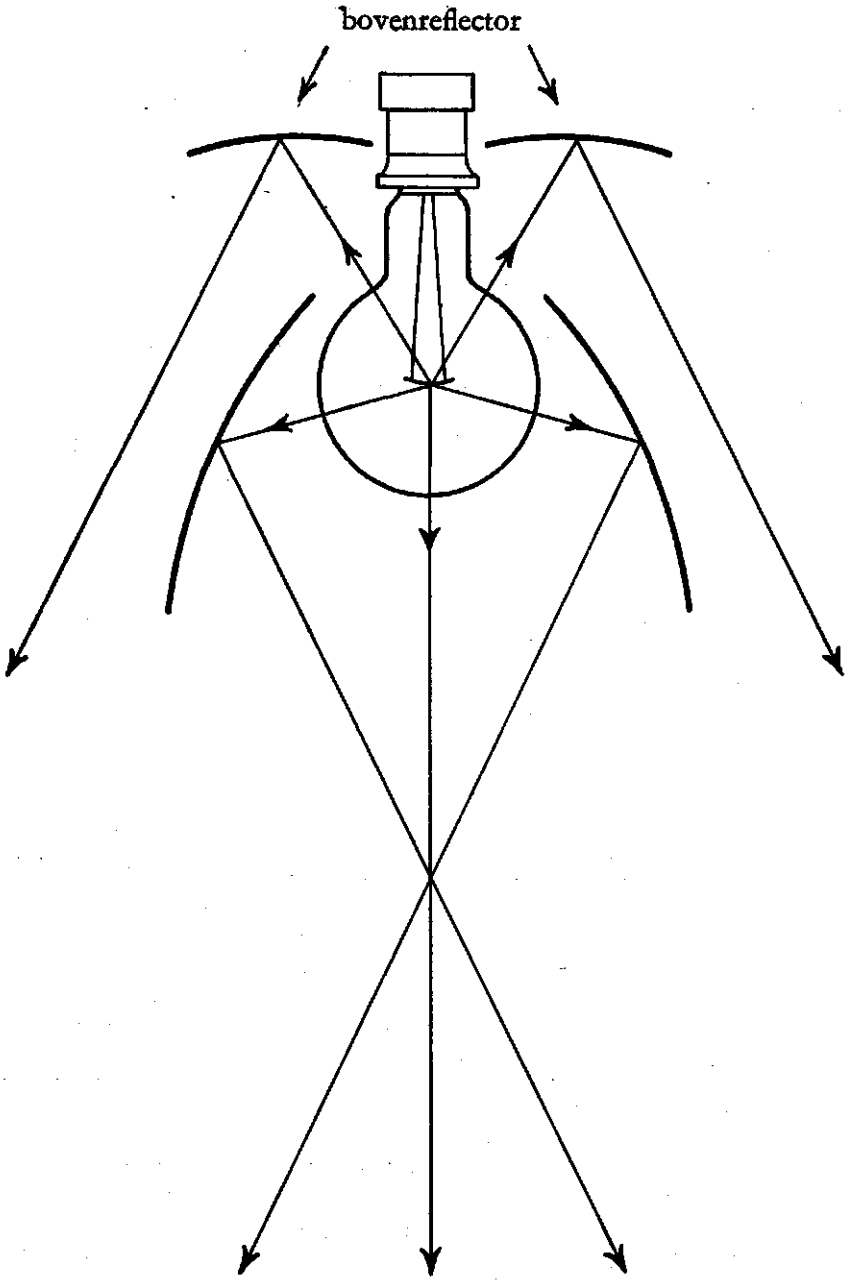


Fig. 5.

Dwarse doorsnede van den nieuw ontworpen reflector, waarbij het naar boven uitgestraalde licht door een bovenreflector op de randen van het tablet geworpen wordt.

Cross section of the new type of reflector, reflecting the upward radiation on the edges of the illuminated surface.

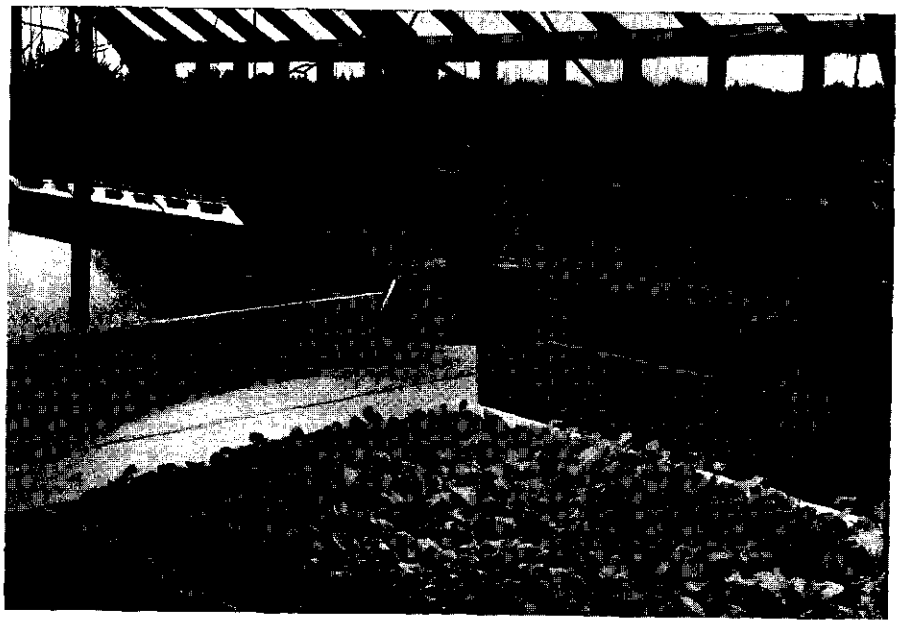


Fig. 6. Vergelijking tusschen ronde en langwerpige reflector, (de lange reflector is voor het photographeeren boven het contrôlevak gehangen).
Comparison between round and oblong reflectors.

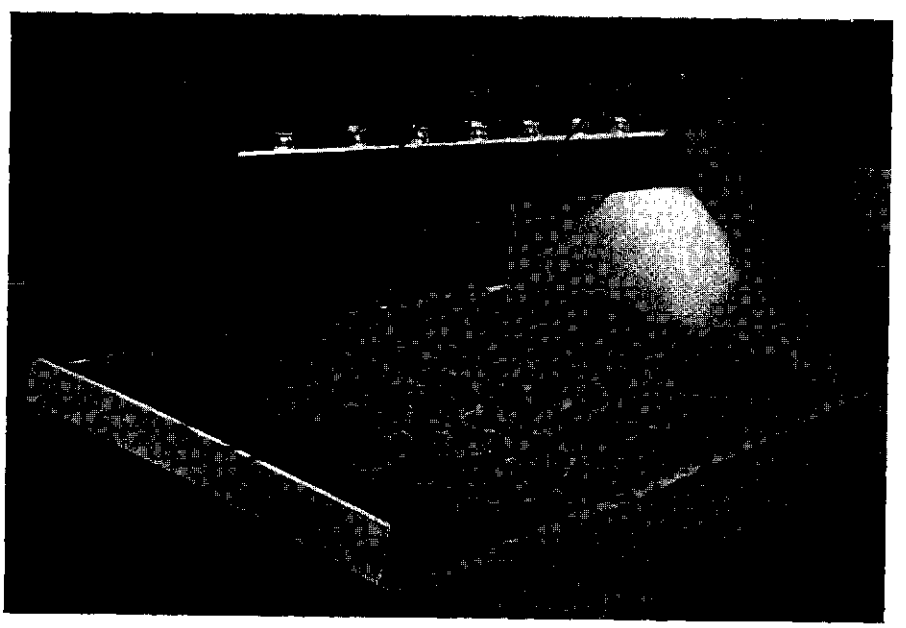
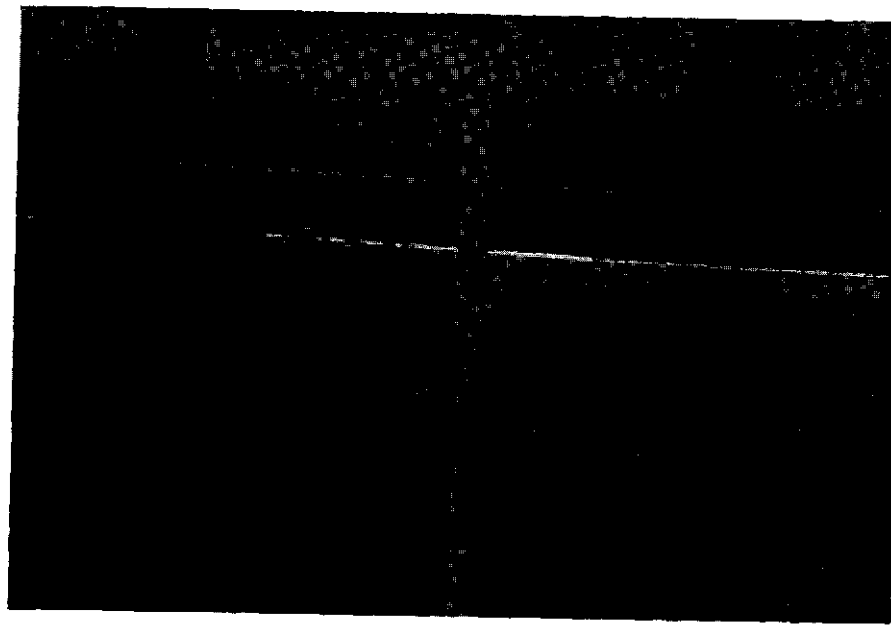


Fig. 7. De nieuw ontworpen reflector, raapstelen na 3 weken belichting.
The new type of reflector, constructed for the illumination of plants.



BELICHT. ONBELICHT.

Fig. 8.

1ste raapstelenproef na 3 weken belichting, gephotographeerd aan weerskanten van het tusschenschot.

First experiment with seedlings of Sinapis chinensis L., on the left incandescent light, on the right check plants.

Deze reflector voor 7 maal 100 Watt werd opgehangen op 55 c.M. boven het beplante oppervlak ($\pm$ 2 M^2.) en gaf dan een gemiddelde verlichting van 5000 H. Lux. De temperatuursverhooging bedroeg op de plaats van de planten ongeveer 6° C.

PROEVEN MET DE GROOTE LICHTINSTALLATIES.

Proef 1.

In aansluiting met het voorafgaande is nu een vergelijkende proef uitgevoerd met den bestaanden reflector N. R. 45 en het nieuw geconstrueerde model. Het beschikbare tablet van 5$^1/_2$ M. lengte en 1$^1/_4$ M. breedte, werd door lage dwarsschotten in 3 vakken verdeeld, waarvan het middelste onbelicht gelaten werd, het voorste van twee 300 Watt lampen in N. R. 45 en het laatste van den nieuwen 700 Wattreflector voorzien werden. De verlichting was zoodanig aangebracht, dat beide vakken gemiddeld 5000 Lux ontvingen, welke bij de ronde reflectors echter veel ongelijkmatiger over het vak verdeeld waren.

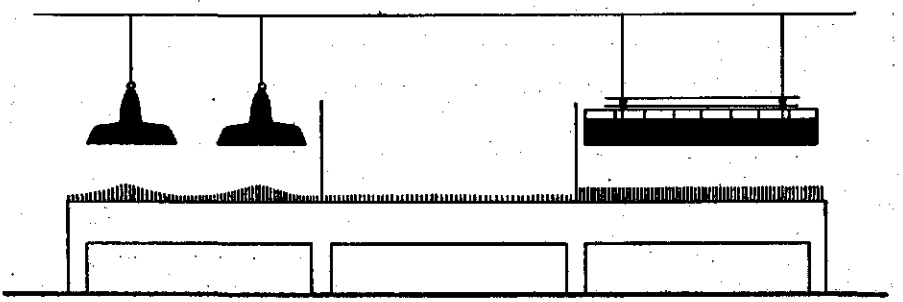


Fig. 9.
Opstelling van de eerste proef met raapstelen.
Diagram of the first experiment. Comparison between round and oblong reflectors.

Het vorig jaar was het reeds opgevallen, dat belichte raapstelen, welke in de nabijheid van een eternieten scheidingswand stonden, een sterkere bladontwikkeling vertoonden, dan die welke aan den glaskant gegroeid waren. Daarom werd nu tevens nagegaan of het mogelijk was de randen van de belichte vakken in gunstiger conditie te brengen door rondom een opstaand randje van witgekalkte planken te plaatsen, waardoor nog licht terug geworpen werd, dat anders zijdelings verloren zou gaan. Door deze planken aan één zijde weg te laten, kon worden nagegaan of een dergelijke maatregel voldoende effect geeft.

Het van onderen door pijpen verwarmde tablet was gevuld met gewonen bladgrond en werd over het geheele oppervlak bezaaid met gele raapstelen van Pe-Tsai. (Chineesche kool). Deze bezaaiïng werd 11 November 1929 uitgevoerd. Na eenige dagen kwam het zaad op en onmiddellijk daarna, op 16 Nov., werd de belichting begonnen, welke 3 weken werd volgehouden. Om zoo snel mogelijk verschil te zien te krijgen, werd een belichting gegeven van 14 uur per nacht, en wel van 's middags 17 uur tot den volgenden morgen 7 uur, dus vrijwel den geheelen nacht. Dit gaf tevens het voordeel, dat elken middag het begin van de belichting gemakkelijk gecontrôleerd

kon worden. De geheele lichtinstallatie werd automatisch uit- en ingeschakeld door één schakelklok. De kastemperatuur werd matig gehouden, deze schommelde tusschen 14° en 22° C.

Ook nu was de uitdroging van den grond, vooral midden onder de lampen, vrij sterk, zoodat den eersten tijd dagelijks gegoten werd.

Aangezien deze proef alleen bedoeld was als een ruwe vergelijking op praktische bruikbaarheid van de lichtbronnen, was aan het contrôlevak geen overeenkomstige warmtestraling toegediend. Het gevolg hiervan was, dat de belichte plantjes veel langer werden dan de onbelichte en men hier dus het merkwaardige verschijnsel te zien kreeg, dat de planten, die het meeste licht ontvingen het sterkst „geëtioleerd" waren, tenminste wat betreft den lengtegroei van den stengel.

De chlorophylvorming en de ontwikkeling van de kiembladen waren sterker bij de belichte planten. Hoe langer de proef duurde, hoe grooter de verschillen tusschen belicht en onbelicht werden. De geelgroene contrôleplanten bleven meer en meer in ontwikkeling achter bij de belichte, die al gauw hun hartblad begonnen te ontwikkelen, zoodat er in 14 dagen tijd een frischgroen gewas aan raapstelen verkregen was, geschikt voor consumptie.

Aan de meerdere of mindere gelijkmatigheid van het gewas kon nu goed waargenomen worden hoe de lichtverdeeling geweest was. Onder ieder der beide N. R. 45 reflectors was duidelijk een ronde plek zichtbaar, waarop de raapstelen extra welig ontwikkeld waren. Daar rondomheen was de ontwikkelde bladhoeveelheid kleiner, om ten slotte in een nog verder gelegen zône een slechts geringe grootte te bereiken.

Onder den nieuwen reflector was de gelijkmatigheid belangrijk grooter. In de lengterichting bleek deze volkomen te zijn, terwijl in de breedte het midden van het tablet nog wat beter gewas vertoonde dan de rand.

De witgekalkte planken bleken een groote verbetering te geven wat betreft de verlichting van de randen. Daar waar zij geplaatst waren, hadden de raapstelen flink blad ontwikkeld. Aan de kanten waar de planken weggelaten waren, kon men een zeer duidelijke afname van de bladhoeveelheid naar den rand toe op merken.

Bij de contrôleplanten maakte het al of niet aanbrengen van de witte planken geen verschil. Onder deze niet belichte planten trad pleksgewijze afsterving op tengevolge van de „omvalziekte". Bij de rijkelijk belichte planten was van deze kwaal geen sprake, het geheele oppervlakte bleef volledig begroeid zonder kale plekken. Dit is dus een bevestiging van hetgeen in het vorig seizoen daarover werd waargenomen.

Uit deze ruwe proef bleek al vast te stellen, bij welk punt de verlichting voor gele raapstelen onvoldoende wordt om tot behoorlijke ontwikkeling te komen. De ongelijkmatige lichtverdeeling van den N. R. 45 stelde daartoe in staat: daar waar de raapstelen slecht stonden werd nog slechts een verlichting van *1000 H. Lux* gemeten.

Proef 2.

Bij een tweede bezaaiïng van het groote tablet met *gele raapstelen*, werd de lichtinstallatie geheel gewijzigd. Aangezien gebleken was, dat de nieuwe

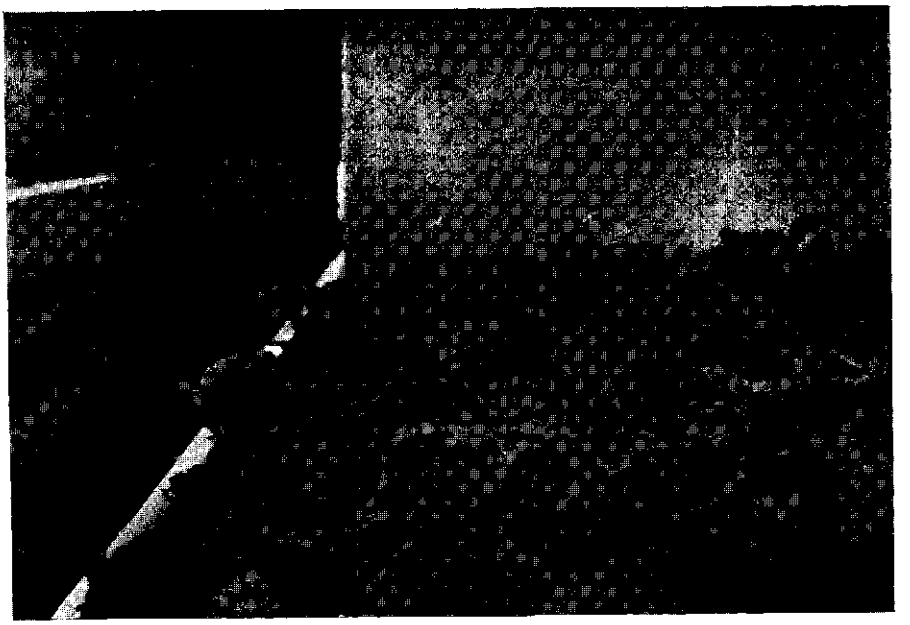


Fig. 10. Met witgekalkte plank.
With whitewashed board to reflect the light.

Fig. 11. Zonder witgekalkte plank.
Without whitewashed board.

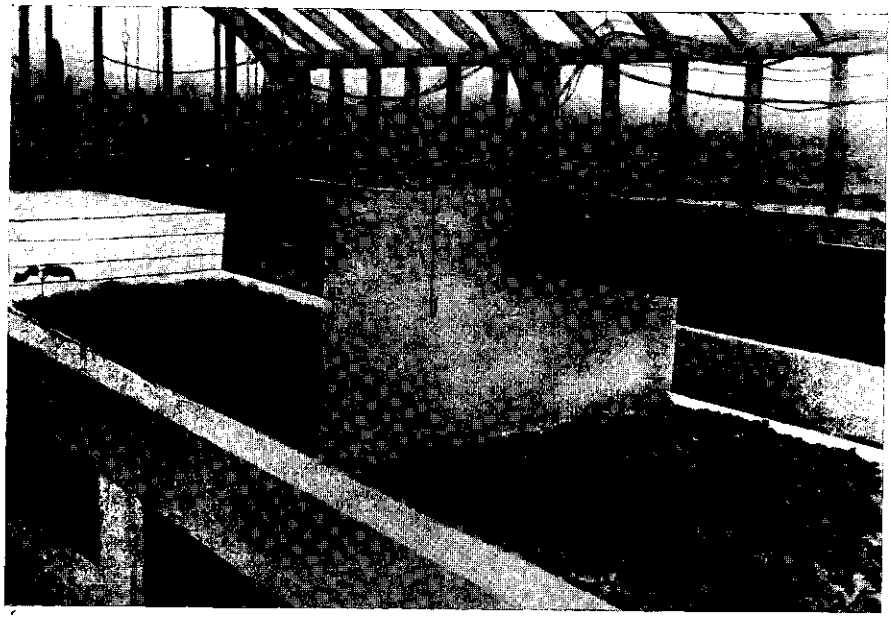


Fig. 12.

2de raapstelenproef, na 14 dagen. Op den voorgrond Neonverlichting.

Second experiment with seedlings of Sinapis chinensis L., Neonlight in the foreground.

reflector goede eigenschappen bezit, werd het aantal hiervan uitgebreid en de N. R. 45 reflectoren buiten dienst gesteld.

Het *Neonlicht* werd nu ook in de proef opgenomen en wel in den vorm van een 1½ M. lange laagspanningsbuis, welke gemonteerd was in een soortgelijken langen reflector als van de gloeilampen. Hiermede werd het eerste vak verlicht. De verlichting was nog gelijkmatiger dan bij de gloeilampen, hetgeen al weer een voordeel beteekent van het gebruik van lichtbuizen. Gemiddeld bedroeg de verlichting eveneens 5000 H. Lux. De temperatuursverhooging op het beplante vak was gem. 2° C., dus belangrijk minder dan bij een overeenkomstige gloeilampenverlichting.

Boven het tweede vak waren in elkaars verlengde opgehangen 2 lange *gloeilampen*reflectors, waarin samen slechts 7 lampen werden gebruikt, zoodanig verdeeld, dat een afname van 5000 aan het ééne einde, tot op 1000 H. Lux aan de andere zijde verkregen werd:

o o o o x o x	x o x x o x x
5000 Lux.	1000 Lux

Het laatste vak bleef onbelicht, maar kreeg een overeenkomstige warmtestraling als van de gloeilampen. Dit werd gegeven met behulp van een electrisch wandkacheltje, dat aan één zijde van het vak werd opgehangen, waardoor ook weer een afnemende warmtestraling van links naar rechts ontstond. Het was een straalkacheltje voor 220 Volt, dat op 125 Volt brandde en daardoor een stroomverbruik had van ong. 300 Watt. De ophanghoogte was zoo geregeld, dat dezelfde temperatuursverhooging als bij de gloeilampen gegeven werd. De kastemperatuur werd overigens betrekkelijk laag gehouden, zoo noodig door ook 's nachts te luchten, dus in den tijd dat de lampen brandden.

De bedoeling van de proef was wederom om de thans gewijzigde lichtinstallatie op haar bruikbaarheid te onderzoeken met het oog op de hierna volgende aardbeienproef.

Aangezien bij de vorige proef gebleken was, dat de sterke warmtestraling de plantjes te lang gerekt maakte, werd nu geprobeerd om de belichting pas te beginnen op het moment, dat de kiemplanten haar eerste bladpaar uitgespreid hadden.

20 December werden de raapstelen gezaaid in dezelfde bladaarde, welke geheel omgewerkt en rijkelijk van water voorzien was. De eerste ontwikkeling van de plantjes viel juist in de Kerstdagen, waardoor helaas de kastemperatuur te hoog werd en de jonge raapstelen veel te snel opschoten. Hier en daar viel zelfs al een slachtoffer van de „omvalziekte".

27 Dec. werd daarom onmiddellijk de belichting begonnen, weer op dezelfde tijden als bij de eerste proef, dus van 17—7 uur (d. i. 14 uur per nacht), wederom met behulp van één schakelklok. Ondanks deze belichting trad een zeer hevige kiemplantenaantasting op, waarschijnlijk omdat de grond vooraf zeer vochtig gemaakt was, waardoor de schimmelontwikkeling in den grond zeer sterk kon worden. Bij de lage intensiteiten van het gloeilampenlicht viel het gewas niet meer te redden. Slechts hier en daar bleven er enkele plantjes in leven, waarvan de stengelbasis dikwijls toch nog aangetast was. Mej. Dr. M. P. LÖHNIS te Wageningen, was zoo vriendelijk deze plantjes

voor mij te onderzoeken en constateerde bij alle onderzochte exemplaren een Rhizoctonia aantasting.

Alleen bij de sterkste gloeilampenverlichting van 5000 Lux en bij het Neonlicht groeiden de raapstelen al spoedig door het kritieke stadium heen en ontwikkelde zich nog een normaal gewas.

Bijzonder fraai werden de kiemplanten onder het Neonlicht, waar een aaneengesloten dek van forsche, donkergroene kiembladen ontstond, dat een bepaald zomersch uiterlijk had. Groot was het verschil in dit opzicht met de plantjes in 5000 Lux gloeilampenlicht, welke lichtgroen kiemblad ontwikkelden en waarvan de stengels zeer lang uitgegroeid, door elkaar over den grond lagen.

De hoogere temperatuur onder de gloeilampen was dus in het geheel geen voordeel, integendeel, de Neonplanten waren belangrijk beter.

Het eindresultaat was uiterlijk niet zoo sterk verschillend. Zoowel bij Neon- als bij gloeilampen was het raapstelengewas na 14 dagen belichten oogstbaar, evenals bij alle vorige proeven.

In het contrôlevak waren de belichte plantjes zeer sterk achter gebleven en minder groen dan de belichte. Ook hier omvallen van de kiemplanten door Rhizoctonia, vooral aan den kant, waar de minste warmtestraling gegeven was.

Een nauwkeurige analyse van de omstandigheden, welke de schimmelaantasting van de stengelbasis kunnen voorkomen, kan hier nog niet gegeven worden, omdat andere kwesties eerder om een oplossing vragen.

Toch blijkt al wel, dat het zoo hinderlijke omvallen van kiemplanten voorkomen kan worden door licht- zoowel als warmtestraling. Uit den aard der zaak is de lichtwerking het duurzaamst, omdat daardoor de plant in staat gesteld wordt zich snel verder te ontwikkelen.

Proef 3.

De beide vorige proeven waren dus korte voor-experimenten om eenigszins uit te maken hoe een verlichting van aardbeien geïnstalleerd zou moeten worden.

De verlichting van de vorige proef werd nog weer gewijzigd door het eerste Neonvak 75 c.M. langer te maken, zoodat op dit stuk ook afnemende intensiteiten aan Neonlicht verkregen werden (tot 1500 H. Lux).

Het tweede vak werd 75 c.M. korter gemaakt, waarbij één reflector verviel en naast den anderen reflector, thans met zeven 100 Watt lampen, een dito stuk van 75 c.M. met afnemende intensiteiten, tot 1000 Lux overbleef. Dit vakje kreeg nog een extra warmtestraling van 250 Watt om gedurende de belichting eenzelfde temperatuursverhooging te geven als direct onder de gloeilampen.

Bij het Neonvak was op dergelijke wijze voor een temperatuursverhooging van ongeveer 2° C. gezorgd op het nieuw toegevoegde stuk van 75 c.M.

Het temperatuursverschil tusschen Neon- en gloeilampenlicht werd zoo gelaten, omdat het hier meer een praktische vergelijking gold.

Ten slotte was het contrôlevak hetzelfde gebleven, behalve dat het straalkacheltje er midden boven was opgehangen. Helaas was het tablet niet lang genoeg om het contrôlevak even groot te maken als de belichte afdeelingen.

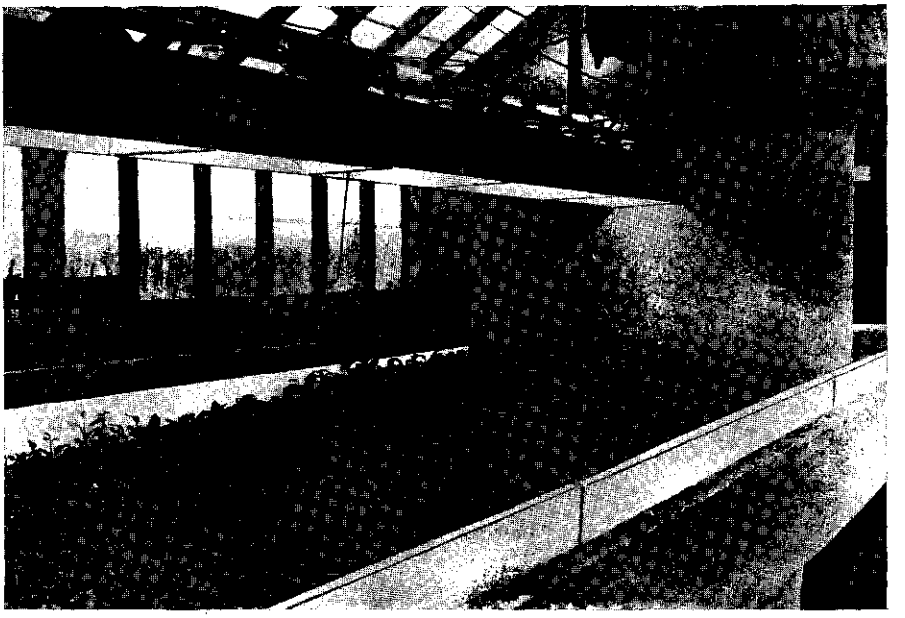
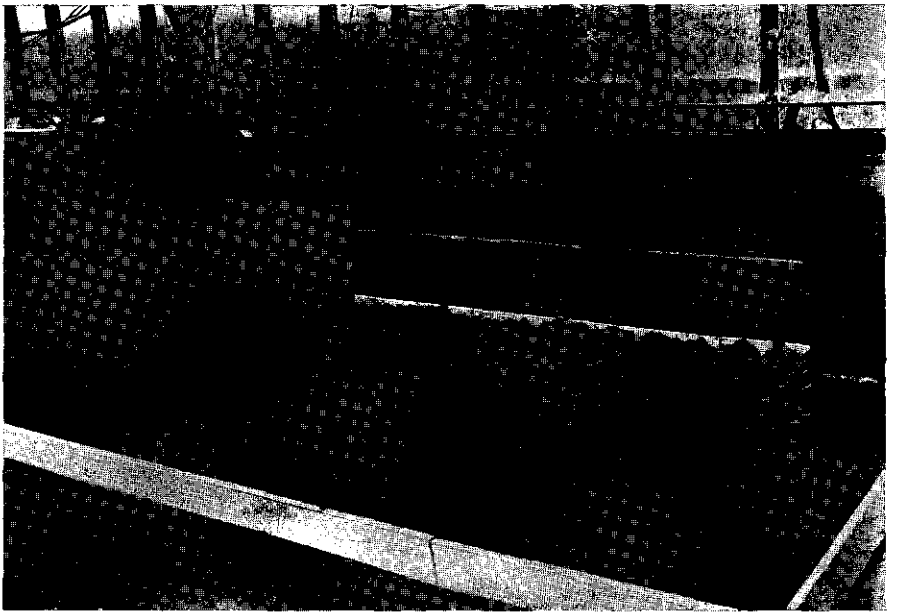


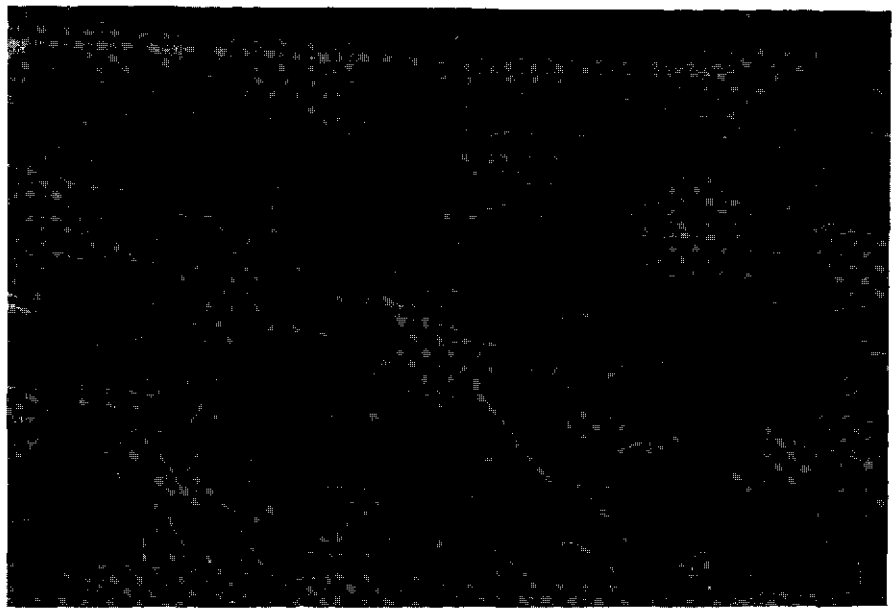
Fig. 13. Van rechts naar links afnemende gloeilampenverlichting.
Illumination with incandescent lamps, decreasing from right to left.



transformator

Fig. 14. Neonverlichting.
Illumination with Neonlight.

CONTRÔLE.



NEONLICHT.

Fig. 15. 2de raapstelenproef na 14 dagen belichting.

Seedlings of Sinapis chinensis L., after 14 days. On the right plants grown in Neonlight, check plants on the left.

In totaal werd het geheele tablet bezet met 152 aardbeiplanten, Mad. Lefèbre, welke in potten den voorafgaanden zomer waren opgekweekt van uitloopersplantjes.

Omstreeks half Januari werden de planten in de kas gebracht bij betrekkelijk lage temperatuur (15° C.) en eenige dagen later met pot en al in den bladgrond van het tablet ingegraven. Door de weersomstandigheden van het voorafgaande seizoen waren de planten niet bijzonder sterk ontwikkeld. Een groot aantal was slechts klein en zeer waarschijnlijk zonder bloemaanleg. De slechtst ontwikkelden waren reeds uit de partij verwijderd. De 152 overgebleven planten werden zoo gelijkmatig mogelijk over het tablet verdeeld, afwisselend groote en kleine exemplaren naast elkaar. In de breedte stonden 6 potten op een rij, ongeveer 20 c.M. van elkaar en *per vierkanten meter 25 planten.*

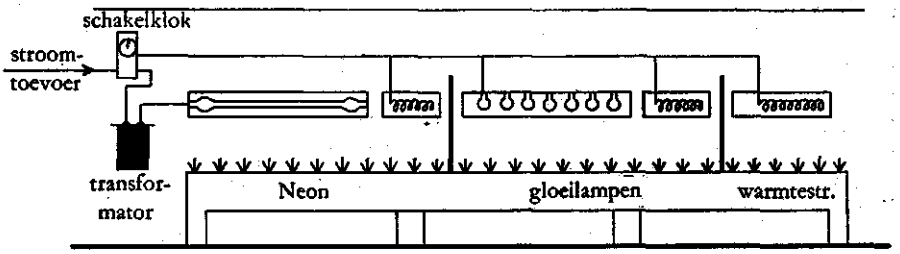


Fig. 16.

Opstelling van de derde proef, voor belichting van aardbeien.

Diagram of the experiment with strawberries.

Al spoedig begonnen de planten werking te vertoonen, er verscheen nieuw blad. Tien dagen na het in de kas brengen, 28 Jan., was de ontwikkeling ver genoeg gevorderd om met succes tot belichting over te kunnen gaan.

Den eersten tijd werd dezelfde belichting gegeven als aan de raapstelen, dus 14 uur per nacht (van 17—7 uur.) Na eenige dagen was er reeds een duidelijk kleurverschil bij het jonge blad te zien, de onbelichte waren geelgroen, de belichte aanmerkelijk groener van tint. Het donkerste groen had het blad onder het Neonlicht. De bladontwikkeling kreeg bij de belichte planten al spoedig een voorsprong. Onder de gloeilampen werden de bladstelen langer dan die onder het Neonlicht. Deze laatsten behielden daardoor een forscher uiterlijk, al was de hoeveelheid blad ongeveer gelijk.

Op 10 Februari, dus 14 dagen later, toen inmiddels het zonlicht meer beteekenis begon te krijgen, werd de schakelklok versteld en de belichting daarmee verkort op 9 uur per etmaal en wel van 's avonds 22 uur tot den volgenden morgen 7 uur.

Bij de belichte planten werden nu langzamerhand de bloemknoppen zichtbaar, 3 weken na het begin van de belichting opende zich de eerste aardbeibloem onder de gloeilampen, een paar dagen later ook in het Neonvak. Dit feit was natuurlijk toe te schrijven aan de omstandigheid, dat de temperatuur tijdens de belichting onder de gloeilampen ongeveer 4° C. hooger was. Tijdens de belichtingsperiode moest de kastemperatuur zoo laag gehouden worden, dat de planten geen last van de overmatige warmtestraling

konden krijgen onder de gloeilampen. Het Neonvak kwam daardoor in het nadeel, dit was hier helaas moeilijk anders in te richten.

Het aantal bloemen breidde zich snel uit. Zij werden regelmatig door middel van een penseeltje bestoven. De temperatuur van de kas was inmiddels geleidelijk verhoogd tot gemiddeld 20° C.

Bij de contrôleplanten verschenen ook bloemen, echter een volle week later dan onder de gloeilampen, terwijl zij toch ook een overkomstige warmtestraling ontvingen. Deze voorsprong is nu wel niet zoo groot, maar men dient te bedenken, dat de proef nog betrekkelijk laat in den tijd genomen werd. Midden in den winter zouden de verschillen grooter geweest zijn.

De bloei van de belichte planten werd intusschen veel rijker. Het gaf den indruk als of zij nog bloemstengels gaven behalve die, welke volledig in aanleg aanwezig waren geweest en welke zonder belichting niet te voorschijn zouden zijn gekomen.

De aardbeien begonnen nu te rijpen, terwijl de bloei nog rijkelijk voortging. Zeven weken na het begin van de belichting waren eenige aardbeien rijp. De eersten onder de gloeilampen, tengevolge van de hoogere temperatuur. De belichting werd toen gestaakt op 18 Maart, het daglicht kon het werk nu verder zelf wel af aangezien het een periode van zonnig weer was. Het was nu niet meer noodig de temperatuur opzettelijk te drukken. Deze liep daardoor overdag sterk omhoog en was gem. 25° C.

24 Maart werd een partijtje aardbeien van 30 stuks geoogst en naar de veiling te Wageningen gebracht, alwaar zij 11 cent per stuk opbrachten. In de volgende weken daalde deze prijs echter.

Aanvankelijk kwamen er meer rijpe vruchten van het gloeilampenvak. Een week later was de toestand reeds omgekeerd en leverde het Neonvak de meeste aardbeien op, zoo zelfs dat hiervan in totaal een aanmerkelijk grootere hoeveelheid verkregen werd. En dat, terwijl de temperatuur tijdens de belichting 4° C. lager was!

Het contrôlevak leverde naar verhouding de minste aardbeien.

Drie weken werd de aardbeipluk voortgezet. In onderstaande tabel vindt men de resultaten van den oogst.

AANTAL AARDBEIEN PER 66 PLANTEN.

	NEONLICHT.	GLOEILAMPEN-LICHT.	WARMTESTRALING op 66 planten omgerekend.
1ste week	58	97	15
2de week	164	76	81
3de week	111	21	55
Totaal op 14 April	333	194	151

De aardbeien waren uitstekend, geurig, goed van smaak en flink ontwikkeld.

Het aantal planten, dat ten slotte vrucht gedragen heeft, werd kort voor het opruimen, 14 April, geteld, waaruit bleek, dat op het contrôlevak het

kleinste en op het Neonvak het grootste percentage van de planten aardbeien gegeven had. Dit is in de volgende tabel te zien.

		NEONLICHT.	GLOEILAMPEN-LICHT.	WARMTE-STRALING.
Percentage van elk vak	vruchtdragende planten	75 %	58 %	39 %
	bloeiende „	75 %	58 %	55 %
	niet bloeiende „	25 %	42 %	45 %
Aantal aardbeien per bloeiende plant berekend		6,7	5,1	4,1

Eenige contrôleplanten hadden in de laatste weken nog nieuwe bloemstengels ontwikkeld en wel bij exemplaren, welke aanvankelijk schenen niet te zullen bloeien. Overeenkomstige exemplaren op de belichte vakken hadden reeds veel eerder gebloeid en droegen nu vruchten. Dit is eveneens in de tabel te zien. Men zou hieruit dus opmaken, dat het proces van bloemvorming sneller wordt voltooid door de belichting en vooral door Neonlicht. Men mag aan de gegeven cijfers geen overdreven waarde hechten wegens de ongelijkmatigheid van het materiaal, maar de verschillen zijn zoo groot, dat zij onmogelijk aan toeval kunnen worden geweten. De planten werden trouwens zoo zorgvuldig mogelijk verdeeld.

Tot nu toe is nog heelemaal niet gesproken over de gedeelten van het tablet, waar geringere lichtintensiteiten gegeven werden. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat hier geen verschillen waargenomen konden worden ten opzichte van de sterker verlichte gedeelten. Zoowel bij Neon als bij de gloeilampen hadden de zwakker belichte planten denzelfden voorsprong op de contrôles als de volledig belichte. Men zou dus hieruit mogen concludeeren, dat 1000 Lux gloeilampenlicht voor aardbeienbelichting nog bruikbaar is, althans in dezen tijd van het jaar. Hier komt het schaduwplantenkarakter van de aardbei naar voren, want een gewas z. a. raapstelen kan met 1000 Lux nauwelijks toekomen.

Het Neonlicht was dus in alle opzichten veel te royaal gegeven, want reeds vroeger werd geconstateerd, dat bij Neonlicht met geringere intensiteiten gewerkt kan worden. De reden waarom met zulke hooge Neonintensiteiten geëxperimenteerd werd, is alleen dat gestreefd werd naar eenigszins vergelijkbare verlichtingen met Neon en gloeilampen, waarbij de sterkte van verlichting (ong. 5000 H. Lux) en het stroomverbruik (± 375 Watt per M².) zooveel mogelijk aan elkaar gelijk gemaakt waren.

De conclusie, welke men uit deze aardbeienproef trekken kan, is ten eerste, dat kunstlicht zeer goed te gebruiken is voor het kweeken van aardbeien in den winter. De planten bloeien rijker, vooral met Neonlicht en geven meer vruchten. Dit alles kan terug gevoerd worden op een vergroote koolzuurassimilatie.

Ten tweede zou men uit de proef opmaken, dat met succes geringere intensiteiten te gebruiken zijn. In het volgende seizoen zal dit nauwkeurig onderzocht worden. Een belangrijke vermindering van het stroomverbruik zou daarvan het gevolg zijn. Dit nu is het punt waar vrijwel alles om draait, de eerste voorwaarde om te kunnen komen tot een praktische toepassing. Kan men n.l. het stroomverbruik met succes van 375 Watt per M². terug brengen op b.v. 75 Watt, dan zou dit een groot voordeel beteekenen.

Aan deze kwestie is nu reeds aandacht besteed en de verwachting is, dat deze besparing bij Neonlicht zeer goed toe te passen is. Door de proeven in het volgende seizoen zal dit nader aangetoond moeten worden.

Het ligt in het voornemen de Neonbuis dan hooger op te hangen, waardoor een aanmerkelijk grooter oppervlak bestreken kan worden. Neemt men dit oppervlak 5 maal zoo groot, dan vermindert de verlichting van 5000 op gemiddeld 1000 Lux en daarmede het verbruik per vierkanten meter van 375 op 75 Watt.

Men dient de berekening van de rentabiliteit uit te voeren naar de kosten, welke per M². gemaakt worden. Deze berekeningen zijn over het algemeen nogal willekeurig, omdat zoowel de stroomprijs als de opbrengst aan de veiling plaatselijk zeer verschillend kunnen zijn. Hieronder volgt een berekening volgens de dit seizoen opgedane ervaringen.

Belicht werd 7 weken, dat is bijna 50 dagen, en per nacht 9 uur, dus totaal 450 uur. Per. M². is het verbruik 375 Watt, dus totaal 450 × 375 Watt, het stroomverbruik is dus 168,75 K.W.U. Dit kost tegen het hier geldende tarief van 9 cent f 15,19 per M².

Per M². stonden er 25 aardbeienplanten, welke gemiddeld 5 vruchten per plant opleverden, dus 125 aardbeien per M². De aardbeien hebben in dit geval aan stroom dus ongeveer 12 cent per stuk gekost.

Het is duidelijk, dat men in de eerste plaats zal moeten zorgen de electriciteit te betrekken volgens een voordeeliger, z.g. nachtstroomtarief van b.v. 3 cent per K.W.U., de onkosten per aardbei worden dan 4 cent. Wanneer het nu bovendien gelukt het stroomverbruik tot op 1/5 te verminderen, op de wijze als hierboven is beschreven, dan kunnen de stroomonkosten zeker tot op 1 cent per aardbei gebracht worden.

Is dit punt bereikt, dan kan men waarschijnlijk aan praktische toepassing gaan denken.

Proef 4.

De proeven in de groote kas werden besloten met een experiment over de kunstlichtcultuur bij klimplanten. Tot nu toe was bij de lichtinstallaties alleen gewerkt met een betrekkelijk laag gewas, waarvoor het voldoende was wanneer men maar zorgde, dat het beplante grondoppervlak de juiste verlichting kreeg. De lampen konden daarom betrekkelijk laag opgehangen worden, alle licht werd op het tablet geworpen, hoogere gedeelten van de kas waren praktisch niet verlicht.

Moeilijker wordt het, wanneer men met dezelfde hulpmiddelen een hoog klimmend gewas, z. a. Lathyrus, met kunstlicht wil kweeken. In dat geval moet juist niet het grondoppervlak verlicht worden, maar wel het vertikale

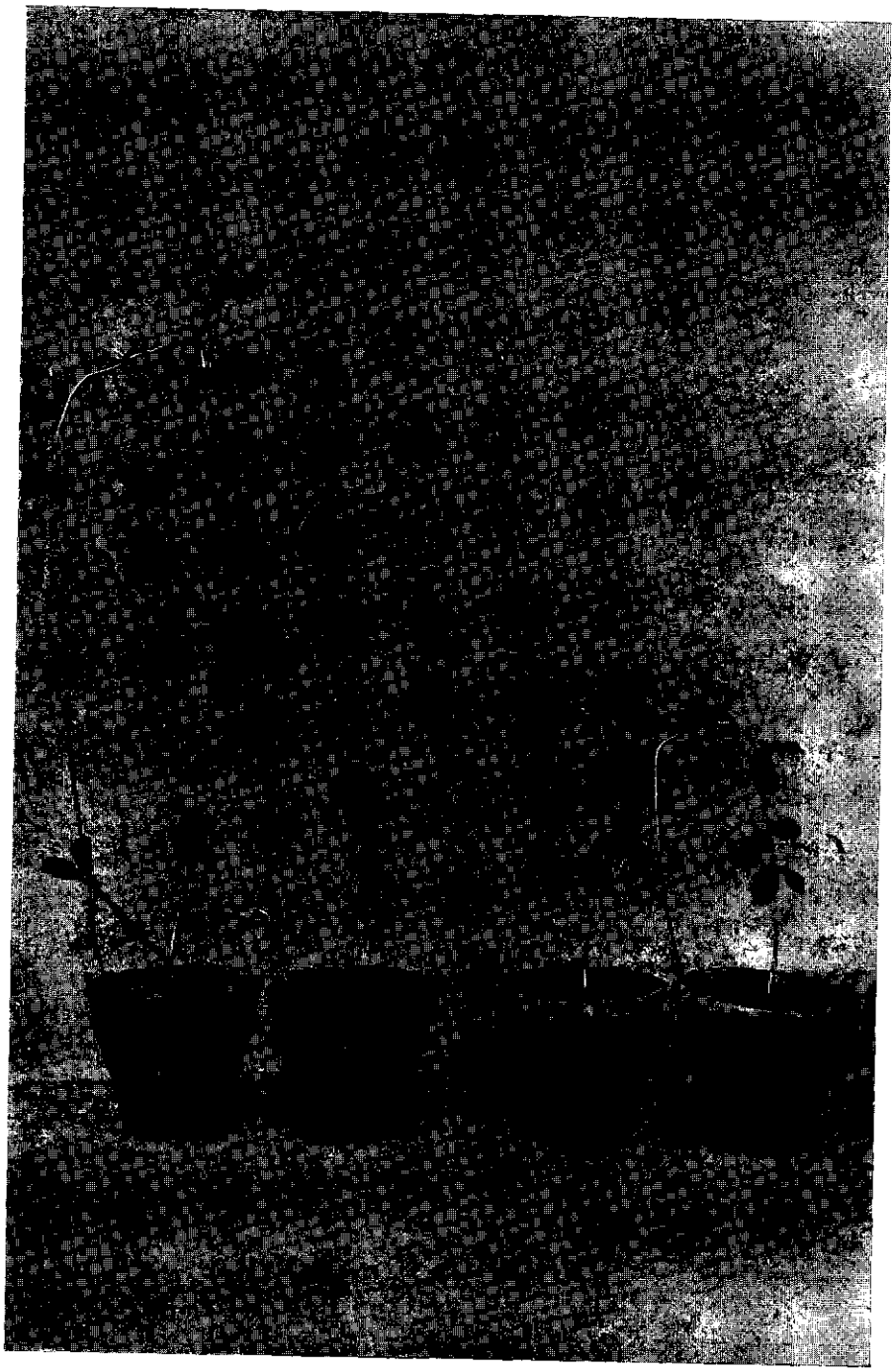


Fig. 17. Lathyrusplantjes links onder Neonlicht gekweekt, rechts onbelicht.
Sweet Peas, the two left plants treated with Neonlight.

Fig. 18. Belichting van Lathyrus, (de schakelklok is voor de photo op het tablet gezet).
Illumination of Sweet Peas.

vlak waarin deze planten (op één rij gezet) zich ontwikkelen. De verlichting kan dan van terzijde gegeven worden en moet daarbij gelijkmatig zijn in het vertikale vlak in plaats van in het horizontale, zooals bij de oude opstelling. Om dit te bereiken werd een lange gloeilampenreflector 90° om zijn lengteas gedraaid, opgehangen midden voor een te belichten hekwerk van ijzergaas. op ongeveer 50 c.M. afstand.

30 Januari werd Lathyrus uitgezaaid in een grooten bloempot met gewone bladaarde.

8 Februari waren de plantjes juist even boven den grond, waarop zij dadelijk overgezet werden, elk in een klein potje van ongeveer 5 c.M. binnenwijdte. De kiemplantjes konden daardoor zonder eenig wortelverlies voortgekweekt worden om later direct uit deze potjes op de plaats van bestemming uitgeplant te worden.

Een week later, 15 Febr., werden de potjes tusschen de aardbeien gezet onder het Neonlicht. Zoodoende werd van de Neonverlichting geprofiteerd om de kiemplantjes snel verder te kweeken. Ter vergelijking kwam ook een gedeelte op het contrôlevak te staan.

De belichte Lathyrus groeide aanmerkelijk weliger, na een week was er al een groot verschil in bladontwikkeling met de onbelichte. Na 14 dagen met Neonlicht behandeld te zijn, waren de plantjes zoo groot, dat hun stengel ver genoeg was om te gaan klimmen en bij gebrek aan steunsel op den grond ging liggen. Zij werden daarom tusschen de aardbeien weg gehaald en op 8 Maart met kluit en al uitgeplant op het zijtablet van de zelfde kas in zwaren, voedzamen grond en opgebonden aan het gaas. De plantjes uit het contrôlevak waren toen nog slechts klein (zie photo) en werden niet verder benut.

De Lathyrus kreeg nu nog een week tijd om in den nieuwen grond te wortelen, totdat op 13 Maart opnieuw een belichting werd gegeven aan de helft van de planten, zijnde 15 stuks, terwijl de andere 15, door een tusschenschot daarvan gescheiden, onbelicht bleven. De reflector was zoodanig opgehangen, dat de planten van terzijde ongeveer 5000 Lux ontvingen. Met het hooger worden van de planten werd ook de stand van den reflector gewijzigd. Helaas was er geen gelegenheid de contrôles van warmtestraling te voorzien. Het was echter in dit geval niet zoo'n bezwaar, omdat de kastemperatuur toch al hoog was en hier geen verwarming van den grond kon optreden door de zijdelingsche belichting. Bovendien was deze proef er in hoofdzaak op gericht, na te gaan hoe de belichting van klimplanten het best uitgevoerd kan worden.

Belicht werd van 22 uur tot den volgenden morgen 7 uur, dus weer 9 uur per etmaal. Al vrij gauw werd er verschil merkbaar: de belichte planten ontwikkelden zich krachtiger, met flinker blad en dikker stengels. De belichting werd een maand lang voortgezet en op 13 April beëindigd. De eerste Lathyrusbloem opende zich toen op het belichte gedeelte. Het aantal bloemen, dat zich nu aan beide zijden ontwikkelde werd nagegaan en volgt in onderstaande tabel.

AANTAL LATHYRUS BLOEMSTENGELS.

Afgesneden op:	Belicht (15 planten).	Onbelicht (15 planten).
22 April.	20	4
1 Mei	32	32
13 Mei	70	51
Totaal op 13 Mei . . .	122	87

Er was dus nog een belangrijke voorsprong verkregen op de contrôleplanten, terwijl ook het totaal aantal bloemen grooter was. Wel duidelijk blijkt dus, dat de Lathyrus zeer dankbaar is voor een kunstmatige belichting, want zelfs bij deze proef, welke pas laat in het voorjaar uitgevoerd werd in een periode van veel zonnige dagen, was het effect van een grooter aantal uren licht per etmaal niet onbelangrijk.

Het verschil moet n.l. grootendeels worden toegeschreven aan de extra hoeveelheid licht en niet aan de meerdere warmtestraling, want de forschere stengels toonen duidelijk een verhoogde productie van koolhydraten, waarop ook de rijkere ontwikkeling van bloemen wijst.

De conclusie uit deze dubbele Lathyrusproef moet dus luiden, dat het kweeken van Lathyrus met kunstlicht zeer goed uit te voeren is. Een meer economische verlichting zal ook hier beproefd moeten worden.

Gemakkelijk uitvoerbaar is het voorkweeken van de kiemplanten met Neonlicht op een klein oppervlak, of op een reeds voor een ander doel verlicht vak tusschen groote planten in, ter intensiever gebruik van het daar gegeven kunstlicht.

B. IN DE KLEINE KAS.

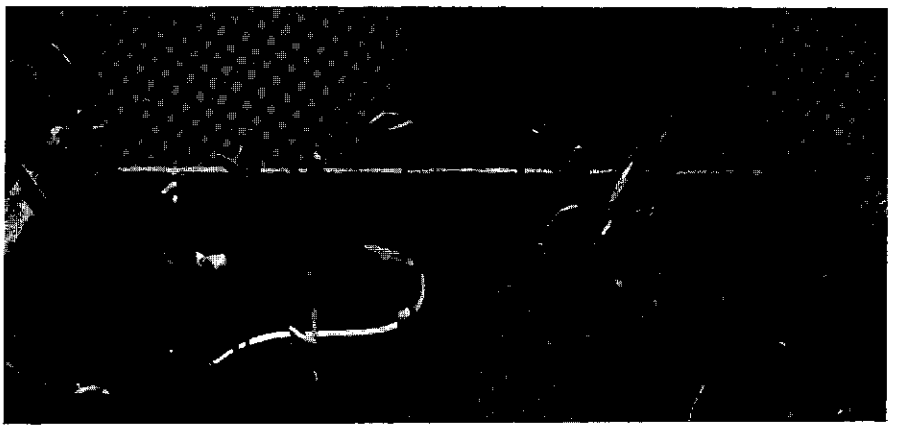
KIEMPROEVEN.

Het vorig jaar was gebleken, dat de temperatuur onder een belichting met gloeilampen belangrijk kan stijgen. Een temperatuursverhooging van 10° C. werd daarbij gemakkelijk bereikt, zoodat uitgaande van een kastemperatuur van 20° C. al gauw 30° C. bereikt werd. Een temperatuur dus, die in veel gevallen te hoog is, maar b.v. voor komkommers bijzonder geschikt. In het vorig seizoen werd het komkommerzaad eerst gekiemd om pas tot belichting over te gaan, wanneer de plantjes zich boven den grond vertoonden. Vóór dien tijd was er geen licht noodig.

Thans werd een proef op andere wijze ingericht en werd de gloeilampenverlichting reeds ingeschakeld, direct nadat de kistjes met komkommer bezaaid waren. Zoodoende kon de warmte van de gloeilampen meteen gebruikt worden om het zaad op de gewenschte kiemtemperatuur te brengen en ontvingen de jonge plantjes direct bij het boven den grond komen rijkelijk licht om chlorophyl te vormen en zich verder te ontwikkelen.

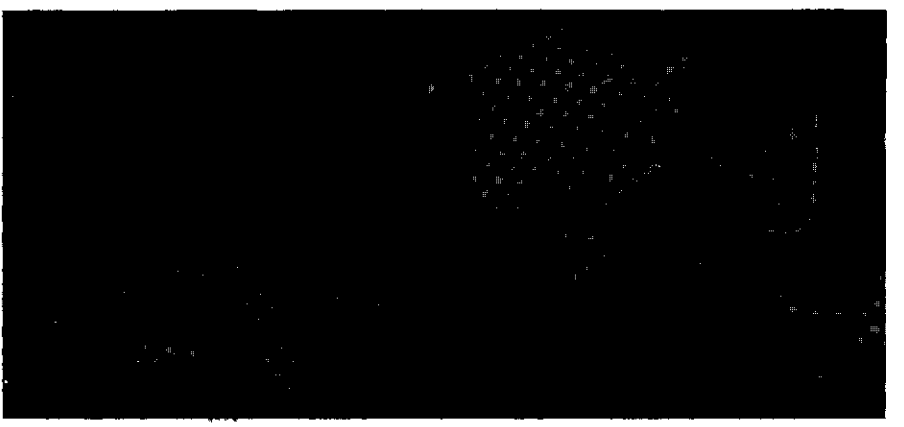
Een hoeveelheid zaad van de groene bakkomkommer werd op 3 December 1929 uitgezaaid in ondiepe kistjes met bladgrond en geplaatst in een

KOMKOMMERKIEMPROEF NA 8 DAGEN.
CUCUMBER SEEDLINGS AFTER 8 DAYS.



Zonder extra verwarming. Without additional heating.

Met warmtestraling. With heat radiation.



Met gloeilampenlicht. With incandescentlight.

Fig. 19.

proefkastje, dat door lage, eternieten tusschenschotten, verdeeld was in drie vakjes. Boven het eerste hing een reflector N. R. 45 met een lamp van 200 Watt, boven het tweede een dito reflector met een gewijzigd straalkachelelement, waarmee dezelfde warmtestraling werd gegeven als van de gloeilamp. Het derde vakje bleef geheel onbehandeld. In de behandelde gedeelten werd de helft van het bezaaide oppervlak met een glasruit afgedekt.

4 December, om 11 uur, werd de electrische stroom ingeschakeld voor een continue behandeling, dus gedurende de volle 24 uur. De temperatuur op de behandelde vakken steeg geleidelijk aan tot 32° C. bij een kastemperatuur van 22° C.

5 December bleek, dat de niet door glas bedekte gedeelten begonnen uit te drogen, deze werden daarom begoten. Onder het glas bleef de grond goed vochtig. Twee dagen na het begin van de belichting, op 6 Dec., kwamen de plantjes reeds op en wel het snelste onder het glas. In het geheel onbehandelde vakje kwam nog niets op, daar was de temperatuur belangrijk lager. Onder het glas bleek de temperatuur het hoogste te worden, net als onder broeiramen bij zonneschijn. De warmte van de bestraling afkomstig, hoopte zich onder het glas op. De kieming verliep daar dan ook zeer snel, zoodat het glas hooger gezet moest worden, daar de komkommers met haar kiemblad er tegen aan kwamen. In het gloeilampenlicht ontwikkelden zich de mooiste planten en vooral onder het glas. Het kiemblad ontwikkelde zich snel, was groot, donkergroen en breed uitgespreid, ook de stengels waren groen. Met enkel warmtestraling groeiden de planten wel vlug in de lengte, maar het blad ontwikkelde zich nauwelijks, bleef klein en samengevouwen, de stengeltjes werden langer als bij de belichten en bleven bleek.

Van het behandelde zaad kiemde vrijwel alles, in het onbehandelde vakje bleef de kieming vele dagen achter en brachten slechts enkele zaden het tot een behoorlijke ontwikkeling, terwijl een groot gedeelte heelemaal niet kiemde. Dit komt, omdat dit zaad bij gewone kastemperatuur moest kiemen. De bestraling werd nog 8 dagen volgehouden, de stengels waren toen echter zeer lang geworden. De belichte planten maakten al nieuw blad, de onbelichte niet. Het goede stadium voor verspenen was nu al lang voorbij. Men dient dus de behandeling te staken, zoodra de plantjes hiervoor ver genoeg zijn.

Uit deze proef blijkt duidelijk, dat een continue gloeilampenbelichting zeer geschikt is om komkommerzaad snel, in 3 dagen, tot ontkieming te brengen en daarbij flinke, donkergroene kiemplanten te verkrijgen.

Deze methode werd daarom dadelijk door mij zelf toegepast voor het opkweeken van komkommerplantjes, welke noodig waren voor proeven met Neonlicht. Het proefkastje moest toen voor een ander doel gebruikt worden, daarom werd een nieuwe opstelling gemaakt. In een kistje van 30 bij 50 c.M. met vochtig turfmolm, werden twee vierkante kiemschotels met komkommerzaad gezet, afgedekt met een glasruit en daar boven op, steunend op twee latjes, een langwerpige reflector met twee gloeilampen van 75 Watt. Deze behandeling bleek al te krachtig te zijn. Het zaad kiemde bij deze primitieve opstelling alleen aan de randen van de bakjes, in het midden werd de temperatuur blijkbaar te hoog en kwam er van het zaad niets terecht. De reflector werd daarom een tweeden keer iets hooger boven het glas opgehangen, aan de zijkanten werden rechtopstaande eterniet platen opgericht. Nu was de

temperatuur goed onder het glas en werden er goede kiemplanten verkregen, welke voor verdere proeven in bloempotjes overgezet werden. Toch bevredigde deze primitieve opstelling niet. De licht- en warmteverdeeling was nog niet gelijkmatig genoeg en door den vrijen ophanging van den reflector ging veel warmte onbenut verloren, waardoor een onvoordeelige verlichting aangebracht moest worden. In het proefkastje was dit niet het geval, daar werd de warmte meer bij elkaar gehouden in de besloten ruimte.

Kiemkast.

Daarom werd nu een speciaal kiemkastje, hoog 66 c.M., van hout vervaardigd, waarin op den bodem, 30 bij 50 c.M., een dergelijk kistje met turfmolm en glasruit precies paste. Binnen tegen het bovenvlak was een gewone spiegel bevestigd, waar middenop één fitting met gloeilamp aangebracht was. De vertikale wanden werden van binnen wit geverfd, evenals de klep, die tot afsluiting diende. Hiermee was het gebruik van de gloeilampenwarmte tot een maximum opgevoerd, zoowel omdat alle warmte zooveel mogelijk binnen het kastje gehouden werd, als door de vrijwel volledige terugkaatsing van de bovenwaartsche straling door den spiegel. Het was dan ook voldoende om slechts één gloeilamp van 75 Watt te gebruiken, waarmee een verlichting van ongeveer 5000 H. Lux bereikt werd, hetgeen ruim voldoende is. De temperatuursverhooging was weer gemiddeld 10° C. Het stroomverbruik was dus al tot op de helft teruggebracht.

Met deze kiemkast werden nu vele malen komkommerzaden tot kieming gebracht, steeds met hetzelfde goede resultaat.

Ook andere planten werden hierin uitgezaaid. Zoo werden 30 Jan. 1930 vier bloempotten, gevuld met bladgrond, voorzien van zaad van Ricinus, Oost-Indische kers, Lathyrus en komkommer, in den turfmolm van het kistje ingegraven, met de glasruit afgedekt en bestraald.

Een overeenkomstig stel potten werd ook in een kistje met turfmolm gewoon in de kas gezet boven verwarmingsbuizen. In de kiemkast was de komkommer na 3 dagen en de Ricinus in 5 dagen boven den grond. Ook enkele Oost-Indische kersplantjes kwamen op. Hiervan was de kieming overigens matig. Van de Lathyrus kwam ongeveer niets terecht. Voor deze was de temperatuur blijkbaar te hoog, want gewoon in de kas verliep de kieming gunstiger. De Ricinus ontwikkelde zich aanmerkelijk sneller in de kiemkast, voor dergelijke tropische zaden is dus deze eenvoudige methode om in een kleine ruimte een hooge temperatuur te bereiken, zeer geschikt.

De kieming van Ricinus werd op 14 Maart nog een keer herhaald met drie verschillende variëteiten, n.l. 2 groene en 1 roodbladige. Deze kiemden alle even snel. Na 4 dagen, 18 Maart, kwamen ze reeds op. Toen zij goed boven den grond waren, werden ze spoedig elk apart in potjes met voedzamen, kleihoudenden grond gezet en verder in de kas opgekweekt om ten slotte half Mei buiten uitgeplant te worden. Er werden goede Ricinusplanten van verkregen.

Gelijktijdig waren in de kiemkast 2 potjes, elk met 30 komkommerzaden gezet, waarvan één met scherp zand en de ander met bladaarde.

Deze vergelijking werd uitgevoerd, omdat in de praktijk komkommerzaad

in schoon rivierzand wordt gekiemd. Men beoogt hiermee het verkrijgen van zuiverder kiemplanten.

Het bleek evenwel, dat er nog een heel ander verschil tot uiting kwam. In de bladaarde werden de plantjes hetzelfde als alle vorige malen, stengel en blad groeiden zeer snel. In het rivierzand bleven de stengeltjes korter en het blad veel kleiner. Ook waren de wortels korter. De geheele plant bleef dus meer gedrongen, wat zeker geen slechte eigenschap te noemen is.

Hiermede is dus meteen het middel gevonden om te lang uitgroeien („etioleeren") in dergelijke gevallen te voorkomen.

Een andere kwestie is de oorzaak van het verschijnsel, die niet zoo dadelijk vast te stellen valt. In de eerste plaats bevat het rivierzand zeer weinig voedingszouten, het houdt minder goed water vast en bevat geen humusstoffen in tegenstelling met den bladgrond. In de tweede plaats neemt de zwarte bladaarde beter de warmtestraling op als het lichtgekleurde zand. Het is dus mogelijk, dat er in de nabijheid van het zaad een iets minder hooge temperatuur optreedt in scherp zand. Overigens zijn de omstandigheden waaronder gekiemd wordt, volkomen gelijk, onder de glasruit is de lucht zeer vochtig en de temperatuur rondom beide potjes is dezelfde.

De goede resultaten met de kiemproeven bij komkommerzaad verkregen, waren aanleiding, dat mij verzocht werd de benoodigde komkommer- en meloenplanten voor de bakken en warenhuizen van het laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt in de kiemkast op te kweeken.

Vooraf werd daarom eerst nog een proefzaaiïng uitgevoerd met zaad van den suikermeloen, evenals van de groene bak- en „halflange witte" komkommer. Dit om uit te maken of andere komkommervariëteiten en ook meloen dezelfde resultaten opleverden bij de tot nu toe gebruikte temperatuur voor de groene komkommer.

Gekiemd werd op 27 Maart '30, in een kistje met scherp zand, in 3 gelijke partijtjes. In 3 dagen kwamen de plantjes boven en na 4 dagen, op 31 Maart, waren ze geheel gestrekt.

De groene komkommer werd inderdaad het beste, maar het bleek, dat hiervan het zaad de grootste kiemkracht had. Van den suikermeloen kwamen daardoor te weinig planten op, maar die, welke zich ontwikkelden, waren goed. Alle planten, zoowel meloen als komkommer, kregen weer het gedrongen uiterlijk tengevolge van het zaaien in rivierzand. Ze waren goed voor verdere cultuur geschikt.

Voor de grootere hoeveelheid zaad, welke voor den proeftuin behandeld moest worden, was uitbreiding van de kiemruimte noodig.

Nadat was gebleken, dat de kiemkast goed geconstrueerd was, had men volgens hetzelfde principe te Eindhoven reeds een kiemkast vervaardigd, opgebouwd uit eternietplaten, welke gevat zijn in ijzeren lijsten. De hoogte is hetzelfde (60 c.M.), het grondvlak 50 c.M. in het vierkant. De binnenwanden zijn wederom witgeverfd, de bodem bestaat uit een rooster van geperforeerd plaatijzer, waardoor het overtollige gietwater kan wegloopen. De bovenkant van de kast is afgedekt met een vlakken spiegel, waarin in het midden een opening is gelaten, daaroverheen ligt een plaat eterniet, waarop de fitting voor de gloeilamp is gemonteerd, welke door de opening van den

spiegel naar binnen uitsteekt. De kast kan geopend worden door middel van een schuif.

In de kast komt een precies passende kist met vochtig turfmolm, waarop een glasruit gelegd wordt van dezelfde grootte. Deze ruit kan bij het groeien van de planten door middel van ijzeren richels op verschillende hoogten aangebracht worden.

De eternieten wanden vormen een geschikt materiaal voor warmte-isolatie en maken de kiemkast meteen brandvrij.

Inmiddels was ook nog uit bezorgdheid voor te weinig ruimte, een hulpkiemkast vervaardigd uit primitieve onderdeelen, met als reflector een gebogen, witgeverfde zinkplaat. Dit exemplaar voldeed echter slecht en het bleek duidelijk, dat het systeem met den vlakken spiegel het beste was om ten volle te profiteeren van licht en warmte der gloeilamp. De verlichting van 5000 H. Lux werd bij lange na niet bereikt, bij eenzelfde Wattverbruik per M².

Op 1 April werden de drie genoemde kiemkasten gelijktijdig in gebruik genomen.

De bezaaide bakjes waren op den proeftuin in orde gemaakt. In de eternieten kiemkast kwam het meloenzaad onder een lamp van 100 Watt waardoor de temperatuur iets hooger genomen werd, n.l. tusschen 35 en 40° C. In de oude kiemkast kwam een bakje komkommer op de gewone wijze onder 75 Watt (temp. ongeveer 35° C.), ten slotte in de hulpkiemkast twee kistjes komkommer onder 125 Watt, n.l. 5 lampjes van 25 Watt. Ook hierin was de temperatuur hoog, tot ongeveer 40° C.

Het meloenzaad kiemde uitstekend, evenals de komkommer in de oude kiemkast. Helaas echter mislukte het zaaisel in de hulpkast, daar waren de kistjes betrekkelijk dicht onder de rij kleine lampen gezet, waardoor plaatselijk de temperatuur te hoog opliep, meer speciaal omdat de kasttemperatuur door het zonnige weer boven het normale kwam. Het resultaat was, dat in het midden niets opkwam en alleen langs de randen nog komkommerplantjes verkregen werden. Daar was dus blijkbaar de temperatuur nog juist beneden het maximum gebleven. Direct onder de lampen was het zaad „verbrand".

Het is dus wel duidelijk, dat alleen een goed geconstrueerde kiemkast bruikbaar is, welke zoodanig gemaakt is, dat het kiemende zaad op een behoorlijken afstand van de gloeilamp geplaatst kan worden, zoodat licht- en warmteverdeeling voldoende gelijkmatig zijn.

De sterkte van de gloeilamp moet zoo gekozen worden, dat er nog voldoende speling is voor temperatuurwisselingen. Nu is wel een kas niet de allerbeste plaats van opstelling. Wil men bij constanter temperatuur werken, dan zal opstelling op een goed gekozen plaats in huis verkieselijker zijn. Nu zou men de kiemkast nog kunnen voorzien van een thermoregulateur, maar noodig is dit niet. Wanneer de temperatuur van de omgeving niet te sterk schommelt, is de warmtegraad binnen de kast tamelijk constant. Al naar de omstandigheden kan men de gewenschte temperatuur verkrijgen door een sterkere of zwakkere gloeilamp te gebruiken. Regeling door luchten van de kast is niet aan te bevelen, daar dan plaatselijk afkoeling en eventueel uitdroging optreedt, hetgeen ongelijkmatige kieming geeft. De temperatuur

moet gecontrôleerd worden onder de glasruit, zoo dicht mogelijk bij het zaad, zonder dat de thermometer het glas raakt.

Uitgaande van de normale kamertemperatuur van 18° C. of van de gemiddelde kastemperatuur van 20° C. is in de eternieten kiemkast noodig een lamp van 75 of van 100 Watt, om gemiddeld 35° C. te bereiken.

8 April werd in de beide goede kiemkasten van hetzelfde komkommerzaad, waarvan de vorige maal een gedeelte mislukt was, een nieuw zaaisel gekiemd, thans met volkomen succes. In allebei werd een gloeilamp van 75 Watt gebruikt, zoodat een gelijke temperatuur verkregen werd. In de eene kast waren de kiemschotels reeds den vorigen middag bezaaid en van water voorzien, in de andere kast pas den morgen waarop de belichting begon. 's Ochtends om 10 uur werden de lampen ingeschakeld. Het verschil in voorbehandeling kwam duidelijk tot uiting. Het zaad, dat ruim een halven dag vooruit vochtig gemaakt was, kiemde ook evenveel vroeger, dan de direct op temperatuur gebrachte partij. Daarmee is dus alweer een halven dag gloeilampenlicht bespaard en het blijkt, dat voor een goede wateropname door het droge zaad nog geen hooge temperatuur noodig is. Deze ervaring was trouwens reeds door mij opgedaan, echter nog niet zoo duidelijk gedemonstreerd.

De benoodigde stroom voor een kieming van een partij komkommerzaad in 3 dagen, bedraagt voor één kiemkast met gloeilamp van 75 Watt 3 × 24 × 0,75 K.W.U. = 5,4 K.W.U.

Daar komkommer dicht gezaaid kan worden, omdat de verspening toch direct moet volgen, kan men hiermede een groote hoeveelheid zaad (eenige honderden) tot kieming brengen. In de eternieten kiemkast passen precies 4 aarden kiemschotels van 25 c.M. in het vierkant.

VERDERE KWEEKPROEVEN.

Komkommers.

Een aantal komkommerplanten, volgens de nieuwe kiemmethode verkregen, werd 28 Januari '30 in drie partijtjes verdeeld, teneinde verschillend belicht te worden in de kleine proefkastjes.

De eerste partij kwam onder *Neon*licht (hoogspanning), de tweede partij onder *kwik*licht (groote laagspanningsbuis), de derde partij bleef onbelicht.

De plantjes stonden elk afzonderlijk in potjes met bladaarde, geplaatst in kistjes met vochtig turfmolm. Belicht werd 9 uur per etmaal.

De bladontwikkeling onder Neon was weer bijzonder sterk. In een week tijd was het verschil duidelijk te zien. Het nieuwe blad ontwikkelde zich veel sneller dan bij de onbelichten en werd bovendien aanmerkelijk grooter van oppervlak.

Onder het kwiklicht was er geen verschil in bladontwikkeling met de contrôles op te merken. Later bleek de remmende werking van het kwiklicht de planten korter te houden, terwijl de contrôleplanten lang en dun uitgroeiden. Toch was dit geen geschikte verlichting voor komkommers, de bladontwikkeling werd er nauwelijks door bevorderd.

Anders was het met het Neonlicht gesteld, waaronder de planten, behalve veel blad ook dikke, stevige stengels kregen, welke goed rechtop stonden en

niet abnormaal lang werden. Ook ontwikkelde zich een grooter hoeveelheid wortels, hetgeen bleek toen de planten na een maand opgeruimd werden. Er had zich ook een bloem gevormd, terwijl de contrôleplanten toen dunne, liggende stengels, zonder bloem en weinig wortels hadden.

Het blijkt dus, dat het Neonlicht de beste resultaten oplevert en zeer geschikt is voor het verder kweeken van jonge komkommerplanten.

De planten afkomstig uit de kiemkast kunnen in den tijd, dat ze nog weinig ruimte innemen, in groot aantal bijeen op een beperkt oppervlak onder Neonlicht opgekweekt worden, totdat ze groot genoeg zijn om op de definitieve plaats in de komkommerkas uitgeplant te worden. Doet men dit in den donkersten wintertijd, dan komen de planten op haar plaats van bestemming, wanneer het zonlicht al meer kracht krijgt en de verdere cultuur dus zonder kunstmatige verlichting beëindigd kan worden.

Tomaten.

Op verzoek van Prof. SPRENGER werden met het oog op een kruising een aantal jonge tomatenplanten onder kunstlicht opgekweekt. De bedoeling was om in den winter reeds groote tomatenplanten te krijgen, deze te kruisen en van het verkregen zaad nog het zelfde jaar in den zomer voort te kweeken. Zoo zou dan een aanmerkelijke tijdsbesparing bereikt zijn.

Gebruikt werden in afzonderlijke potjes staande tomatenplantjes van de variëteiten Ailsa Graig en Nunhems export. Om zoo spoedig mogelijk groote planten te hebben, werd continu licht gegeven, d. w. z. gewoon daglicht en den geheelen nacht gloeilampenlicht van zonsondergang tot zonsopgang. Aangezien aan het Boyce Thompson Institute ondervonden was, dat 24 uur licht schadelijk werkte, werd slechts een geringe lichtintensiteit gegeven, n.l. ongeveer 1500 H. Lux (van een 75 Wattlampje in N. R. 45 reflector) in de verwachting, dat de schadelijke werking meer het gevolg geweest zou zijn van de buitengewoon sterke verlichting, welke men in Amerika gebruikt had.

Aanvankelijk groeiden de planten zeer goed en maakten ze veel blad, tot dat op een punt in de ontwikkeling, toen de plantjes ongeveer 2 maal zoo groot waren geworden, op de bladen gele vlekjes verschenen, welke in grootte en aantal toenamen. Het eindresultaat was, dat de veldjes tusschen de nerven geheel geel waren en begonnen in te sterven, langs de nerven bleef het blad groen. De helft van de planten werd daarom onder de verlichting weg gehaald en op een andere plaats in de kas gezet om gelegenheid te geven tot herstel. De doorbelichte planten werden steeds zieker. Hier en daar werd het blad geheel geel en viel af. De planten groeiden nog sterk in de lengte, maar werden dun en onstevig.

Geconstateerd werd, dat de wortelontwikkeling van deze planten minder sterk was dan die van een partijtje geheel onbelichte planten. De zieke exemplaren, welke niet meer belicht werden, bleven langen tijd in denzelfden toestand, maakten er echter nieuwe wortels bij en vormden daarna ook gezond blad. Later leverden deze nog bruikbare planten.

Verondersteld werd nu, dat de overwegende warmtestraling van gloeilampenlicht mogelijk schuldig was aan de beschadiging. Daarom werd een aantal tot nu toe onbelichte tomaten onder Neonlicht gebracht, ook weer

NEONLICHT.

NEONLIGHT.

Fig. 20.

Komkommers, links Neonlicht, rechts onbelicht.

Cucumbers check plant on the right.

NEONLICHT.

NEONLIGHT.

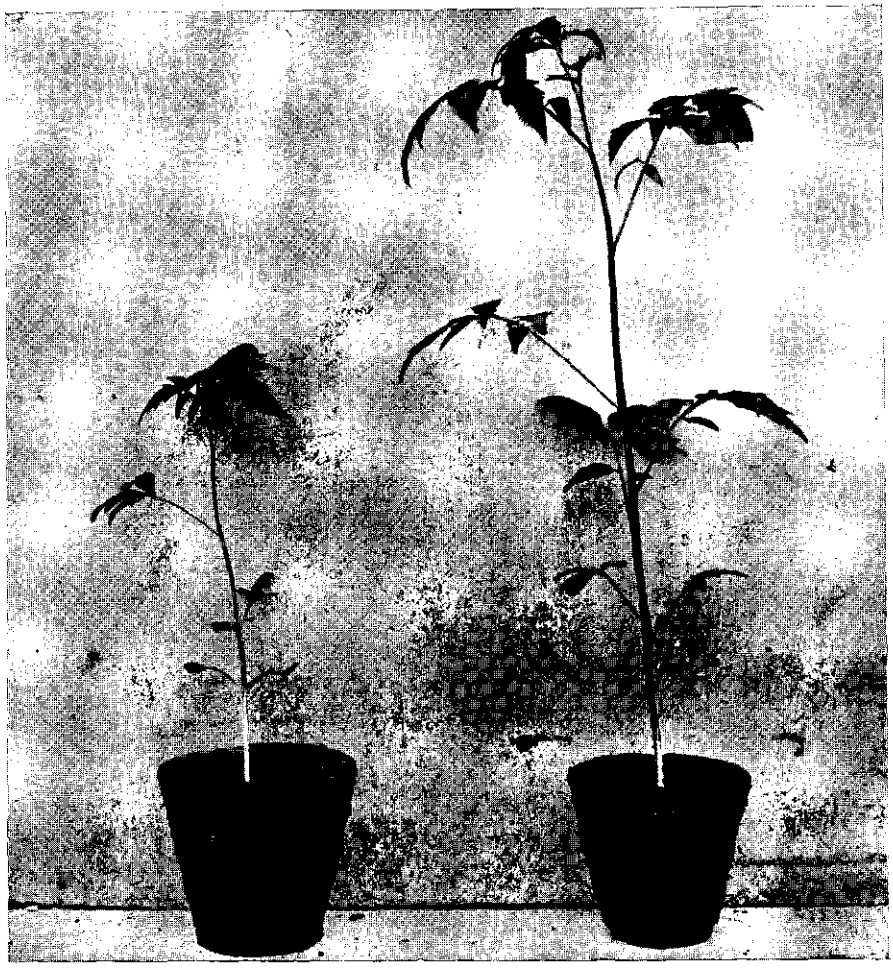


Fig. 21.

Tomaten, links onbelicht, rechts met Neonlicht.

Tomatoes, check plant on the left.

met een belichting gedurende den geheelen nacht. Hier was de ontwikkeling zeer voorspoedig, maar ook onder het Neonlicht verschenen na eenigen tijd de gele vlekjes tusschen de nerven van de bladen.

Men zou nu geneigd zijn te denken, dat een overmatige koolzuurassimilatie de inwendige oorzaak van de kwaal was. Echter bestond nog de mogelijkheid, dat in al deze gevallen, de transpiratie van de planten te sterk was door het dag en nacht open staan van de huidmondjes. Al deze plantjes groeiden ook te veel in de lengte, waren, ondanks 24 uur licht, in zekeren zin geëtioleerd.

Deze gezichtspunten brachten mij er toe de ontwikkeling van tomatenplanten onder kwiklicht na te gaan. Dit zou den abnormalen lengtegroei kunnen remmen en mogelijk ook de transpiratie beperken.

Een stel speciaal daarvoor gekweekte tomaten in potjes, werd gebracht onder de schuin opgehangen laagspanningskwikbuis, waarmede dus meteen verschillende intensiteiten met elkaar vergeleken konden worden. De belichting begon voor zonsondergang en eindigde na zonsopgang.

7 Maart werd hiermee begonnen van 17 tot 7 uur. De planten ontwikkelden zich goed en zagen er beter uit dan de onbelichte contrôles. Aanvankelijk waren er geen vlekken op de bladen te zien. Eerst na lang voortgezette behandeling kregen eenige tomaten gele vlekjes op een enkel blad. De belichting werd volgehouden tot 4 April, dus 4 weken. De planten werden toen te groot om bij deze opstelling verder belicht te worden. In de dagen hierop volgend groeiden de tomaten opvallend snel in de lengte, duidelijk het gevolg van het thans ontbreken der remmende werking van het kwiklicht.

9 April werden alle planten opgeruimd, nadat zij stuk voor stuk zorgvuldig gecontrôleerd waren op het al of niet aanwezig zijn van gele vlekjes op het blad. Het bleek nu dat de planten, welke de sterkste belichting hadden ontvangen, deze gele vlekjes vertoonden, de zwakker belichte tomaten waren geheel vrij van vlekjes tusschen de nerven.

Het schijnt dus toch wel mogelijk te zijn tomaten 24 uur licht te geven zonder deze te beschadigen, wanneer maar in de eerste plaats gezorgd wordt voor de toediening van een geschikte lichtsoort en tevens de intensiteit niet te hoog genomen wordt.

Deze kwestie heeft ondertusschen meer theoretisch belang. Bij de toepassing van kunstlicht zal men uit zuinigheidsoverwegingen geen 24 uur licht willen geven. Toch is het van belang den juisten oorzaak van dit ziekteverschijnsel nader op te sporen, daar het een dieper inzicht kan geven in de physiologische werkingen van het kunstlicht.

De tomaat is de eenige plant waarbij ooit dit verschijnsel is geconstateerd. Zij moet dus wel afwijkende physiologische eigenschappen bezitten, want tal van planten van zeer uiteenloopend karakter verdragen heel goed een cultuur in 24 uur kunstlicht.

Tulpen.

Het karakter der bolgewassen, welke voor de trekkerij gebruikt worden, z. a. hyacinthen en tulpen, brengt met zich mede, dat deze weinig in aanmerking komen voor kunstlichtcultuur. Men neemt voor het trekken zware bollen, welke dus over een grooten voorraad reservevoedsel beschikken, vol-

doende om de plant volledig in bloei te kunnen trekken. Het is dus niet noodig de planten extra te belichten om de hoeveelheid koolhydraten te verhoogen. Na den bloei werpt men den bol gewoonlijk weg, deze mag dus gerust geheel opgeteerd worden.

In de tweede plaats is in den bol de bloem in aanleg al kant en klaar aanwezig op het moment, dat men met trekken begint. Voor de vorming van bloemen is dus evenmin kunstlicht noodig.

Toch vindt men dikwijls in de litteratuur opgegeven, dat de bloei, b.v. van hyacinthen, door gloeilampenlicht bevorderd wordt. Dit berust op een onjuiste voorstelling van zaken, waarbij de temperatuursverhooging door de warmtestraling der gloeilampen over het hoofd gezien wordt en de begrippen bloem-aanleg en bloem-ontplooiing door onkunde met elkaar verward worden.

Met slechts één oogmerk zou men hier ten slotte kunstlicht kunnen gebruiken, n.l. uit aesthetische overwegingen om het getrokken uiterlijk van blad en bloem te verbeteren. Een tot dit doel gegeven behandeling werd reeds bij de Convallaria's beschreven. Thans werd ook nagegaan of bij in den winter getrokken tulpen hiermee eenig succes te bereiken viel. Ten overvloede werd tegelijk nog eens gecontrôleerd of misschien de ultra-roode warmtestraling soms nog een sneller trekken mogelijk maakte dan een overeenkomstige luchtverwarming.

Begonnen werd met een aantal *Darwintulpen*, var. *Copland*, waarvan ter beschikking stonden twee kistjes elk met 20 bollen, welke tot begin Januari buiten in den grond ingegraven waren geweest. Ze werden toen in de kas gebracht en langzaam in bloei getrokken bij matige temperatuur. Het blad kleurde zich onder deze omstandigheden reeds goed groen. Kort voordat de bloemen zouden opengaan, werd één kistje onder het Neonlicht (hoogspanning) gebracht, het andere kwam onder overigens dezelfde omstandigheden in het onverlichte proefkastje.

Van 20 tot en met 23 Januari werd belicht, $7^1/_2$ uur per dag, n.l. van 9.30 tot 17 uur, waarin de temperatuur gemiddeld 21° C. bedroeg. In deze 4 dagen kwamen de tulpen volledig in bloei, ze vertoonden weinig verschil. De belichten waren steviger, hadden iets groener blad en de bloemen leken wat donkerder van tint.

Nu waren deze verschillen niet groot genoeg om een behandeling met kunstlicht te rechtvaardigen. Dit vondt zijn oorzaak in het feit, dat de tulpen slechts langzaam geforceerd waren en daardoor niet zóó bleekgroen waren geworden als men kan waarnemen bij zeer snel getrokken tulpen. Dit laatste wordt juist veel in de praktijk gedaan, om in zoo kort mogelijken tijd zooveel mogelijk in bloei te krijgen. Men houdt de bollen dan betrekkelijk lang in het donker waardoor ze het snelst groeien. In het daglicht gebracht en vlug in bloei getrokken bij hooge temperatuur heeft het blad niet voldoende gelegenheid om groen te worden. Onder deze omstandigheden zou kunstlicht meer effect kunnen hebben.

Vervolgens werden proeven gedaan met *Enkele Vroege Tulpen*. In de eerste plaats van de var. *Artis*, waarmede 5 kistjes, elk met 18 bollen beplant waren. Drie daarvan kwamen in een kastje, waar het daglicht geheel buiten gesloten was en de verlichting uitsluitend uit gloeilampen bestond. Dit werd zoo gedaan in verband met een in Zweden gevolgde methode, waarbij bloem-

bollen in enkel kunstlicht geforceerd worden in geheel afgesloten ruimten om de warmte van de lampen zooveel mogelijk bijeen te houden en te gebruiken.

De lampen waren zoodanig aangebracht, dat elk kistje een verschillende verlichting ontving, maar dezelfde warmtestraling. In N. R. 45 reflectors hingen boven de drie kistjes resp. een lamp van 200 Watt, die een verlichting gaf van 7500 H. Lux, een van 100 Watt, die een verlichting gaf van 5000 H. Lux, en een van 75 Watt, die een verlichting gaf van 2500 H. Lux.

Zoo werd een afnemende verlichting van rechts naar links in het kastje verkregen. Tusschen de lampen van 100 en 75 Watt hing een straalkachelelement van 250 Watt, zoodanig, dat de temperatuursverschillen tusschen de drie intensiteiten opgeheven werden.

Belicht werd weer alleen overdag gedurende 7 uur. In dien tijd was de temperatuur hoog, maar er was voor gezorgd, dat de gemiddelde temperatuur toch dezelfde was als in het contrôlekastje, waar een vierde kistje was neergezet. Het 5de kistje kwam tenslotte onder het Neonlicht te staan.

28 Januari begon de belichting en werd voortgezet tot 9 Febr., toen de tulpen volledig in bloei waren. De geheele trekkerij was dus binnen 14 dagen afgeloopen.

Alle partijtjes tulpen waren praktisch gelijktijdig in bloei, waaruit dus weer duidelijk blijkt, dat kunstmatige verlichting geen snellere forceering mogelijk maakt. Tenminste wanneer de rol, welke de temperatuursverhooging daarbij speelt, uitgeschakeld is.

Tusschen de 3 verschillende intensiteiten van gloeilampenlicht was geen merkbaar verschil. Overal werd het blad goed groen, de bloemkleur was normaal rood. Voor tulpen is dus 2500 H. Lux voldoende.

De bladkleur van de enkel met gloeilampen behandelde tulpen, welke dus absoluut geen daglicht ontvingen, was ongeveer gelijk aan die van de onbehandelde, welke uitsluitend daglicht kregen. Het winterlicht in de kas kon hier dus vervangen worden door 2500 H. Lux gloeilampenlicht.

Aanmerkelijk donkerder groen werd het blad onder het Neonlicht in vergelijking tot de contrôles. De chlorophylvorming in Neonlicht is dus zeer goed. De bloemkleur gaf geen verschil te zien.

Bij deze tulpenvariëteit heeft een kunstmatige belichting dus alleen beteekenis voor de chlorophylvorming en dan nog slechts onder die omstandigheden waarbij het blad niet voldoende gelegenheid heeft zich groen te kleuren. Sneller forceeren wordt alleen bereikt door temperatuursverhooging. Het gebruik van gloeilampen als warmtebron op grooter schaal is echter te kostbaar.

Een tweede variëteit van Enkele Vroege Tulpen, n.l. *de Prins van Oostenrijk*, werd vervolgens in bloei getrokken, weer 5 kistjes, elk met 18 bollen in bladgrond.

19 Februari werden de kistjes van buiten in de kas gebracht en geplaatst in het geheel donker gemaakt proefkastje. Geprobeerd werd deze tulpen met maximale snelheid te forceeren. Daarom bleven ze een week lang in het donker bij een vrij hooge kastemperatuur. De planten groeiden daardoor zeer snel in de lengte en bleven geel getint. Het was te voelen aan de spruiten, dat de bloemknop goed medegegroeid was, deze zat hoog tusschen het nog samengevouwen blad. Het trekken in het donker heeft ongeveer een dag te lang geduurd, verschillende stengels gingen overzij. Zij werden echter met

een stukje ijzerdraad weer rechtop gezet. De planten waren nu ongeveer 15 c.M. lang en werden op 26 Februari in behandeling genomen. Om zoo snel mogelijk het gewenschte resultaat te bereiken werd een continue belichting gegeven gedurende drie dagen, in welken tijd het blad groen gekleurd en de bloemen geopend werden. Het geheele forceeren nam dus slechts 10 dagen in beslag.

Twee kistjes kwamen onder gloeilampenlicht van 2 × 100 Watt (5000 H. Lux) zonder daglicht, één kistje kreeg Neonlicht + daglicht, twee kregen enkel daglicht.

Het resultaat was slechts matig. Het blad had voldoende tijd om groen te worden, maar de bloemen konden dit snelle tempo niet bijhouden. Deze bleven te kort, terwijl zoowel de goede vorm als de kleur niet geheel werden bereikt. De knop is n.l. bij deze tulp van binnen reeds oranje wanneer de buitenkant van de bloembladen nog groen is. Deze buitenkant had nu niet voldoende tijd om zich oranje te kleuren en bracht het niet verder dan tot een gele tint. Later, na de belichting, kwam dit nog wel wat bij.

Onder het gloeilampenlicht was de chlorophylvorming weer even groot als in enkel daglicht. Bij het Neonlicht werd een donkerder groen als bij de contrôles bereikt. Hier onder het Neonlicht was vooral goed te zien, dat de bloemen te gedrongen bleven, ze werden min of meer bolvormig, terwijl ze normaal ei-vormig moeten zijn. Er schijnt dus van het Neonlicht nog een geringe remmende werking uit te gaan, welke tot uiting komt bij continue behandeling en waardoor de bloembladen in hun strekkingsgroei belemmerd worden.

Gevonden werd, al was het resultaat nog niet fraai, dat een snelle manier om tulpen in bloei te krijgen is, deze zoo lang mogelijk in het donker te houden en ze dan rijkelijk van licht te voorzien. De vraag is nu nog op welke wijze deze behandeling uitgevoerd kan worden om ook volkomen fraai ontwikkelde tulpen te krijgen. De belichting zal dan waarschijnlijk intermitteerend moeten zijn om het trekproces zoo snel mogelijk te doen verloopen.

Voor het forceeren van bloembollen, z. a. de hier onderzochte tulpen, heeft een kunstmatige verlichting dus niet veel waarde. Men kan er de bladkleur mede verbeteren. Sneller in bloei trekken is er niet mee mogelijk, tenzij men vooraf een ongewoon lange behandeling in het donker toepast of de warmte van gloeilampen benut voor het bereiken van een hoogere temperatuur.

Convallaria's.

Dit tweede seizoen werden nogmaals Lelietjes van Dalen in bloei getrokken, thans voor behandeling met Neonlicht. Helaas was de kwaliteit van de bloeikiemen minder goed dan het vorige jaar, waarschijnlijk als gevolg van de ongunstige weersomstandigheden van het afgeloopen jaar. Ze lieten zich daardoor niet zoo gemakkelijk trekken.

De in November '29 opgepotte bloeikiemen, waarvan er telkens 8 in een potje gingen, werden bewaard in een koude bak in kistjes met vochtig turfmolm. Op 19 Februari werden de 6 kistjes, elk met 6 potjes, in de kas gebracht en bij ongeveer 25° C. in het donker in bloei getrokken.

10 Maart waren zij zoover, dat de eerste bloemen zich begonnen te openen. Op het eind van den dag werden twee kistjes uit het donker gehaald, waarvan één in het Neonkastje kwam te staan voor een belichting overdag van 7 tot 17 uur. Het andere bleef onbelicht. Vervolgens werd elken dag een nieuw kistje onder het Neonlicht gebracht, totdat er in het geheel 4 partijtjes belicht waren. De belichting werd 6 dagen voortgezet met 10 uur per dag. Het zesde kistje kwam den vierden dag ook uit het donker en bleef onbelicht.

Het resultaat was dus, dat de 4 kistjes onder het Neonlicht resp. 6, 5, 4 en 3 dagen intermitteerend belicht werden. De verschillen met de onbelichte kistjes waren duidelijk. Deze werden slechts bleekgroen, die onder het Neonlicht donkerder groen. De beide langst belichte partijtjes kregen de gewenschte donkergroene kleur. Het verschil bleef in de daarop volgende week bestaan, zoodat dus bij intermitteerende Neonbelichting 5 à 6 dagen noodig zijn om een behoorlijke chlorophylvorming te verkrijgen.

Het is dus blijkbaar niet noodig voor een snelle bladgroenvorming continu licht te geven. De behandeling duurt wel een enkelen dag langer, maar is dan ook voordeeliger. Voor 3 dagen continu heeft men 3 × 24 = 72 uren te belichten, voor 5 dagen intermitteerend 5 × 10 = 50 uur. Mogelijk kan ook het aantal uren per dag nog wat kleiner genomen worden.

ULTRAVIOLET LICHT.

De behoefte aan ultraviolet licht van planten wordt dikwijls schromelijk overdreven. De gewone kascultuur bewijst dit reeds, want daar worden tal van planten met succes gekweekt, terwijl door het glas toch een belangrijk, zeer werkzaam, deel van het ultraviolet weggenomen wordt.

Met de tomaat evenwel was het onderzoek gekomen bij een plant, welke mogelijk voordeel kon hebben van een behandeling met ultraviolet licht. De tomatenproef met het groote kwiklicht versterkte dit vermoeden. Het licht uit de kwikbuis van gewoon glas is echter weinig geschikt voor praktisch gebruik, omdat in verhouding tot het effect een te groote hoeveelheid electrischen stroom verbruikt wordt om remming van den groei te bereiken. Nu was toevallig juist de nieuwe hoogtezon van Philips, de *Ultrasol,* gereed gekomen en daarom werd nagegaan hoe de werking van het ultraviolette licht van deze lamp was.

De Ultrasol geeft slechts het ultraviolet in de golflengten waarin het ook in het zonlicht voorkomt, n.l. tot 2800 Angström. Dit in tegenstelling met de kwartslamp, welke ook ultraviolette stralen van kortere golflengten geeft, welke in hooge mate schadelijk zijn voor planten en waardoor tevens ozon ontstaat, dat beschadiging kan geven. Bij de Ultrasol zijn deze mogelijkheden geheel uitgesloten. Ozon kan er niet door ontstaan, zoodat alle omslachtige inrichtingen voor het afvoeren van schadelijke gassen bij bestraling van planten overbodig worden.

28 Januari werd de lamp voor het eerst geprobeerd, zonder reflector. Op korten afstand, ongeveer 30 c.M. van den ballon, werden een aantal toevallig beschikbare plantjes continu bestraald. Het waren een bakje komkommerkiemplanten, een potje jonge Lathyrusplantjes en een kleine tomaat. De bestraling bleek te sterk te zijn. Na één dag was de Lathyrus al belangrijk

beschadigd. Het blad krulde om langs de randen en verdroogde van daar uit. Aan de komkommers was reeds iets dergelijks te zien. Ook hier een beschadiging, welke aan de randen van het kiemblad begon. Na 2 dagen lagen de komkommerplantjes geheel slap op den grond. Het tomatenplantje werd op overeenkomstige wijze beschadigd. Overal ging niet alleen het blad, maar ook de stengel te gronde.

Nu was deze behandeling natuurlijk veel te sterk, want de bestraling was wat het ultraviolet betreft, ongeveer van de sterkte van vollen zonneschijn in den zomer, maar dan gegeven gedurende 24 uur, hetgeen in de natuur niet voorkomt. Het is dus duidelijk, dat voor een praktisch gebruik de dosis veel kleiner genomen moet worden, en dus met deze kleine lamp, hoog opgehangen, een groot oppervlak behandeld zou kunnen worden. Dit zou tot een zeer gering stroomverbruik per vierkanten meter leiden, want het totaal verbruik is slechts 75 Watt.

Intusschen was het van belang eerst nader op de hoogte te komen van de ultravioletbeschadiging, welke ook uit phytopathologisch oogpunt zeer belangwekkend is. Het zal nog verschil maken of men een plant behandelt, welke aan lichtgebrek lijdt of een, welke gelijktijdig rijkelijk voorzien is van gewoon licht en dus over veel koolhydraten beschikt.

Allereerst werd een aantal komkommerplanten aan een sterke behandeling met ultraviolet licht onderworpen. In een proefkastje waren 24 planten regelmatig over het bodemoppervlak verdeeld. De lamp hing geheel links, weer 30 c.M. loodrecht boven de daaronder geplaatste planten. Zoo werd bereikt, dat de planten op verschillenden afstand van de lamp kwamen te staan en wel op afstanden van 30 tot 150 c.M. De behandeling was weer continu, de lamp bleef 7 dagen achtereen branden, te beginnen op 10 Maart '30.

De verschillende doseeringen kwamen zeer fraai tot uiting en de beschadiging verliep op de volgende wijze:

1ste dag (na 24 uur bestraling).

Op ong. 30 c.M. afstand, direct onder de lamp, beginnen de bladranden zich iets naar boven om te krullen, de stengeltoppen krommen zich naar het licht, dus phototropische werking. Op grootere afstanden nog geen schadelijke werking.

2de dag (na 48 uur bestraling).

Op ong. 30 c.M. afstand zeer sterke beschadiging, het blad gaat geleidelijk vanaf de randen te gronde en hangt slap neer. Tot op ong. 70 c.M. afstand is thans de werking zichtbaar aan omhoog gekrulde bladranden en gekromde stengeltoppen. Op grootere afstanden nog geen uitwerking zichtbaar.

3de dag (na 72 uur bestraling).

Op ong. 30 c.M. afstand zijn de planten totaal te gronde gegaan, ook de stengels liggen slap neer.

Tot op 100 c.M. is thans de beschadiging door geloopen. Daar buiten zijn de planten nog onaangetast.

Fig. 22.

Komkommerplanten, beschadigd door ultraviolet licht, na 4 dagen continue bestraling op $^1/_2$ M. afstand van de lamp.

Cucumberplants injured by ultraviolet radiation, after a treatment of 4 × 24 hours.

4de dag (na 96 uur bestraling).

Tot op ong. 70 c.M. zijn alle planten vernietigd. Tot 150 c.M. is nu overal beschadiging te constateeren, geleidelijk afnemende van totale vernietiging tot beschadiging van enkele bladen.

Op deze grootere afstanden van de lamp, waar het licht in sterk schuine richting op het blad valt, is een pleksgewijze vernietiging en verdroging van bepaalde gedeelten van het blad waar te nemen. Duidelijk is te zien, dat dit samen gaat met de hoek waaronder het licht het blad getroffen heeft. Daardoor is soms een blad slechts aan één helft verdord of zijn hooger gelegen gedeelten tusschen de diepliggende nerven afzonderlijk beschadigd, hetgeen eigenaardige geelwitte plekken op sommige bladen te zien geeft.

De behandeling werd nog tot den 7den dag voortgezet, in welken tijd het beeld weinig meer veranderde.

Bij continu gebruik van de Ultrasol zonder reflector kan men dus nog tot op 1½ M. afstand beschadiging verwachten. Natuurlijk is dit sterk afhankelijk van de gebruikte plantensoort en van de omstandigheden, waarin de planten zich bevinden.

De hier behandelde komkommers waren wel zeer gevoelig materiaal en hadden bij het opgroeien slechts het weinige winterlicht genoten.

Voorts werd op 8 April opnieuw Ultravioletbeschadiging onderzocht bij een aantal groote tomatenplanten en bij een bakje met komkommerkiemplanten. Deze laatsten waren uit de kiemkast afkomstig en in rivierzand gezaaid. Na het kiemen hadden ze nog een week in de kas gestaan.

De komkommerplantjes stonden op ong. 50 c.M. afstand van de lamp. Zij werden, merkwaardig genoeg, bijna niet beschadigd. Toen na 5 dagen de behandeling eindigde, stonden de plantjes nog rechtop en was er hoogstens een geringe geelkleuring en een wat dun aanvoelen van het kiemblad op te merken. Vermoedelijk is de geringe uitwerking van het ultraviolette licht te wijten aan den reeds sterk geremden toestand waarin de plantjes zich bevonden. Het verschil met de vroeger behandelde kiemplanten is, dat deze komkommers in rivierzand gezaaid waren. Bij de kiemproeven werd reeds vermeld, dat komkommerkiemplanten hierin veel gedrongener blijven.

De tomaten waren op verschillende afstanden van de lamp gezet. Op korten afstand (20 tot 30 c.M.) had een snelle en sterke beschadiging plaats. De eerst werking was te zien aan het omhoog krullen van de bladranden, waardoor de blaadjes gootvormig werden. Tot op 1½ M. afstand van de lamp was na eenige dagen overal beschadiging te zien. De beschadigde bladen hingen naar omlaag en waren donker van kleur geworden.

Het blijkt dus wel, dat ook tomaten op grooten afstand van de lamp nog gevoelig zijn voor de werking van ultraviolette stralen. De verder te nemen proeven zullen dus moeten uitmaken op welke wijze het ultraviolet gegeven dient te worden om zonder beschadiging te veroorzaken, slechts remming van den lengtegroei te bewerkstelligen.

SAMENVATTING.

In den winter kan men door het aanzienlijk tekort aan daglicht tal van planten niet tot voldoende ontwikkeling brengen, wanneer men tracht ze in kassen te kweeken. Dit feit is aanleiding geweest dat men geprobeerd heeft kunstlicht te gebruiken ter vervanging van het zonlicht in den donkeren tijd. Inderdaad gelukte het, zelfs met uitsluitend kunstlicht, planten tot volledige ontwikkeling te brengen. Van praktische toepassing kwam echter nog niet veel terecht. Toch zou er met voordeel gebruik van gemaakt kunnen worden in den tuinbouw, bij zaadcontrôle, voor het uitvoeren van kruisingen en voor botanisch-physiologisch onderzoek, wanneer er een praktisch bruikbare methode bestond voor het kweeken in kunstlicht.

Het was daarom gewenscht een grondig onderzoek in te stellen naar de verschillende mogelijkheden, welke een dergelijke kunstlichtcultuur, vooral voor den tuinbouw, zou kunnen bieden. Verder diende onderzocht te worden op welke wijze plantenbelichting gegeven moet worden om rendabel te zijn.

Daartoe zijn eenige uiteenloopende lichtbronnen op haar bruikbaarheid vergeleken, waarbij de lichtbehoefte van planten van zeer verschillend karakter onderzocht werden.

Gloeilampen.

Begonnen werd, in het najaar van 1928, met na te gaan in hoeverre licht van ½ Wattlampen dienst zou kunnen doen. Het bleek echter, dat de gloeilampen eenige minder gunstige eigenschappen bezitten, vooral wanneer met sterke verlichtingen gewerkt moet worden. Men bemerkt dan hoezeer de warmtestraling het zichtbare licht overheerscht: de planten groeien te veel in de lengte. Gaat men geringere intensiteiten gebruiken, dan wordt de temperatuursverhooging van minder belang, maar de gunstige werking van het zichtbare licht gaat dan ook sterk achteruit. Neemt men daarentegen een zeer sterke verlichting, welke als zoodanig goed te gebruiken zou zijn, dan wordt de warmtestraling zoo krachtig, dat hierdoor het effect van het meerdere licht voor een deel bedorven wordt. Bovendien komt men dan op een zeer hoog stroomverbruik, wat voor praktische toepassing ook al niet geschikt is. Zoo is men dan bij gloeilampen gedwongen te schipperen tusschen òf te weinig licht òf te veel warmtestraling. Het bleek, dat over het algemeen de beste resultaten werden verkregen bij een verlichting van ongeveer 5000 H. Lux. 1000 Lux was alleen voor enkele planten geschikt, terwijl men niet veel hooger dan 9000 Lux kan gaan vanwege de overmatige hitte.

Dit laatste geldt voor een gloeilampenverlichting zonder speciale inrichtingen voor het wegnemen van de warmtestraling. Dergelijke installaties worden veel te omslachtig en zijn alleen geschikt voor experimenteele doeleinden en niet voor praktisch gebruik. Een eerste eisch is, dat het electrisch licht zoo voordeelig mogelijk gebruikt wordt. Daarom is het noodzakelijk om bij gloeilampenverlichting ook de groote hoeveelheid warmte geheel te benutten, omdat anders het stroomverbruik veel te hoog is in verhouding tot het bereikte efect. Dit kan men het beste in het klein doen door b.v. van de hooge temperatuur gebruik te maken voor het snel laten kiemen van veel warmte behoevende zaden.

Kiemkast.

Uitgaande van deze gedachte is een kiemkast ontworpen, waarin met een betrekkelijk kleine gloeilamp (75 of 100 Watt) b.v. in 3 à 4 dagen uit een flinke hoeveelheid komkommerzaad verspeenbare kiemplanten verkregen kunnen worden. De warmte van de gloeilamp wordt binnen in het kastje bijeen gehouden, zoodat de goede kiemtemperatuur bereikt wordt. De jonge plantjes krijgen direct bij het opkomen een ruime hoeveelheid licht, zoodat de chlorophylvorming en de koolzuurassimilatie onmiddellijk een aanvang kunnen nemen.

Over het algemeen komt een gloeilampenverlichting voor de meeste planten op een verbruik van 300 à 400 Watt per M^2. Hieruit volgt al onmiddellijk, dat het belichten van groote oppervlakken spoedig tot een hoog stroomverbruik zal leiden. De gloeilampen zijn dus hoogstens geschikt voor toepassing in het klein of wanneer slechts lage intensiteiten noodig zijn.

Neonlicht.

Een veel algemeener bruikbaarheid bleek het Neonlicht te bezitten, het licht van ontladingsbuizen met Neongas, dat met zijn intensief roode kleur de sterkste chlorophylvorming geeft en de beste bladontwikkeling. Dit effect wordt bereikt door de omstandigheid, dat de koolzuurassimilatie in rood licht maximaal is. Bij Neonlicht treedt geen sterke warmtestraling op, zonder bezwaar kan men dus van krachtige verlichtingen gebruik maken. Maar ook heeft een geringe Neonverlichting reeds een goede uitwerking, zoodat met lage intensiteiten en dus een beperkt stroomverbruik gewerkt kan worden (b.v. 75 Watt per M^2.). Dit maakt het beter geschikt voor het belichten van grootere oppervlakken dan de gloeilampen.

Doordat het Neonlicht uitgestraald wordt door een lange buis, bereikt men tevens veel gemakkelijker een gelijkmatige verlichting dan met gloeilampen, welke toch altijd min of meer puntvormige lichtbronnen zijn. Daarom kan met één Neonbuis een beter effect bereikt worden, dan met een reeks van gloeilampen.

Ook de levensduur der lichtbronnen is een belangrijke factor. Bij groote gloeilampen kan men dezen gewoonlijk stellen op ongeveer 1000 branduren, waarna de gloeidraad meestal doorbrandt. Dit beteekent, dat de lamp één winter dienst doet bij het intensieve gebruik, waarvan hier sprake is. Neonbuizen daarentegen hebben een veel grooter levensduur. Bij de buizen voor lage spanning, welke het meest voor praktisch gebruik geschikt zijn, kan men rekenen op ongeveer 2000 branduren, deze gaan dus veel langer mee.

Kwiklicht.

Een derde lichtsoort waarmee geëxperimenteerd is, werd verkregen van ontladingsbuizen van gewoon glas met kwikdamp. Hiermede verkrijgt men ultraviolet tot 3341 Ångström. Het blauwachtige kwiklicht, zooals dit aanvankelijk gebruikt werd, kan bij hooge intensiteiten wel dienst doen voor het korter en steviger houden van snelgroeiende planten, maar dan is een veel te hoog stroomverbruik noodig, terwijl het licht weinig geschikt is voor de koolzuurassimilatie. Beschadiging van de planten is echter nooit waargenomen.

Een economischer methode voor het toedienen van ultraviolet licht om in speciale gevallen overmatigen lengtegroei te beperken, moet nog nader worden uitgewerkt. Een continue behandeling met ultraviolet van kortere golflengte (tot 2800 Angström) bleek onder bepaalde omstandigheden belangrijke beschadiging van de planten te kunnen veroorzaken. De juiste doseering moet dus eerst zorgvuldig vastgesteld worden. Overigens wordt de behoefte van planten aan ultraviolet licht gewoonlijk zeer sterk overschat. Men is daarbij geneigd, de planten met menschen en dieren over één kam te scheren. In de meeste gevallen kan men zeer goed planten tot krachtige ontwikkeling brengen, wanneer er maar voor gezorgd is, dat de koolzuurassimilatie voldoende kan plaats hebben. Ultraviolet licht bezit daarvoor geen goede eigenschappen.

Het gebruik van een gloeilamp met ultraviolet doorlatend glas heeft zeer weinig beteekenis. Om een eenigszins bruikbare hoeveelheid ultraviolet licht van kortere golflengte te verkrijgen, is een zeer sterke verlichting noodig, welke dus gepaard zal gaan met een hinderlijke warmtestraling.

Reflectors.

De bruikbaarheid van een kunstmatige verlichting hangt in hooge mate af van de doelmatigheid der reflectors. Deze moeten een gelijkmatige verlichting van het geheele beplante oppervlak geven en zoodanig reflecteeren, dat zooveel mogelijk al het uitgestraalde licht aan het gewas ten goede komt. Ook moet, vooral bij de gloeilampen, de warme lucht aan de bovenzijde van den reflector kunnen ontwijken, om een al te heet worden te voorkomen. Een type reflector, dat aan deze voorwaarden voldoet, is ontworpen, daar de bestaande, ronde reflectors alle weinig bruikbaar zijn voor plantencultuur. Het nieuwe, langwerpige model gaf een gelijkmatiger verlichting, wierp een flinke hoeveelheid licht op de planten en was zoodanig geconstrueerd, dat ventilatie mogelijk was. De reflector voldeed goed in het gebruik.

Uitwerking van het kunstlicht.

De werking van het kunstlicht op de planten bleek zeer gunstig te zijn. Natuurlijk was nog niet dadelijk voor elke plantensoort de juiste kweekwijze gevonden, temeer omdat met geheel andere verhoudingen gewerkt moest worden als in de gewone kascultuur. In de eerste plaats dan werd bereikt, dat in den winter het chlorophyl in grootere hoeveelheid gevormd werd en dus de planten een groener uiterlijk kregen. Dit werd gevolgd door een rijkere koolzuurassimilatie, waardoor de planten zich sterker ontwikkelden. De hoeveelheid nieuw gevormd blad werd daardoor veel grooter. Niet alleen was het aantal bladen grooter, maar ook het oppervlak van elk blad afzonderlijk. De stengels werden dikker en forscher, het wortelstelsel uitgebreider. Ten slotte werden er, ook als gevolg van de verhoogde koolzuurassimilatie, bloemen aangelegd en ontwikkeld, zelfs daar waar dit gewoonlijk niet het geval is (b.v. aan aardbei-uitloopers).

Zoowel de chlorophylvorming als de geheele ontwikkeling van de planten was het rijkste onder Neonlicht.

Ook continue belichting, dus dag en nacht, verdragen de meeste planten uitstekend. Men krijgt hiermee een goede ontwikkeling en de veel verbreide

meening, dat planten nachtrust zouden noodig hebben is dus in zijn algemeenheid niet juist. Afwijkend gedraagt zich echter de tomaat, welke na eenigen tijd continue belichting ziekteverschijnselen begint te vertoonen, n.l. gele vlekken tusschen de nerven. Een volledige verklaring hiervan is nog niet gegeven kunnen worden, maar wel is al gebleken, dat de aard van het toegediende licht hier een belangrijke rol speelt.

Planten van verschillend karakter.

Zeer uiteenloopende typen van planten zijn onderzocht, waarbij duidelijk de verschillende eischen ten opzichte van de belichting tot uiting kwamen. Bij het toepassen van electrisch licht dient men zich goed rekenschap te geven, welke de eigenschappen zijn van de planten, die men belichten wil. De hoogste eischen stellen de uit zaad gekweekte planten, welke van het begin af aan nog alles door koolzuurassimilatie moeten opbouwen. Bovendien groeien ze zonder speciale maatregelen spoedig te snel in de lengte.

Volwassen planten, welke in den voorafgaanden zomer, rijkelijk reservevoedsel hebben opgezameld, kunnen met minder licht volstaan.

De geringste eischen stellen de gewassen, welke voor de trekkerij gebruikt worden, vooral de bloembollen. Deze kunnen gemakkelijk in bloei komen, ook zonder extra licht en wel omdat de bloem al volledig in aanleg aanwezig is vóór het begin van het trekken en de plant beschikt over een flinke hoeveelheid reservevoedsel. Wanneer in de litteratuur toch een sneller in bloei komen beschreven staat, dan is dit terug te voeren op de overvloedige warmtestraling van de gebruikte gloeilampen. Met wat extra stookwarmte kan hetzelfde bereikt worden. De eenige reëele beteekenis, welke kunstlicht voor deze trekgewassen kan hebben, is het doen ontstaan van meer chlorophyl, zoodat een frischgroen, in plaats van het getrokken, uiterlijk verkregen wordt. Door de verhoogde koolzuurassimilatie wordt het gewas dan ook nog wat steviger.

Kiemplanten.

Bij zaaigoed heeft men in den winter dikwijls last, dat de kiemplantjes in groote getale omvallen en te gronde gaan tengevolge van een schimmelaantasting aan de basis van de nog teere stengeltjes. Het is nu gebleken, dat door een kunstmatige belichting deze kiemplantenziekte voorkomen kan worden. De jonge plantjes groeien dan sneller door het kritieke stadium heen. Met gloeilampenlicht is alleen een sterke bestraling afdoende, met Neonlicht bereikt men ook reeds goede resultaten met geringere intensiteiten.

Voor het kiemen in gloeilampenlicht leende zich het beste de komkommer en ook meloen, waarvan in de reeds vermelde kiemkast snel gezonde jonge plantjes te verkrijgen waren. Deze kiemplanten konden daarna het best verder gekweekt worden onder Neonlicht, zij ontwikkelden zich tot krachtige planten.

Op dezelfde wijze lieten, gewoon in de kas gezaaide Lathyrusplantjes zich snel opkweeken tot het tijdstip waarop ze op de definitieve plaats uitgeplant moesten worden. Deze voorkweek van jonge planten met kunstlicht lijkt een goed bruikbare methode om vroeger met de cultuur te kunnen beginnen. Wanneer het tijdstip goed gekozen is, kan dan in het voorjaar het zonlicht

het werk overnemen. Dit is een zuinige methode van kunstlichtgebruik, omdat zóo een groot aantal planten tegelijk op een klein oppervlak bijeen belicht kunnen worden. Het stroomverbruik per plant is dan niet hoog.

Aardbeien.

Goede resultaten werden verkregen met het vroeg kweeken van aardbeien. Hoewel deze planten reeds vooraf bloemen aanleggen, werd toch den indruk verkregen, dat de bloei overvloediger werd door de belichting. Het schijnt, dat het proces van bloemvorming zich voortzet tijdens de hernieuwde ontwikkeling van de plant. Door de belichting wordt er veel frisch groen blad gevormd en de vruchten worden van goede kwaliteit door den rijkelijken toevoer aan koolhydraten, welke door het licht in de bladen ontstaan.

Convallaria's.

Ten slotte laat het kunstlicht zich gebruiken voor het verfraaien van het uiterlijk van geforceerde bloemplanten. De Convallaria's zijn hiervan een goed voorbeeld. Het groen is dikwijls in den winter heel flets en gelig bleek. Door aan het eind van de trekperiode een korte behandeling met kunstlicht te geven, kan hierin verbetering gebracht worden. Het blad en de bloemstelen worden dan frischgroen en de witte bloemen komen mooier uit.

Het oriënteerend onderzoek heeft dus uitgemaakt, dat er wel degelijk goede toepassingsmogelijkheden voor kunstlicht bij plantencultuur in den winter bestaan. Een eerste eisch daarbij is echter, dat het electrische licht niet maar zoo in het wilde weg wordt gebruikt, maar dat vooraf voor alle gevallen nauwkeurig wordt uitgezocht op welke wijze economisch gewerkt kan worden.

Voor een rendabele kunstlichtcultuur is noodig, dat de stroomonkosten met alle ten dienste staande middelen zoo laag mogelijk gehouden worden. Van het daglicht moet dus zooveel mogelijk geprofiteerd worden, het kunstlicht diene uitsluitend als aanvullende belichting gedurende de nachturen, waarin ook het laagste tarief te krijgen is. De electrische stroom, welke verbruikt wordt, moet ook werkelijk grootendeels aan de planten ten goede komen. Daarom moeten de lichtbronnen het hoogst mogelijke rendement geven, vooral ook in betrekking tot de koolzuurassimilatie van de planten. Het beste wat wij op het oogenblik in dit opzicht bezitten is het Neonlicht. Door het gebruik van speciaal voor plantenbelichting geschikte reflectors kan tevens bereikt worden, dat al het kunstlicht gelijkmatig op de planten geworpen wordt, omgekeerd moet dus ook het belichte oppervlak geheel met planten bezet zijn. Hieruit volgt, dat hoe grooter aantal planten per M^2. geplaatst kan worden, hoe geringer de onkosten per plant zullen zijn.

Vanzelf zal men die plantensoorten voor belichting uitkiezen, welke een niet te hooge lichtintensiteit noodig hebben of waarbij de duur van de lichtbehandeling vrij kort kan zijn.

In den tuinbouw zal de keus in de eerste plaats vallen op gewassen, welke een goeden prijs kunnen opbrengen. In dit verband komt vooral de bloementeelt in aanmerking.

Het voordeeligst kan men jonge planten, op een klein oppervlak bijeen, belichten totdat ze op de definitieve plaats gezet kunnen worden. De cultuur kan dan vroeg begonnen worden in den tijd, waarin het zonlicht nog onvoldoende is.

Praktisch zou het zijn een kasgedeelte van een permanente lichtinstallatie te voorzien en daar telkens die planten onder te brengen, welke een behandeling noodig hebben.

Aan het eind van mijn publicatie gekomen, zou ik mijn hartelijken dank willen uitspreken voor de groote welwillendheid, waarmede Prof. Ir. A. M. SPRENGER mij op het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt te Wageningen plaats en gelegenheid heeft geboden tot het uitvoeren van mijn onderzoekingen.

Voor de hulp, welke ik mocht ontvangen vanwege het Natuurkundig Laboratorium der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven, ben ik Prof. Dr. G. HOLST bijzonder erkentelijk.

Veel dank ben ik bovendien verschuldigd aan Dr. G. ZECHER en zijn medewerkers voor de groote zorg besteed aan de vervaardiging van de verschillende lichtbronnen.

Het nauwe contact met de beide genoemde laboratoria stelde mij in staat de betreffende kwesties zoowel van een tuinbouwkundig als van een lichttechnisch standpunt uit, te bewerken. De groote belangstelling van beide zijden ondervonden, werkte zeer stimuleerend op den gang van het onderzoek.

Mej. Dr. M. P. LÖHNIS en Ir. B. GERRITZEN waren, evenals Dr. H. A. A. VAN DER LEK, zoo vriendelijk hun zeer gewaardeerde medewerking te verleenen bij het bezorgen van de Engelsche samenvatting.

CULTIVATION OF PLANTS IN ARTIFICIAL LIGHT.

SUMMARY.

Many plant species, when raised in glasshouses in winter, cannot attain full development, as the amount of daylight is insufficient. So endeavours have been made to use artificial light as a substitute for sunlight in the dark season. In fact it was proved, that plants exposed to artificial light only, could attain a complete development. Its practical application however has been meagre. If however a method were worked out for the use of artificial light for cultivation of plants, it might be applied advantageously in the first place in horticulture, for testing seeds, for crossing and for physiological research work.

Thus it seemed desirable to start upon a thorough investigation on the possibilities arising from the cultivation of plants in artificial light in the benefit of horticulture. Moreover some method, making treatment of plants with artificial light a paying proposition, should be worked out.

Therefore light from different sources have been compared as to their appropriationess and the requirements of plants greatly varying in character, were investigated.

Incandescent lamps.

In the autumn of 1928 a start was made by investigating whether the light of incandescent lamps (½ Watt) were of any use. The result obtained was that incandescent lamps could have some unfavourable properties, especially when intensive light is needed. In that case the fact that the heat rays predominate the light rays is more prominent: plants grow too much in length. When the illumination is less intensive, the rise in temperature becomes of less importance, but the favourable effect of the light decreases as well. When however a light of high intensity, which as such would be beneficial, is applied, the radiation of heat grows so high, that the effect of the greater dose of light is partly spoiled. Moreover this results in a very high consumption of electric current, which again does not do for practical application. So for the appliance of incandecsent lamps it is necessary to compromise between either too little light or too much heat. It seemed that in general, the best results could be attained with an illumination value of about 5000 H. Lux. 1000 Lux suited a few plant species only, while 9000 Lux should not be exceeded because of the abundance of heat.

This holds good for an illumination with incandescent lamps without any further device for shielding off the heat rays. Such devices are too complicated and can only be made use of in experimental work, but cannot be used for practical purposes. As it is of primary importance that the electric energy is used as advantageously as possible, the amount of heat furnished by the incandescent lamps must be fully utilized, otherwise the amount of current consumed would be much too high in comparison with the effect attained. This can be applied best on a small scale, e.g. by using the high temperature developed, for seeds wanting high temperatures for germination.

Germination case.

Keeping this in mind a germination case has been constructed with a incandescent lamp of relatively low capacity (75 or 100 Watt). E.g. in 3 or 4 days seedlings may be raised out of a fairly large lot of cucumberseed. The heat of the incandescent lamp is stored in the germination case and so a favourable temperature for germination is obtained. When germinating the young plants are immediately exposed to proper illumination and consequently the formation of chlorophyll and the assimilation of carbon dioxide may start at once.

Generally speaking the application of incandescent lamps emplies the use of 300 to 400 Watt a square Meter for most kinds of plants. So it is evident, that illumination of large areas will soon result in a high consumption of electric energy. So it is only practical to use incandescent lamps on a small scale or when low intensities are needed.

Neon light.

Neon light, the light sent out by discharge tubes filled with neon gas which, owing to its deep red light, induces the strongest formation of chlorophyll and the best development of foliage, proved to be much more useful. This is due to the fact, that the assimilation of carbon dioxide has its maximum in red light. Neon light does not induce any strong radiation of heat and thus strong illumination may be applied without any damage. But also exposure to weak illumination gives good results, and so low intensities (e.g. 75 Watt a M^2.) emplying low consumption of current, suffice. Therefore it is adaptable to the illumination of larger areas than by using incandescent lamps.

As the Neon light is sent out by a long tube, an equable illumination is attained much easier than by means of incandescent lamps, which are all more or less punctiform light sources. So a better result may be attained with one Neon tube than with a series of incandescent lamps. Again the lifetime of the light sources is an important factor. Stronger incandescent lamps may last about 1000 burning hours, then the thread generally burns trough. This means that the lamp will last one winter, when it is used as intensively as in this case. Neon tubes on the other hand may last much longer. Tubes for lower voltage, being the most suitable ones for practical use, will last for about 2000 burning hours.

Mercury light.

A third kind of light, experimented with, was generated by discharge tubes of ordinary glass with mercury vapour, giving ultraviolet rays up to 3341 Angström. The bluish mercury light as used originally, may result in keeping down the length growth of fast growing plants if it is of a high intensity, but then the consumption of electricity is much too high. Besides the light is not well adapted to the assimilation of carbon dioxide. However no harmful effect on plants could be noticed. For special cases a more economical method for the administration of ultraviolet light in order to keep down excessive length growth has to be worked out. A long exposure to strong ultraviolet light of shorter wave length (up to 2800 Angström)

proved under some conditions to be harmful to the plants. So the right dose had to be carefully determined. However, the quantity of ultraviolet rays, plants want, is usually much over estimated. Besides the tendency is to suppose that the need for ultraviolet light of men, animals and plants is the same. In most cases it is possible to grow very strong plants, as long as care is taken that the plant can assimilate sufficiently. Ultraviolet light has no properties to promote this.

The use of an incandescent lamp of glass transmissive for ultraviolet rays does not serve the purpose. In order to obtain a rather considerable amount of ultraviolet light with shorter wave length, a very strong illumination is necessary, involving an inconvenient heat radiation.

Reflectors.

The applicability of artificial illumination depends, to a very high degree, upon the efficiency of the reflectors. These have to provide for an equable illumination of the whole planted area, and to reflect the light sent out as much as possible that most of same reaches the plants. Especially when incandescent lamps are used as a source of light, some device has to be fitted on the upperpart of the reflector for the evasion of the heated air in order to prevent over-heating. As the round reflectors available are hardly of any use for plant culture, a new type of reflector meeting the requirements has been projected. This new oblong reflector provides a more equable illumination, throws high amounts of light on the plants and has been constructed so that ventilation is possible.

Effect of the artificial light.

The artificial light affected the plants favourably. Naturally the right method of cultivation for every plant species was not found immediately, the more because the conditions varied considerably from those obtaining in ordinary glass culture. In the first place it was proved, that in winter a larger quantity of chlorophyll was formed and consequently the plants showed a much deeper green colour. The plants showed a much stronger growth caused by a much more intensive assimilation of carbon dioxide. The foliage increased. Not only the number of leaves increased, but also the surface of each leaf seperately. The stems grew thicker and firmer, the root system more extended. In addition, also in consequence of the more intensive assimilation, flowers were formed, even on parts not bearing same in normal circumstances (e.g. strawberry runners).

Both the formation of chlorophyll and the whole development of the plants were most abundant if illuminated with Neon light.

Most plants can stand continuous illumination exceedingly well, i.e. illumination during day and night. A normal development is obtained and in its general meaning the belief that plants want rest during the night is unfounded. The tomato however, behaves differently showing symptoms of disease after some period of continuous illumination, viz. yellow spots between the nerves of the leaves. A complete explanation thereof cannot be given yet, but it has been proved that the properties of the light supplied are of great importance.

Different types of plants.

When exposing plants to electric light it is necessary to consider carefully the characteristics of the plants which will be illuminated.

The most difficult plants in this respect are those raised from seed, which have to be built up altogether by carbon dioxide assimilation. Besides they will grow too quickly in lenght if no special precautions are taken.

For fullgrown plants, having stored sufficient reserve material in the preceding season, a lower amount of light may suffice. Light requirements of plants used for forcing purposes, especially bulbs, are the lowest. These can early be forced in flower even without any additional light, because the flower was formed completely before forcing starts and the plant has stored plenty reserves. The blooming at an earlier date resulting from treatment with artificial light, as quoted in literature, must be attributed to an abundant supply of heat developed by the incandescent lamps. Some additional heating in the usual way will give the same results. The only effect of artificial light on plants used for forcing is an increase in the formation of chlorophyll: the plants will change their pale shade for a fresher green. The plants will also grow somewhat firmer due to the increase of assimilation.

Seedlings.

When the seed is sown in winter there is great danger of damping off caused by an attack of fungi on the base of the stems of the seedlings. It was proved that the disease can be prevented by artificial illumination. The young plants pass the critical stage of development quicker. With incandescent lamps results are only obtained by high intensity; Neon light however gives satisfactory results with lower intensity as well.

The best germination in the light of incandescent lamps was attained with the seeds of cucumber and melon; in the germination case mentioned above healthy plants could be raised quickly. The seedlings were best grown further under Neon light, they developed to strong and healthy plants.

Seedlings of Sweet pea sown in a glasshouse in the usual way could be grown up rapidly to the stage in which they usually are transplanted, in the same manner. This cultivation of young plants with the help of artificial light seems a practical method to follow if a culture should be started at an earlier date than usual. When the date of sowing is well chosen the sunlight can take over the work later in spring. As in this way many plants can be raised together on a small area the amount of electricity used is low and thus the method is economical.

Strawberries.

Forcing strawberries gave good results. Although these plants form their flowerbuds at an earlier stage, the impression was, that the development of flowers was more abundant owing to illumination. It seems that the process of flower-formation continuous during the period of renewed development of the plant. Resulting from the exposure to artificial light many dark coloured leaves are formed and they develop fruits of high quality, in consequence of the big supply of carbohydrates created in the leaves by the light.

Convallarias.

After all the artificial light is useful for the improvement of the quality of forced flowering plants; of this Convallarias are a good example. Often the green of the foliage is very pale in winter. The colour can be improved by exposing the plants to artificial light during a short time at the end of the forcing period. The result is that foliage and stems develop a deep green colour and so the white of the flowers becomes more prominent.

Accordingly, preliminary has proved the possibility of using artificial light economically with the cultivation of plants in winter. It is of primary importance however that the plants are not exposed to the electric light at random, but that the most economic method has to be found out by experimenting in advance.

In order to make the cultivation of plants exposed to artificial light a paying proposition the consumption of electric current should by all means be kept as low as possible. Therefore the daylight should be utilized as much as possible and the artificial light has to be considered as an additional source of energy only to be used during the night hours, when the expenses are lowest. The plants should benefit really as much as possible by the electric current consumed. Therefore the light sources should give the highest yield from the point of view of the maximum carbon dioxide assimilation by the plants. The best source we have to our disposal is Neon light so far. By fitting reflectors specially suitable for the illumination of plants it is possible to arrange for an even distribution of light all over the plants and on the other hand the whole illuminated area must be covered by plants. It stands to reason that the more plants can be put on a M^2., the lower the expenses per plant will be.

It is self-evident that species should be chosen for treatment, not asking for very intensive illumination, or those, only wanting a short period of illumination.

In horticulture in the first place crops will be chosen, which can be sold for high prices. Therefore floriculture seems to be the principal branch in this respect.

The most profitable way of dealing with young plants, is to grow them on a small area close together and to illuminate them until they are replanted on their permament place. The culture can be started early in the season when the sunlight is still inadequate.

A practical way would be to fit a permanent installation for artificial illumination in a division of a glasshouse and to take in there every time plants wanting a treatment.

I have been enabled to carry out these experiments owing to the assistance of Philips' Incandescent Lamp Works Ltd. at Eindhoven, and the hospitality of Professor Ir. A. M. Sprenger, Director of the Laboraty for Horticultural Botany at Wageningen, Holland.

Wageningen, July, 1930.

LITTERATUUR.

1880 SIEMENS, C. WILLIAM.
On the Influence of Electric Light upon Vegetation and on certain Physical Principles involved.
Some further Observations on the Influence of Electric Light upon Vegetation.
Proc. Roy. Soc. London 30, 210—219 en 293—295.

1895 BONNIER, G. M., Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure des plantes.
Revue Générale de Botanique, Tome 7, p. 241.

1918 HÖSTERMANN, G., Versuche mit Neonlicht.
Bericht d. Königl. Gärtnerlehranstalt Dahlem, 1916/1917, p. 76.

1921 TJEBBES, K. & UPHOF, J. C. W., Der Einfluss des elektrischen Lichtes auf das Pflanzenwachstum.
Landw. Jahrbücher 56, 313—326.

1922 RANKE, A. VON, Kulturversuche mit elektrischem Licht.
Die Gartenwelt, 26. Jahrgang, 8 p. 74, idem 9, p. 90.

1922 HARVEY, R. B., Growth of Plants in Artificial Light.
Bot. Gazette, 74, 447—451.

1924 HENDRICKS, E. & HARVEY, R. B., Growth of Plants in Articial Light, 2.
Bot. Gazette, 77, 330—334.

1925 MAXIMOW, N. A., Pflanzenkultur im Elektr. Lichte und ihre Anwendung bei Samenprüfung und Pflanzenzüchtung.
Biol. Zentralblatt, Bd. 45, S. 627.

1927 ODÉN, S., Växterna och ljuset.
Meddelande från Kungl. Landtbr. akad. Exp. fälts Trädgårdsavs. n. 24, Stockholm.

1928 ARTHUR, J. M., Artificial Climate and Plantgrowth.
The Tech. Engineering News, April.

1928 KLEIN, G., Die Elektrizität im Dienste des Gartenbaues.
Beiträge zur Gartenbaukunde, S. 33. Wien, Julius Springer.

1928 SMITH, FOLMER, Det kunstige lys i plantekulturens tjeneste.
Brochure, Oslo.

1928 MOLEN, S. V. D., (Proeftuin Sappemeer), Photocultuur in Groningen.
Electrotechniek, 6e jaargang, no. 17, 22 Augustus.

1928 CENTRAAL BUREAU DER V.D.E.N., Bevordering van den groei van planten door electrische verlichting, (o.a. Zwitsersche proeven van de „Central Schweizerische Kraftwerke", 1927/28).
Electrotechniek, 6e jaargang, no. 22, 31 October.

1929 BOS, H., Die Anwendung künstlicher Beleuchtung bei der Sortenechtheitsprüfung der Samen im Winter.
Angew. Bot. Bnd. 6, Heft 1, S. 25, Januar/Februar.

1929 ARTHUR, J. M., Some Effects of Radiant Energy on Plants.
Boyce Thompson Institute, Prof. Paper, no. 12.

1929 HERBATSCHEK, O., Elektrische Pflanzenbelichting.
Die Lichttechnik, 6. Jahrgang, Heft 4, 7 April.

1929 HIORTH, G., Die Anwendung elektrischer Beleuchtung für Vererbungsversuche mit Pflanzen.
Der Züchter, 1. Jahrgang, 7. Heft, S. 204.

1929 KROFT, VAN DER, De electriciteit in den tuinbouw.
De Veldbode, 28ste jaargang, no. 1400, 23 November.

1929 ODÉN, S., Växtodling i Elektriskt Ljus.
Meddelande fr. K. Landtbr. akad. Vetenskapsavd. no. 1, Stockholm.

1929 PINKHOF, M., Invloed van het Neonlicht op de ontwikkeling van planten.
Handelingen van het 22ste Ned. Nat. en geneeskundig congres, p. 155.

1929 PIGORINI, L., Electrisch licht bij botanische onderzoekingen en toepassingen.
Vertaling uit „L'Illuminazione", 2de jaargang, no. 3, Maart, p. 17—20.

1929 TIEDJENS, V. A., Controlling damping-off with electric lamps.
Science 69, p. 226.

1929 TRUFFAUT, G. & THURNEYSSEN, G., Influence de la lumière artificielle sur la croissance des plantes supérieures.
Compt. rend. Acad. sc. Paris 188, 411—413, Jan., no. 5.