PHOTOPERIODICITEIT BIJ SORGHUM VULGARE PERS.

N. C. KEULEMANS

NN08201.258

PHOTOPERIODICITEIT BIJ SORGHUM VULGARE PERS.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR W. DE JONG,
HOOGLERAAR IN DE VEETEELTWETENSCHAP,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
DER LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP WOENSDAG 17 JUNI 1959 TE 16 UUR
DOOR

N. C. KEULEMANS

DRUK: V.R.B., KLEINE DER A 4 - GRONINGEN

WOORD VOORAF

Bij het voltooien van dit proefschrift moge ik allen die tot het verschijnen ervan hebben bijgedragen van harte mijn dank betuigen.

Hooggeleerde COOLHAAS, Hooggeachte Promotor, U in het bijzonder ben ik grote dank verschuldigd voor het vertrouwen dat U in mij hebt willen stellen, waardoor ik onder Uw leiding mijn studie aan de Landbouwhogeschool heb mogen voltooien. Voor de grote mate van vrijheid die ik hierbij heb genoten en voor Uw critiek en medewerking ben ik U zeer erkentelijk.

Weledelgestrenge BOLHUIS, de wijze waarop U met Uw belangstelling en ervaring mij in deze jaren tegemoet bent getreden heeft veel bijgedragen tot mijn landbouwkundige vorming. Daarvoor ben ik U veel dank verschuldigd.

Zeergeleerde Mevrouw FRAHM-LELIVELD, vooral in deze laatste jaren heb ik veel van U geleerd, wat ik node zou missen en waar ik met waardering op terugzie.

Weledelgestrenge BEST, de wijze waarop U mij met dit onderzoek op gang hebt geholpen, stemt me tot erkentelijkheid. Zeergeleerde FORTANIER, Weledelgestrenge SMILDE, Uw vriendschappelijke hulp is mij meermalen een grote steun geweest.

Weledelgestrenge/Weledelgeboren LUNING, NOTEBOOM, DEL PRADO, PRINS, REYNDERS, VAN RIJN, SCHWIETERT, VAN DER SLUIJS, WERVELMAN, WESSEL en ZEVEN, zonder Uw opgewektheid, onvermoeide ijver en ongezouten critiek zou de uitvoering van dit onderzoek niet zijn gelukt; bij het afsluiten van deze studie die mede Uw werk is, reken ik het mij tot een voorrecht U met ere te noemen.

Geachte MEULENKAMP, mijn dank aan U betreft Uw goede raad en Uw grote toewijding die mijn onderzoek zeer ten goede zijn gekomen. Geachte BOEKELMAN, de voortreffelijke wijze waarop U het teken- en fotowerk hebt behartigd, verdient alle lof. Geachte Mejuffrouw TIMMER, voor de verzorging van allerlei typewerk ben ik U erkentelijk. Moge ik voorts U, Geachte Mevrouw VON METZSCH-FRATERMAN, Mejuffrouw MULDER, Mejuffrouw VAN DIJK, MEULENKAMP, MENKMAN en WISGERHOF dank zeggen voor Uw medewerking in welke vorm ook.

Op deze plaats moge ik waardevolle adviezen en diensten memoreren van de Heren Dr R. VAN DER VEEN,

Ir L. ADMIRAAL, R. ALTMANN, Ir D.W. SCHOLTE UBING, H. DE WIT, J. WEERNEKERS, Th. W. IJWEMA c.s. en tal van anderen.

I should like to express my sincere thanks to all those scientists who helped me in any way to do this research, for instance by procuring seeds.

Particulièrement j'apprécie dévouer mes remerciements sincères aux agents de la Station Cotonnière du Tadla au Maroc qui m'ont initié dans les méthodes de la recherche agronomique.

U, VADER en MOEDER, kan ik moeilijk met woorden op de juiste wijze danken voor de opofferingen en de zorg die U u voor mijn opvoeding en opleiding hebt getroost.

INHOUD

HOOFDSTUK I. Probleemstelling en literatuur 1

1. Inleiding 1
2. Overzicht van de literatuur 2
3. Conclusies 6
4. Doelstelling 8

HOOFDSTUK II. Materiaal en methoden 10

1. Apparatuur 10
   1.1. C - kas 10
      1.1.1. De lichtdichte kasten 10
      1.1.2. De lichtdichte, afneembare hoezen 10
      1.1.3. De wagens met loodsen 11
   1.2. A - kas 12
   1.3. De thermostaatkasten 13
2. Plantmateriaal 14
   2.1. De indeling van het geslacht Sorghum 14
   2.2. Beschrijving van de proefplant 15
   2.3. De collectie 16
3. Werkwijze 16
   3.1. Plantbehandeling 18
   3.2. Analyses en metingen 19
4. De lichtfactor 23
   4.1. Stralingsintensiteit 23
   4.2. Verlichtingssterkte 24
5. De temperatuur 24

HOOFDSTUK III. Invloeden van het licht op de plant 27

1. Inleiding 27
2. Ontwikkelingsphasen 27
   2.1. Ontwikkelingsphasen en belichtingsduur 28
      2.1.1. Vegetatieve phase 28
         2.1.1.1. Juveniele phase 31
         2.1.1.2. Inductiephase 33
      2.1.2. Generatieve phase 34
         2.1.2.1. De optimale duur van de inductieperiode 35

2.2. Ontwikkelingsphasen en belichtingsintensiteit 37

3. Bladaanleg en aantal bladeren 43
3.1. Bladaanleg 43
3.2. Aantal bladeren en belichtingsduur 44
3.3. Het rythme van de bladaanleg 46
3.4. Aantal bladeren en belichtingsintensiteit 48

4. Strekking en lengte van het blad 51
5. Strekking en lengte van stengel en pluim 61
6. Vermeerdering van het drooggewicht 65
7. Aanhangsel 67
8. Samenvatting en conclusies 70

HOOFDSTUK IV. De temperatuur 75

1. Constante temperaturen 75
2. Wisselende dag- en nachttemperaturen 78
2.1. De temperatuur in de kassen 79
3. Samenvatting en conclusies 80

HOOFDSTUK V. Bespreking van de resultaten 81

SAMENVATTING 92

SUMMARY 96

LITERATUUR 103

HOOFDSTUK I

PROBLEEMSTELLING EN LITERATUUR.

1. *Inleiding*.

Sorghum vulgare Pers. is een graansoort uit de semi-aride tropische gebieden. Het is bekend onder de namen Grand Millet, Guinea-Corn, Sorgho, Durrha, Cholam, Jowar, Kaoliang enz..

De plant lijkt veel op *mais*.. Hij heeft echter een dikke waslaag op de bladeren, die een opvallend witte nerf hebben. De bloeiwijze is een eindstandige pluim met tweeslachtige en mannelijke bloempjes; de graankorrels zijn wit, geel of roodbruin, betrekkelijk klein en ovaal.

Door zijn beschermende waslaag, zijn zeer fijn vertakte wortelstelsel en andere eigenschappen kan de plant nog een oogst geven in streken, waar *mais* zou mislukken. De plant regelt zijn groei naar de hoeveelheid water die hij ter beschikking krijgt; 100 tot 500 mm per seizoen is voldoende, zij het niet optimaal.

De opbrengsten zijn vaak laag, — 8 - 10 q/ha — maar gezien zijn droogteresistentie levert de plant het hoofdvoedsel voor honderden millioenen mensen in de semi-aride gebieden van tropisch Afrika, het Midden-Oosten, India en China. In de U. S. A. en Zuid-Afrika is het later ingevoerd als veevoederproducent. Zoals *tarwe* de hoogste gemiddelde opbrengst per ha geeft en *rijst* de grootste absolute (wereld-) opbrengst, zo beslaat *sorghum* naar schatting het grootste areaal.

Het is eigenlijk verbazingwekkend, dat bij een zo belangrijk gewas zo weinig fundamenteel onderzoek is verricht, zeker waar het de invloed van de milieufactoren betreft.

Gezien de grote invloed van deze factoren op de groei, bloei en vruchtzetting was het van belang hierop nader in te gaan. De factor licht en voornamelijk het vraagstuk van de photoperiodiciteit vormt de basis van dit onderzoek. De invloed van de temperatuur is waar nodig erbij betrokken.

In de nu volgende bladzijden zal de literatuur in chronologische volgorde worden besproken en worden samen-

gevat in een aantal conclusies.

2. *Overzicht van de literatuur.*

In de literatuur zijn twee groepen publicaties te onderscheiden, te weten enige verspreide tot 1945 en een meer gerichte groep vanaf 1945 nl. van QUINBY en KARPER (1945; 1947), COLEMAN en BELCHER (1952), ROELOFSEN (1952) en ROD c.s. (1955; 1957).

Eerste groep (1918 - 1945).

VINALL en REED (1918) schrijven dat de zonneschijn waarschijnlijk een belangrijke groeifactor is, gezien de grote verschillen in groei tussen een plaats in Californië (zonnig) en één in Washington (veel bewolking), terwijl overigens de gemiddelde temperatuur en de "total positive heat units" maar weinig verschilden.

Het effect van opeenvolgende zaaidata zou vooral in verband staan met de hoogte van de temperatuur gedurende verschillende ontwikkelingsstadia. Het aantal bladeren per plant zou erdoor beinvloed worden.

GARNER en ALLARD (1923) tonen in de tweede van hun klassiek geworden verhandelingen over photoperiodiciteit aan, dat sorghum een korte-dagplant is. Bij een verkorte dag van 10 uur bloeide een aantal varieteiten nl. 46 tot 53 dagen na de zaai. Daarentegen trad de bloei bij 13 uur daglicht pas in na 128 tot 183 dagen.

KARPER en QUINBY (1931) wijzen op de invloed van de zaaidatum op de groeiduur. Bij zaai op resp. 15 april, 15 mei en 15 juni waren twee varieteiten na resp. 125, 100 en 94 dagen rijp; een derde was steeds 10 dagen later. Bij (te) vroege zaai is de groei aanvankelijk dus vertraagd. Bij latere zaaidata worden de planten hoger en forser en stoelen meer uit, m.a.w. de groeivoorwaarden zijn in de zomer en de herfst gunstiger (in Texas) dan in de lente en de voorzomer.

BORODIN (1931) stelde bij watercultures vast, dat alleen bij gebrek aan P (niet N en K) uitstel optreedt in de aanleg van de bloeiwijze. Dit is het gevolg van een algemene depressie in de groei.

SIEGLINGER (1936) vermeldt, dat bij 21 door hem beproefde varieteiten het aantal bladeren aan de hoofdstengel gemiddeld 16 tot 27 bedroeg. Het aantal bladeren was in hoge mate gecorreleerd met de duur van de vegetatieve

phase. Gemiddeld genomen werden de bladeren in 2, 8 tot 3, 5 dagen gevormd bij de diverse varieteiten.

Uit deze studie bleek ook, dat het aantal bladeren en het (gelijke) aantal nodiën nauw samen hangen met de grootte en het gewicht van het blad en met de lengte en de diameter van de stengel. Vroegrijpe sorghums hebben minder bladeren en brengen minder op dan laatrijpe.

BARTEL en MARTIN (1938) bewezen, dat slechts 10 tot 15% van het uiteindelijk drooggewicht gevormd werd gedurende de eerste helft van de groeiperiode. Bij sorghums is de groei aanvankelijk veel trager en in de latere stadia sneller dan bij de meeste andere granen.

Volgens MARTIN (1941) dankt sorghum zijn bijzondere positie aan de volgende eigenschappen:

1. sorghum kan de groei hervatten na lange droogte;
2. het bezit een grote weerstand tegen uitdroging;
3. de transpiratiecoëfficient is laag;
4. het aantal haarwortels is zeer groot;
5. sorghum stoelt na een crisis opnieuw uit.

Sorghum wordt in de U. S. A. verbouwd in gebieden met minstens 130 à 140 vorstvrije dagen. De kiemtemperatuur moet minstens 7°C bedragen. De minimale temperatuur in juli moet zeker 21°C zijn; 30°C is dan optimaal. De neerslag moet 400 - 1000 mm per seizoen bedragen.

Tweede groep (na 1945)

Verschillende uitgangspunten van deze onderzoekingen zijn gelegen in een artikel van QUINBY en KARPER (1945), getiteld: "The inheritance of three genes that influence time of floral initiation and maturity date in milo."

Het artikel begint met de volgende belangwekkende zinsneden: *"Sorghum, Sorghum vulgare Pers., wordt, hoewel het duidelijk inheems is in tropisch Afrika, thans verbouwd tot op een breedte van 45°. Daar sorghum volgens GARNER en ALLARD (1923) een korte-dagplant is, hetgeen betekent dat de rijping versneld wordt bij groei onder korte photoperioden, moeten de varieteiten die zijn aangepast aan de hogere breedten met lange zomerdagen, in het verleden zijn ontstaan tengevolge van mutatie van de genen, die de gevoeligheid voor de photoperiode bepalen".*

De hierop volgende zeer gedocumenteerde literatuurbespreking, besluiten ze als volgt: *"Een overzicht van de literatuur. leidt tot de conclusie dat bij grassen,*

1e. *verschillen in rijpingsdata tussen varieteiten het resultaat zijn van verschillen in de tijd van bloeiaanleg;*
2e. *deze tijd van bloeiaanleg wordt bepaald door genen, die zelf beinvloed worden door milieufactoren als photoperiode, temperatuur en stikstofniveau;*
3e. *het moment van bloeiaanleg niet alleen de datum van rijpheid bepaalt, maar ook de uiteindelijke omvang van de plant;*
4e. *een biochemisch proces met een hormoonachtige stof de stimulans geeft die tot bloeiaanleg voert.*"

Het onderzoek had betrekking op de erfelijkheid van de groeiduur bij vier varieteiten van de zgn. Milo-groep, die in rijpingsduur aanzienlijk verschilden.

Bij een verkorte dag van 10 uur had de *bloeiaanleg* bij alle vier plaats na 19 dagen en de *bloei* na 43 tot 47 dagen. Ook het *aantal bladeren* was gelijk. Bij een daglengte van 14 uur daarentegen waren de typen zeer duidelijk te onderscheiden in een vroege, een medium-, een late en een zeer late varieteit.

Wat de *lengte van de internodien* betreft, waren drie typen te onderscheiden. Bij de *vroege* varieteit namen de internodien in lengte toe van beneden naar boven. De *medium*-varieteit had een kort internodium bij de top met erboven en eronder langere. De *late* en *zeer late* varieteiten hadden twee constrictiezônes, één vlak boven de grond en de andere dicht onder de top.

De *groeiduur* bij milo hangt samen met de bloeiaanleg. Dit is ook bepalend voor het aantal bladeren, de afmetingen en het gewicht van de plant. Het langste blad was bij de eerste drie typen het derde vanaf de top en in het laatste type het achtste van boven.

Het *groeitempo* was bij de vier varieteiten gelijk in tegenstelling tot de groeiduur.

QUINBY en KARPER (1947) vermelden in een volgend artikel nog de volgende gegevens, verkregen met 19 varieteiten.

Het aantal dagen tot de bloeiaanleg en tot de bloei was bij 10 uur kleiner dan bij ± 14 uur. Ook het aantal bladeren was bij 10 uur meestal kleiner.

In twee gevallen bleek een varieteit ongevoelig te zijn voor de belichtingsduur; één daarvan is de aan de noordelijke limiet van het verspreidingsgebied veel verbouwde broomcorn of bezemgierst. De andere varieteiten waren in verschillende mate gevoelig voor de belichtingsduur.

Interessante opmerkingen van beide auteurs zijn nog de volgende:

1. Als eenmaal de bloeiaanleg heeft plaatsgevonden, staat de omvang van de plant en de tijd tot de bloei vast, zelfs als de planten na de bloeiaanleg geen korte dag krijgen.
2. Met korte dag behandelde planten bloeiden normaal en gaven een normale pluim met zaden.
3. Als de korte-dagbehandeling bij de plant twee dagen voor de bloeiaanleg werd onderbroken, ging de plant weer bladeren aanleggen en gedroeg zich alsof hij nooit was onderworpen aan korte photoperioden.
4. Aan de temperatuureisen moet voldaan zijn; anders kan de gevoeligheid voor de photoperiode niet tot uiting komen.
5. Een dicht plantverband beperkt de uitstoeling en de hoogte van de plant, d.w.z. de groei. Daarentegen had het plantverband geen invloed op de bloeiaanleg en het aantal bladeren m.a.w. op de ontwikkeling.

COLEMAN en BELCHER (1952) kwamen voor drie proeven met verschillende zaaitijden bij korte dagen gedurende herfst en winter in Florida tot de volgende conclusies:

1. De gevoeligheid voor de photoperiode van een sorghumvarieteit komt pas tot uiting boven een zekere temperatuur.
2. De (5) varieteiten zijn in verschillende mate gevoelig voor lage temperaturen.
3. De gemiddelde daglengte van de 30 dagen die op de zaai volgen, is positief gecorreleerd met de hoogte van de plant.
4. Er werd een sterke negatieve correlatie gevonden tussen de gemiddelde dagtemperatuur van de 30 dagen volgende op de zaaidatum en het aantal dagen van zaai tot bloei. Bij een gemiddelde van 26° C kwam de bloei na 46 tot 61 dagen; bij een gemiddelde van 17° C na 83 tot 129 dagen, afhankelijk van de varieteiten.

ROELOFSEN (1952) zette in Bogor waar het verschil tussen de kortste en de langste dag ± 50 minuten bedraagt 2 proeven in met zaaitijden resp. 4 weken voor de langste en voor de kortste dag. Bij de korte dagen was de groeiduur meestal korter, het aantal bladeren kleiner en de stengel korter. Sommige varieteiten vormden bij de lange dagen 2 maal zoveel bladeren en internodiën, maar de stengellengte was niet 2 maal zo groot. Het bleek dat de bij lange dagen gevormde internodiën (het

dubbele aantal) gemiddeld korter waren.

ROELOFSEN vermeldt tenslotte, dat de gemiddelde temperatuur voor sorghum 20 - 30° C behoort te zijn; lage nachttemperaturen zijn ongunstig.

ROD en VRESKY (1955) onderwierpen 8 suikersorghums gedurende 16 en 32 dagen aan photoperioden van 4 en 8 uur. Bij 8 uur belichting gedurende 32 dagen verscheen de aar duidelijk vroeger dan in de andere gevallen.

ROD en ANDONOV (1957) onderwierpen 5 suikersorghums gedurende 5 dagen aan een verkorte photoperiode van 8 uur; de eerste serie van de 1e tot de 6e dag na opkomst, de tweede van de 6e tot de 11e dag enz., in totaal 14 series. De natuurlijke (lange) dag bedroeg 16 tot 17 uur.

Bij de vroegste varieteit waren 5 korte dagen tussen de 25e en 35e dag optimaal voor de bloei.

CERIGHELLI (1955) geeft in een naslagwerk op, dat de totale groeiduur van sorghums 80 tot 250 dagen is. De verbouw vinden we tussen 49° N. B. en 40° Z. B. en tot 2500 m hoog (Ethiopië). De opbrengsten bedragen 8 à 10 q/ha, soms meer.

De temperatuur moet minimaal 10 - 15° C zijn, maximaal ± 45° C (?); terwijl 30 - 32° C optimaal is. Het gemiddelde moet boven 23° C liggen.

APPATHURAI (1957) geeft op, dat beneden 24° en boven 36° C vertraging in de groeiduur optreedt.

BROOKE (1958) besteedt aandacht aan de sorghumcultuur in het Ethiopische bergland, waar het boven 1800 m het voornaamste gewas is. Tijdens de vrij koele, natte zomers zijn de temperaturen daar minimaal 11 - 15°C en maximaal 22 - 27° C.

3. *Conclusies.*

1. Bij photoperioden van 8, 10 of 12 uur per etmaal vindt de aanleg van de bloeiwijze (bloeiaanleg) en de bloei eerder plaats dan bij langere belichtingsduur; sorghum is dus een korte-dagplant.

2. De gevoeligheid van de varieteiten voor de photoperiode is verschillend; in het algemeen zijn de vroegrijpe minder gevoelig dan de laatrijpe.

3. De verspreiding van de cultuur naar hogere breedten

gaat samen met geringere gevoeligheid voor de photoperiode en kortere groeiduur.

4. Zoals bij alle grassen is het moment van bloeiaanleg bepalend voor het aantal dagen tot bloei en rijpheid, - de groeiduur-, aantal en grootte van de bladeren, lengte van stengel en internodiën en de opbrengst. Tussen deze grootheden bestaat een nauw verband; de belichtingsduur na de bloeiaanleg heeft geen invloed.

5. De duur van de juveniele phase zou tussen 16 en 32 dagen liggen.

6. Inductie-tot-bloei met een photoperiode van 8 uur gedurende 5 dagen - gegeven tussen de 25e en de 45e dag na de uitzaai - vervroegt de bloei.

7. Het aantal zonne-uren (belichtingssterkte) is van grote invloed op groei en ontwikkeling.

8. Het groeitempo is ongeveer constant en bedraagt voor de Amerikaanse varieteiten 2,8 tot 3,5 dagen per blad.

9. Onderbreken we een korte-dagbehandeling twee dagen voor de bloeiaanleg, dan gaat de plant weer bladeren aanleggen en groeit normaal verder.

10. Het totaal aantal bladeren is bij korte dag kleiner dan bij lange dag t.g.v. de kortere groeiduur. De verschillen tussen beide aantallen kunnen aanzienlijk zijn; ze zijn in hoge mate gecorreleerd met de groeiduur. Seizoen en zaaidatum beinvloeden het aantal bladeren, het plantverband niet.

11. Het langste blad is bij vroegrijpe varieteiten het 3e blad van de top af, bij laatrijpe het 8e blad van de top af gerekend.

12. De lengte van de stengel neemt toe bij lange belichtingsduur, echter niet proportioneel met de toename in het aantal bladeren en internodiën; deze laatsten worden bij lange dagen gemiddeld korter. Er bestaat een positieve correlatie tussen de gemiddelde photoperiode in de eerste maand na de zaai en de stengellengte. Een dicht plantverband beperkt de stengel-

lengte.

13. De opbrengst is bij vroegrijpe sorghums met hun geringer aantal (kleinere) bladeren lager dan bij laatrijpe varieteiten. Slechts 15% van het uiteindelijk drooggewicht van de plant wordt gevormd gedurende de eerste helft van de vegetatieperiode.

14. De gevoeligheid voor de photoperiode komt pas tot uiting boven een zekere temperatuur; de gevoeligheid van de varieteiten voor lage temperaturen is zeer verschillend.

15. De gemiddelde temperatuur - in de eerste maand - en het aantal dagen van zaai tot bloei zijn negatief gecorreleerd.

16. De optimale dagtemperatuur is gemiddeld 30 - 32° C, de optimale nachttemperatuur is onbekend; het nachtminimum is gemiddeld 10 - 15°; het dagmaximum 45°; de gemiddelde etmaaltemperatuur 23° of meer.

4. Doelstelling.

In 1955 schreef CERIGHELLI: "Le Sorgho est essentiellement une plante de lumière, dont le photopériodisme est encore assez mal connu."

Overzien wij echter de voorgaande bladzijden, dan komt deze uitspraak enigszins op losse schroeven te staan, zeker waar CERIGHELLI uitsluitend refereert aan COLEMAN en BELCHER (1952) en daarmee zeer onvolledig is.

Wel valt op, dat in de ons bekende literatuur vaak slechts bij twee photoperioden is gewerkt, een verkorte van 8 of 10 uur en een lange, waarvoor dan de niet-constante natuurlijke daglengte fungeerde. Nergens vonden wij een onderzoek, waarbij gewerkt was met een reeks photoperioden, te beginnen met zeer korte en oplopend tot zeer lange, waarbij kunstmatige bijbelichting moest worden toegepast.

Verder is voorbij gegaan aan de eventuele invloed van de lichtintensiteit. Slechts VINALL en REED (1918) wezen op een mogelijk invloed van zonnestraling en bewolkingsgraad, evenals ROD en ANDONOV (1957).

Hiermee waren de lijnen voor ons onderzoek uitgezet.

Samenvattend kunnen wij ze als volgt formuleren:

1. De invloed van een reeks photoperioden - van 5 tot 24 uur - op het moment van bloeiaanleg en bloei en op de ontwikkeling en de aard der phasen, die hierbij worden doorlopen.
2. De invloed van de genoemde photoperioden op veranderingen in ontwikkeling en groei als bladaanleg, -aantal, -strekking en -lengte, stengelstrekking en -lengte en drooggewichtstoename.
3. De invloed van de lichtintensiteit op ontwikkeling en groei, waarbij gelet is op het verband tussen de zonnestraling (hoge intensiteit) en de aanvullende belichting (lage intensiteit).
4. De invloed van de temperatuur op genoemde processen.

HOOFDSTUK II

MATERIAAL EN METHODEN.

Dit hoofdstuk omvat een beschrijving van de apparatuur en de proefplant, een uiteenzetting van de werkwijze en gegevens over zonlicht en temperatuur in de proefruimten.

1. Apparatuur.

De proeven zijn uitgevoerd in twee verschillende kassen en in geconditioneerde ruimten in het laboratorium. De opstellingen worden achtereenvolgens beschreven.

1.1. C-kas.

In deze kas is het merendeel van de proeven uitgevoerd. Het betreft hier een grote, zeer hoge kas (18 x 18 x 7.50 m) met verwarming. De temperaturen varieerden er van 15 tot ruim 35° C.

In de C-kas waren de volgende drie opstellingen ter beschikking:

1.1.1. De lichtdichte kasten met afneembare schotten.

De kasten bestonden uit een boven de bakken (3.15 x 0.50 m) geplaatst houten geraamte (2.20 m hoog) dat met schotten gesloten kon worden.

Desgewenst kon aan de planten in zo'n kast bijbelichting gegeven worden met drie Philips fluorcentiebuizen TL 40 W 55, die tegen de bovenzijde waren aangebracht. De belichtingsduur werd automatisch geregeld door schakelklokken.

Deze kasten werden alleen in 1957 gebruikt, en slechts ter aanvulling van de overige proeven. De resultaten ermee waren ongunstig. Voor gedetailleerde beschrijving van de kasten, zie WORMER (1953).

1.1.2. De lichtdichte, afneembare hoezen.

Boven 9 bakken van 1.11 x 1.07 m was een frame van stalen buizen aangebracht met een hoogte van 1.70 m. Over ieder frame was een hoes aan te brengen van dubbel

zeildoek. In de bovenzijde hiervan bevond zich een lichtdichte luchtsluis. De hierdoor binnentredende lucht werd aan de benedenzijde afgezogen.

Waar nodig werd bijbelichting gegeven met één fluorescentiebuis TL 40 W 55, waarvan de hoogte was te regelen. De lamp was geschakeld op een klok.

De beperkte hoogte van het frame was een groot bezwaar; de planten met een lange groeiduur werden zo hoog, dat ze vaak zwaar werden beschadigd. Vooral de lange-dagobjecten kwamen zodoende in minder gunstige omstandigheden.

Deze opstelling werd in 1955 ontworpen door BEST en gebruikt voor een drietal proeven in 1957.

1.1.3. De wagens met loodsen.

Ter vervanging van beide genoemde opstellingen werd in 1958 een nieuwe installatie in gebruik genomen. Ook hiervan was het ontwerp van BEST.

Deze opstelling beslaat de oostelijke helft van de kas, zie fig. 1. Aan de noordzijde is een lichtdichte loods van

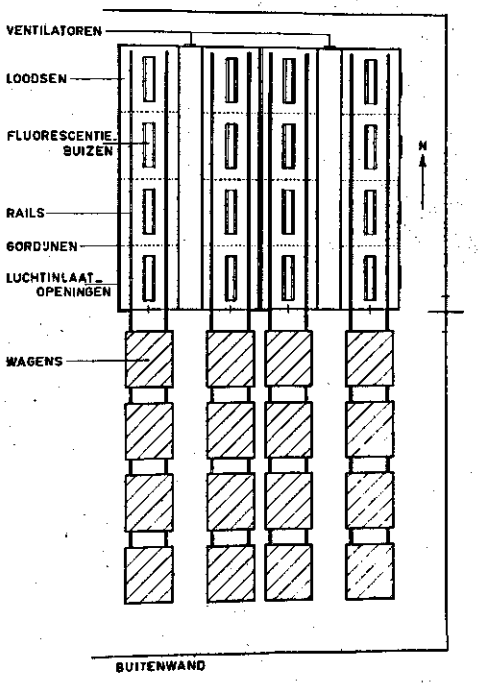


Fig. 1. Plattegrond van de wagens met loodsen in de C-kas.

hout en hardboard opgetrokken, die in vier gedeelten is gescheiden van elk 7.40 x 1.60 m. Het dak van de loods loopt op van oost naar west; de hoogten van de loodsgedeelten bedragen ten gevolge van deze helling resp. 2.40 m, 3.30 m, 3.65 m en 4.15 m, gemeten in de nok en resp. 1.95 m, 3.00 m, 3.45 m en 3.80 m gemeten aan de deuropening. Ieder gedeelte is met zwarte gordijnen in vier compartimenten verdeeld.

In ieder gedeelte ligt een paar rails, waarover 4 wagens zijn te verplaatsen. Iedere wagen draagt een stalen bak van 1.55 x 1.25 x 0.50 m.

In ieder compartiment is een set van twee fluorescentiebuizen TL 40 W 55 aangebracht, waarvan de hoogte gemakkelijk is te verstellen.

De ventilatie wordt verzorgd door twee Stork ringventilatoren achter op de loods, die het luchtvolume 2 maal per minuut verversen. De lucht wordt onder in de loodsen binnengezogen. Met deze handelwijze wordt bereikt, dat temperatuur en luchtvochtigheid binnen en buiten de loods gelijk zijn.

Deze opstelling voldeed uitstekend.

1.2. A-kas.

In deze kas bevond zich een installatie met loods en wagens, analoog aan de juist beschrevene, zie fig. 2. Hier-

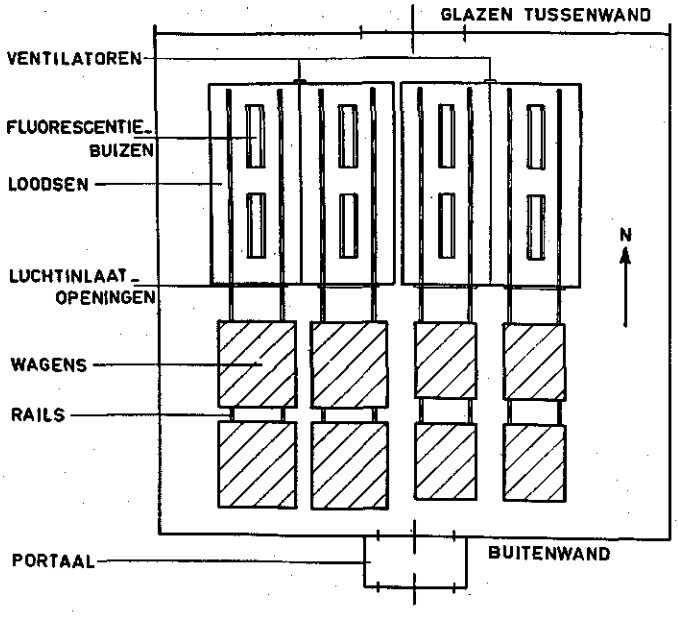


Fig. 2. Plattegrond van de wagens met loodsen in de A-kas.

mee werd een drietal proeven verricht in 1957 en één in 1958.

Onze proefruimte besloeg hier de helft van een lagere kas van 10 x 10 x 5 m. De lichtinval en daarmee de lichtintensiteit is ongunstiger dan in de C-kas.

Boven het noordelijk gedeelte van de rails staan twee lichtdichte loodsen van hout en hardboard, ieder in tweeën gedeeld. De afmetingen van ieder deel zijn 4.00 x 1.75 x 2.75 m, gemeten in de nok. De hoogte van de deuropening is 2.25 m.

Ventilatie en bijbelichting zijn als in de loodsen in de andere kas.

De afmetingen van de bakken zijn 1.50 x 1.20 x 0.50 m voor de vier kleine wagens aan de oostzijde en 1.70 x 1.50 x 0.45 m voor de vier grote wagens aan de westzijde.

Daar de bovenrand van de wagens 1 m boven de grond zit, bedraagt de vrije hoogte voor de planten in de deuropening slechts 1.25 m.

Dit bezwaar naast dat van de ongunstige lichtinval en slagschaduw maakt deze opstelling minder gunstig dan die in de andere kas.

Voor meer details van deze opstelling, zie WORMER (1953).

1.3. De thermostaatkasten.

Gold bij de hiervoor beschreven opstellingen, dat de planten - althans gedeeltelijk - zonlicht kregen, hier werd uitsluitend met kunstlicht gewerkt.

In deze kasten is de temperatuur te regelen. Om deze reden werden zij enige malen gebruikt, teneinde de invloed van de temperatuur op de ontwikkeling na te gaan. Daar de planten vanwege de te lage lichtintensiteit (en het spectrum?) kwijnden, konden slechts proeven van beperkte duur worden genomen.

Deze zes kasten hebben een inhoud van 0.60 x 0.60 x 1.60 m. De lichtbron werd hier gevormd door twee H.O. 450 kwiklampen van 450 Watt en een gloeilamp van 150 Watt. De warmtestraling werd opgevangen door een continu ververste waterlaag van 4 cm.

In iedere kast konden maximaal zes potten staan op iedere gewenste afstand van de lichtbron. Er werd op 0.15 m afstand van de glazen ruit onder de waterlaag een lichtintensiteit van 45.000 ergs/cm^2/sec gemeten voor de kwiklampen en 6.000 ergs/cm^2/sec voor de gloeilamp.

De lucht werd continu ververst en desgewenst verwarmd of gekoeld. De relatieve luchtvochtigheid varieerde tussen 50 en 80%.

Voor nadere details, zie FORTANIER (1957).

2. *Plantmateriaal.*

2.1. *De indeling van het geslacht Sorghum.*

Daar over de systematische indeling van de proefplant geen eenstemmigheid bestaat, moest een keuze worden gedaan. Deze is gevallen op de indeling van SNOWDEN (1936), die gevolgd wordt door ENGLER en PRANTL (1940).

Sorghum vulgare Pers. behoort tot de familie der *Gramineae*, onderfamilie der *Andropogoneae*. SNOWDEN onderscheidt een complex (*Sorghum sativa*) behorende tot *Sorghum vulgare* Pers. Dit complex verdeelt hij in 31 cultuurvormen, als volgt samengevat tot 6 groepen:

groep: 1. Drummondii (3 cultuurvormen)
2. Guineënsia (7 cultuurvormen)
3. Nervosa (6 cultuurvormen)
4. Bicoloria (6 cultuurvormen)
5. Caffra (5 cultuurvormen)
6. Durra (4 cultuurvormen)

De 31 cultuurvormen van SNOWDEN tellen een groot aantal varieteiten, die slechts ten dele beschreven zijn.

De meeste sorghums worden aangetroffen in tropisch Afrika, rond de evenaar tot 15° N.B. met drie kernen resp. in West, N.O. en Z.O. Afrika. De regenval is daar 750 - 1000 mm per jaar met een uitgesproken droge tijd. De hoogte boven zee is vaak aanzienlijk. Het gebied heeft uitlopers naar de Middellandse Zee en oostwaarts naar India en China.

De geographische verspreiding van de zes groepen is in grote trekken als volgt:

1. en 2. De groepen Drummondii en Guineënsia komen grotendeels voor in tropisch West Afrika; enkele cultuurvormen worden beschreven in Z.O. Afrika.
3. De groep Nervosa heeft een cultuurvorm in China en één in Malakka; de anderen vinden we van N.O. Afrika tot in India.
4. De Bicoloria-groep zou uit het Midden-Oosten of India stammen. We vinden de cultuurvormen, waaronder dochna, echter in de meeste landen,

ook in gebieden met een gematigd klimaat als Zuid-Europa en de U.S.A.

5. De Caffra-groep vinden we in heel Zuid-Afrika tot in Noord-Rhodesia, Zuid-Tanganyika en Zuid-Oost Congo. Twee cultuurvormen vinden we tot in Sudan en Noord-Nigeria.

6. De Durra-groep tenslotte vinden we vnl. in Ethiopië en Sudan met verspreiding tot in India en Ceylon.

FERGUSON (1951) geeft nog een overzicht van de afkomst van belangrijke cultuurvarieteiten.

Het type *Shallu* is een roxburghii uit de groep Guineënsia.

Het type *Feterita* (caudatum) en het type *Kaffir* (caffrorum) vallen onder de groep Caffra.

Het type *Hegari* is naar onze mening een caffrorum uit de Caffra-groep.

De typen *Milo* (subglabrescens) en *Durra* (durra) behoren tot de groep Durra.

2.2. *Beschrijving van de proefplant.*

Hierbij worden ARTSCHWAGER (1948) en SNOWDEN (1936) gevolgd.

Sorghum is een eenjarig gras.

De stengel is 1 tot 6 m lang en 0.5 tot 3 cm dik, verdeeld in een aantal gevulde cylindrische internodiën. Deze zijn vaak bedekt met een waslaagje. De plant stoelt min of meer uit, afhankelijk van klimaat, plantafstand en varieteit. Aan de top zien we soms zijscheuten van de stengel.

De bladeren zijn als bij andere grassen afwisselend tegenoverstaand en liggen ongeveer in één (verticaal) vlak. Het aantal bladeren varieert van 7 tot 28 (soms zelfs meer). Ieder blad bestaat uit schede en schijf. De bladschijf is lancetvormig, lang en plat. De hoofdnerf is opvallend wit van kleur. De bladschijf is 50 - 100 cm lang en 5 - 10 cm breed. De bladschijf is van de bladschede gescheiden door het bladgewricht met twee gewrichtsdriehoeken en een tongetje of ligula. Het laatste is een vliezig aanhangsel, dat tegen de stengel ligt en (waarschijnlijk) de stengel beschermt tegen het inlopen van regenwater. De bladschede omgeeft het internodium als een open buis met overlappende randen. Op de bladschede ligt een flinke waslaag. Op de plaats waar de bladschede op de

stengel is ingeplant, is de laatste enigszins verdikt.

Het wortelstelsel is wijd vertakt en gaat als regel een meter diep, soms meer, de grond in. Aan de bijwortels, die deels bovengronds ontstaan uit de z.g. groeiringen van de onderste internodiën, vinden we zeer veel fijnere vertakkingen. Naar wordt aangegeven is dit ruim twee maal zo groot als bij *mais*. Dit zou de droogteresistentie van de plant bevorderen.

De bloeiwijze is - enkele uitzonderingen daargelaten - een compacte of een open pluim. De pluim is gewoonlijk staand, maar in sommige groepen gebogen of hangend (z.g. goosenecks). De hoofdas is gegroefd en bij de vertakkingen behaard. De zijassen staan in onregelmatige kransen ingeplant. Ze kunnen zelf verder vertakt zijn. De uiterste vertakkingen dragen één of enkele dubbele aartjes, die ellipsvormig zijn en aan de rugzijde gewoonlijk afgeplat. Van de dubbele aartjes is één zittend en tweeslachtig; het andere is gesteeld en mannelijk. Het fertiele aartje heeft twee dikke schutblaadjes, van ongeveer gelijke lengte. Het buitenste schutblaadje omvat het iets smallere binnenste gedeeltelijk. De schutblaadjes omsluiten twee bloempjes, waarvan het bovenste fertiel is en het onderste steriel. Het bovenste kroonkafje is benaald, het andere ontbreekt of is zeer klein. Er zijn twee brede, behaarde zwellichaampjes, drie meeldraden en twee veervormige stempels.

De rijpe graanvrucht (korrel) is geheel of gedeeltelijk omgeven door schutblaadjes. De korrel is ovaal, iets langer dan breed en glad. De korrel is aan één zijde afgeplat; aan die zijde bevindt zich binnenin aan de onderzijde de kiem. De korrels kunnen wit, geel of roodbruin zijn, de kafjes hebben soms een andere kleur, b.v. zwart.

2.3. De collectie.

Daar de systematische indeling in verschillende cultuurvormen nog zeer onduidelijk is, zal in den vervolge slechts over "varieteiten" worden gesproken.

Door import uit vele landen werd de collectie uitgebreid tot 101 varieteiten. Hiervan zijn 35 varieteiten uiteindelijk in de proeven opgenomen. Voor de namen, het land van herkomst en indien bekend SNOWDEN's indeling, zie bijgaand overzicht.

3. Werkwijze.

Tenzij anders vermeld, werd de volgende werkwijze

varieteit	cultuurvorm *	land van herkomst
Short Kaura		Nigeria
Akuki	conspicuüm	
Janare	guineënse	
42 B	durra	Kenya
S 132	caudatum	en
Dobbs	caudatum	Tanganyika
S 117		
Wiro		
A. S. 9391		India
K 1		
Co 2		
Bogor 269		Indonesië
Bogor 305		
Bogor 311		
Bogor 373		
Ontjir padi	bicolor	
Solor kuning	bicolor	
Feterita	caudatum	Noord-Afrika
Hegari	caffrorum	
Dochna	dochna	
B. C. 27		Congo
B. C. W. K. 3	caudatum	
Pretoria	caffrorum	Zuid-Afrika
Kaffircorn	caffrorum	
Club kafir	caudatum	
Martin milo	subglabrescens	U. S. A.
Fremont		
Oklahoma	caudatum	
Brantfort White	subglabrescens	
Early White	subglabrescens	
Black Amber		
Norghum		
Colby		
D. D. Yellow Sooner	subglabrescens	
Midland		

* eigen determinatie

toegepast.

3.1. Plantbehandeling.

Zaai. Er werd gezaaid in zaaipannen.

Uitplanten. Als het derde blad zichtbaar werd - na ruim een week - werden de zaailingen uitgeplant. Alleen gezonde, onbeschadigde, ongeveer even grote zaailingen werden uitgezet.

Grond. Gebruikt werd een door ervaring verkregen mengsel van zandgrond, bladaarde, oude koemest en compost.

Bemesting. Voor het planten werd een voorraadbemesting toegediend van (per plant):

0,2 gram ammoniumsulfaat,
0,1 gram primair kaliumphosphaat,
0,1 gram magnesiumchloride,
0,05 gram natrium-ferri-sequestréne.

De beide eerste stoffen dienden als NPK-gift. Het magnesiumchloride werd gegeven met het oog op eerder bij rijst waargenomen gebreksverschijnselen. Het natrium-ferri-sequestréne - een oplosbare organische verbinding van ferri-ionen - werd gegeven tegen chloroseverschijnselen, die zich kunnen voordoen bij onderbelichte planten.

Plantverbanden. In de wagens werd 18 cm in de rij en 16,5 cm tussen de rijen aangehouden, d.w.z. 8 rijen van 9 planten in de kleine wagens en 8 rijen van 11 planten in de grote. Als regel werd gewerkt met vier varieteiten per bak, ieder van 2 rijen. De buitenste rijen stonden 5 tot 10 cm van de rand. Tussen de rijen werden vaak nog extra planten uitgezet, die dienden voor de eerste analyses.

In de betonnen bakken (C-kas, 1957) was de plantafstand 20 cm in de rij en 14 cm tussen de rijen. Werd met potten gewerkt dan was het verband minimaal 22 x 22 cm.

Deze plantverbanden werden geleidelijk uitgedund om analyseplanten te verkrijgen.

Belichting-verduistering. Met de bijbelichting resp. verduistering werd als regel de dag na het uitplanten begonnen. Alle verduisteringsapparatuur werd 's morgens om 7 uur geopend. Objecten met een photoperiode van 12 uur of langer werden om 19 uur verduisterd, waarna de bijbelichting zo nodig ging branden. De lampen werden zoveel mogelijk op ongeveer één meter boven de planten gehouden.

Onderhoud. Het vijfde, tiende blad enz. werden gemerkt om het totale aantal steeds te kunnen vaststellen. Uitge-

groeide okselknoppen en uitlopers werden verwijderd, daar het onderzoek zich tot de hoofdstengel beperkte.

3.2. Analyses en metingen.

De waarnemingen hebben zich uitgestrekt tot de volgende punten:

1. de datum waarop de aanleg van de bloeiwijze (bloeiaanleg) microscopisch zichtbaar werd;
2. de data waarop resp. het gewricht van het vlagblad, de pluim en de meeldraden (de bloei) zichtbaar werden;
3. het aantal bladeren, uitwendig zichtbaar op het moment van bloeiaanleg, en het totale aantal;
4. de strekking en de lengte van de bladeren;
5. de strekking en de lengte van de stengel en de pluim;
6. de toename van het drooggewicht.

Analyse vegetatiepunt. Voor het onder 1 genoemde was het noodzakelijk regelmatig planten uit te trekken en het vegetatiepunt eruit te prepareren. Dit werd gebracht in een paar druppels chloraalhydraat op een objectglas. Na enige uren staan of na even verwarmen is het doorzichtig geworden en onder de microscoop te beoordelen.

Het criterium voor de overgang van de vegetatieve in de generatieve phase is, of het vegetatiepunt het afsnoeren van bladprimordia heeft gestaakt en overgegaan is tot aanleg van de bloeiwijze. Het is wel eens moeilijk hierover een uitspraak te doen. Wij zijn tot een reeks qualificaties gekomen, die loopt van vegetatief tot enige dagen generatief. Zie hiervoor fig. 3, microscopische foto's, die voor twee varieteiten van een aantal stadia zijn genomen. Aan de hand van deze foto's is de ontwikkeling als volgt te beschrijven.

Het vegetatiepunt is aanvankelijk halfcirkelvormig. Beurtelings worden aan beide zijden kleine opzwellingen zichtbaar, die vervolgens uitgroeien tot bladprimordia. Op een gegeven moment begint het vegetatiepunt zich te strekken en neemt een langwerpige vorm aan. Er worden daarna geen bladprimordia meer gevormd. Dit is te zien doordat aan die zijde, waar een opzwelling had moeten komen, niets gebeurt. Het vegetatiepunt wordt nu behalve langer ook breder. Een weinig later ontstaan aan de verbrede voet uitstulpingen. Dit zijn de toekomstige zijassen van de pluim. Ongeveer drie dagen later is het gehele vegetatiepunt met deze uitstulpingen overdekt. Ze gaan zich dan op hun beurt differentieren enz., waardoor

Fig. 3A.

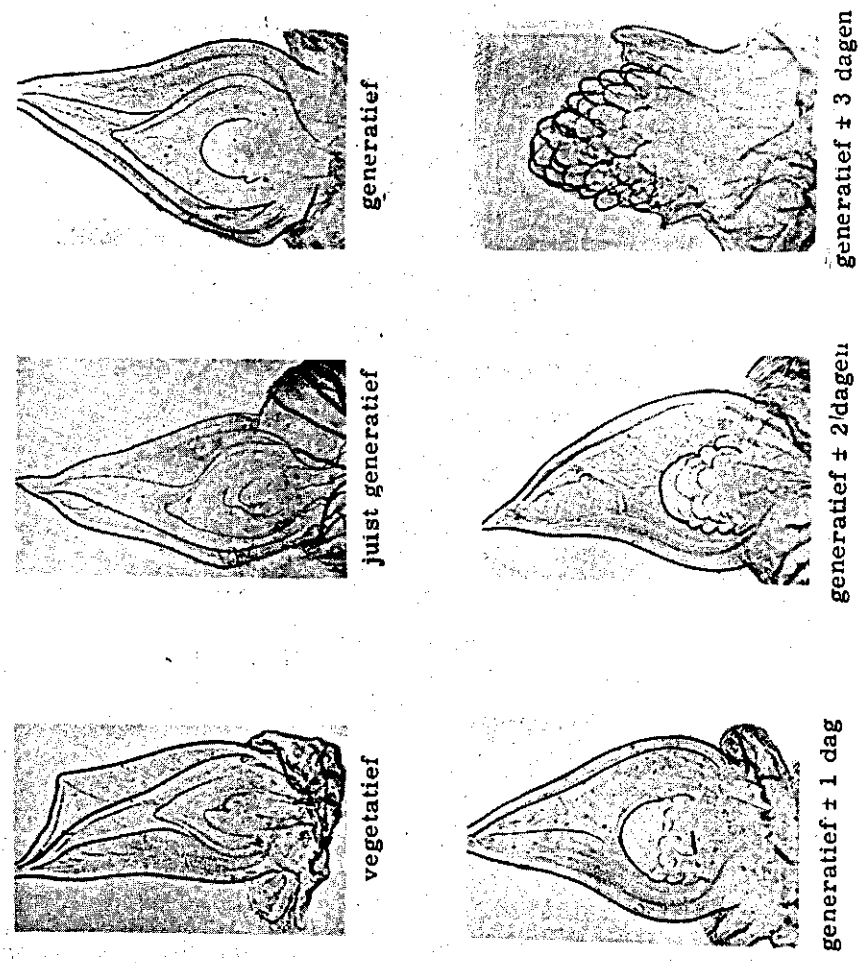


Fig. 3 A. 6 ontwikkelingsstadia van het vegetatiepunt bij de varieteit *Norghum*. (30 x).

Fig. 3B.

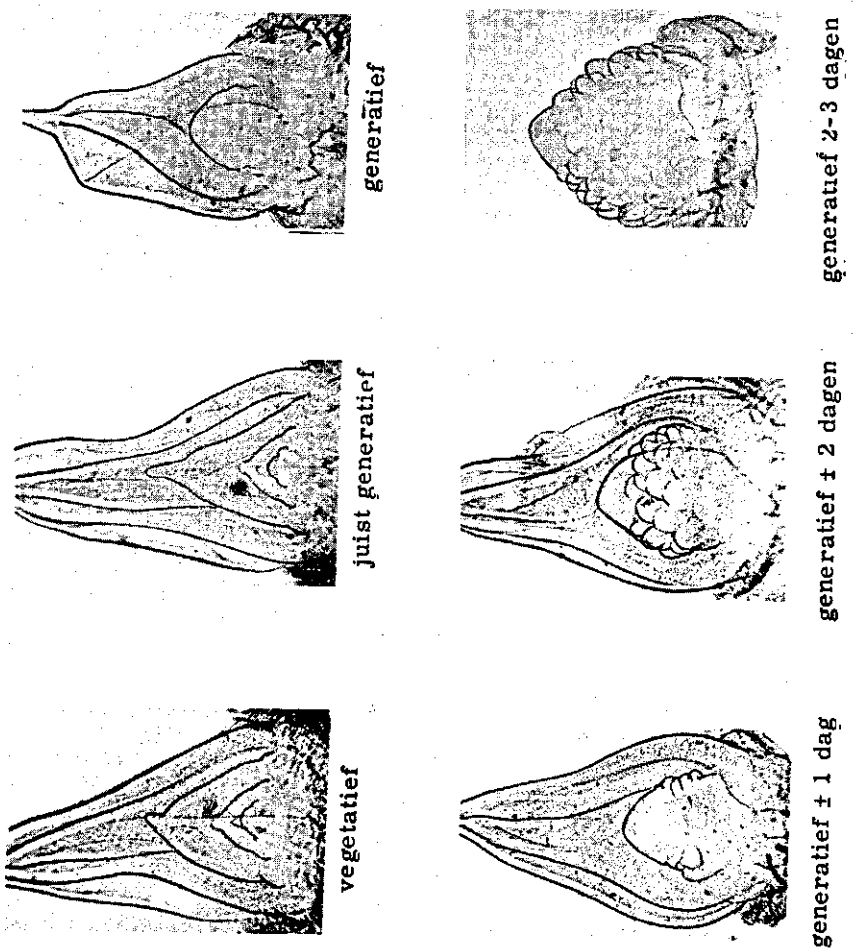


Fig. 3 B. 6 ontwikkelingsstadia van het vegetatiepunt bij de varieteit *Dobbs* (30 x).

de jonge pluim herkenbaar wordt.

Daar wij per varieteit nooit over meer dan 26, soms 32 planten de beschikking hadden, was het geboden om zeer voorzichtig te werk te gaan met het uittrekken van analyseplanten. Dit drong temeer wanneer de planten van een object laat generatief werden, omdat dan reeds een aanzienlijk aantal planten bij het noodzakelijk uit-

	photoperiode 10 uur							photoperiode 24 uur					
plant no.	datum analyse	phase	datum gen.	aantal bladeren	aantal dagen van zaai tot gen.	stengel-lengte in cm	datum analyse	phase	datum gen.	aantal bladeren	aantal dagen van zaai tot gen.	stengel-lengte in mm
1	1/5	net gen.	1/5	9	29	7	16/5	net gen?	--	13	---	85
2	1/5	net gen?	---	8	--	7	16/5	net gen?	--	14	---	53
3	1/5	net gen?	---	8	--	6	17/5	net gen.	17/5	13	45	70
4	2/5	net gen.	2/5	8	30	10	17/5	gen.	17/5	14	45	93
5	2/5	net gen.	2/5	8	30	9	19/5	net gen.	19/5	13	47	89
6	2/5	net gen.	2/5	8	30	8	19/5	gen.	19/5	14	47	79
7	5/5	gen.	5/5	10	33	15	19/5	gen.	19/5	13	47	91
8	5/5	net gen?	---	10	--	14						
9	6/5	gen1 dag	5/5/	10	33	14						
10	7/5	gen.	7/5	10	35	14						
11	7/5	gen±2 dagen	5/5	11	33	17						
12	7/5	gen2-3dag.	4/5	11	32	17						
13	8/5	gen2-3dag.	5/5	11	33	20						
14	8/5	gen1 dag	7/5	11	35	16						

gem. aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg: 32,1
aantal uitwendig zichtbare bladeren: ± 8.

aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg: 46,2
aantal uitwendig zichtbare bladeren: ± 13.

TABEL 1: gedeelte van een analysestaat voor *Norghum*, proef 4, 1958, bij 10 en 24 uur; aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg, aantal uitwendig zichtbare bladeren ten tijde van de bloeiaanleg en stengelstrekking.

dunnen verdwenen was. Wij krijgen dan vaak een beeld als in bijgaand staatje van Norghum uit proef 4 (tabel 1). De datum van generatief worden, is bepaald door het gemiddelde te nemen van de positieve uitkomsten (net gen. t/m gen. ± 3 dagen). Wiskundig bezien is wel wat aanmerking te maken t. a. v. het geringe aantal waarnemingen, vooral bij de late objecten. Daartegenover staat echter, dat bij deze late objecten de verschillen tussen twee objecten groot genoeg zijn, om het beeld niet te zeer te vertroebelen.

Analyse bladeren enz. Aan de genoemde analyseplanten zijn soms meerdere waarnemingen gedaan dan wat betreft het vegetatiepunt. Zo werd altijd het totaal aantal uitwendig zichtbare bladeren genoteerd. In bepaalde gevallen is tevens de strekking van de bladeren en van de stengel gemeten en het drooggewicht van de plant bepaald.

Metingen. Anderzijds werden in bepaalde proeven drie of vijf planten per object uitgezocht en genummerd, waaraan dagelijks of wekelijks tellingen en metingen werden verricht. Dit betrof de data van verschijning van vlag, pluim en meeldraden (bloei), het totaal aantal bladeren,

de strekking van de bladschijf en de strekking van stengel en pluim.

4. De lichtfactor.

Voor het merendeel van onze proeven hebben wij gebruik gemaakt van zonlicht, aangevuld met kunstlicht (TL buizen); soms is alleen kunstlicht (Kwiklampen HO 450) toegepast.

Gezien de wisselende stralingsintensiteit van het zonlicht, hebben wij deze berekend voor de perioden waarin onze proeven hebben gelopen. In het volgende hoofdstuk worden de uitkomsten van bepaalde proeven hieraan getoetst.

Verder volgt in deze paragraaf een opgave van de verlichtingssterkte bij de gebruikte lampen.

4.1. Stralingsintensiteit.

De stralingsintensiteit is berekend volgens de formule: $R_I = R_O\ (0,29 + 0,71\ \frac{n}{N})$. Hierin is:

RI = stralingsintensiteit, voor de kortgolvige straling, in cal/cm^2/etmaal;

R_O = constante voor de stralingsintensiteit voor een bepaalde maand;

n = aantal minuten zonneschijn;

N = maximale zonneschijnduur (natuurlijke daglengte).

Deze waarden zijn berekend in gemiddelden per decade en per maand. Ze zijn uitgezet in de histogrammen, fig. 4.

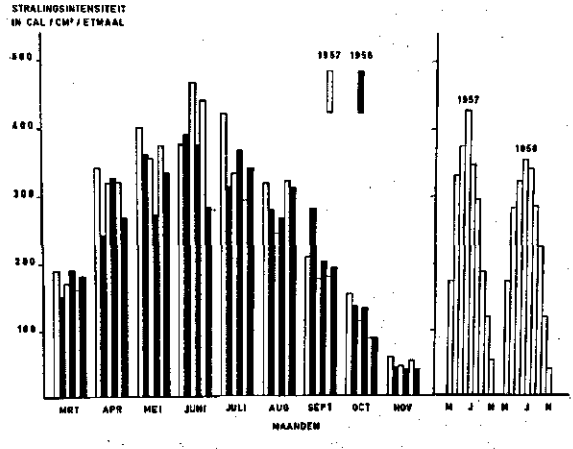


Fig. 4. Gemiddelde stralingsintensiteit in cal/cm^2/etmaal, gemiddeld per decade en per maand; te Wageningen over de maanden maart t/m november 1957 en 1958.

Door reflectie op de glazen wanden en het dak van de kas gaat 35 - 40% van de stralingsintensiteit voor de planten verloren.

De waarden van de stralingsintensiteit voor het berekende gebied lopen sterk op van maart naar april. Van april tot in juni is de stijging geleidelijker. Na het hoogste punt in juni bereikt te hebben, volgt een geleidelijke teruggang tot in augustus. Daarna vermindert de intensiteit snel.

Dit verloop geldt zowel voor 1957 als voor 1958. Wel zijn twee belangrijke verschillen te zien nl. in het voorjaar (april, mei, juni) dat in 1957 veel zonniger was en in de maand september, die in 1958 belangrijk lichter was. Gezien deze beide verschillen is het verloop van de stralingsintensiteit in 1957 veel geprononceerder.

Het verloop van de per decade berekende waarden is veel grilliger, zoals blijkt uit het histogram, zie fig. 4.

4.2. Verlichtingssterkte.

De intensiteit van het aanvullend kunstlicht in de proefruimten is grotendeels direct gemeten (met een vlakke photocel) en verder berekend uit fabrieksgegevens.

De waarden waren als volgt, gemeten op 1 m onder de lampen:

1. *De lichtdichte kasten met afneembare schotten:*
   250 ergs/cm^2/sec.
2. *De lichtdichte, afneembare hoezen:*
   250 ergs/cm^2/sec.
3. *De wagens met loodsen in de C-kas:*
   2000 ergs/cm^2/sec.
4. *De wagens met loodsen in de A-kas:*
   2000 ergs/cm^2/sec.

5. De temperatuur.

De temperaturen in de kassen zijn niet regelbaar. Ze wisselen nogal sterk gedurende een proefseizoen. De belangrijkste factoren die hierop invloed uitoefenen, zijn:

1. de zonnestraling;
2. de veldtemperatuur;
3. de verwarmingsinstallatie.

De werking van deze drie factoren is in grote trekken de volgende:

ad 1. Zodra de zon schijnt, beginnen de temperaturen in de afgesloten kasruimte (onder glas!) op te lopen. Deze

invloed is vooral uitgedrukt in de maximale temperaturen. Ze zijn in het voorjaar met zijn lange, vaak heldere dagen relatief en zelfs in absolute zin hoog. In het najaar daarentegen zijn de maxima laag.

ad 2. Gezien het grote glazen oppervlak van de kassen, dat weinig isoleert, heeft de veldtemperatuur een belangrijke invloed op de kastemperatuur. Deze invloed is te zien in de gemiddelde temperaturen in de zomer.

ad 3. In voor- en naseizoen moeten de A- en C-kas gestookt worden, omdat anders de minimumtemperaturen te laag worden. Dat b.v. in de C-kas in september 1957 de minimumtemperaturen lager zijn dan in october 1957, wijst op de invloed van de verwarming in october.

Daar om genoemde redenen de temperaturen zeer wisselend zijn, zijn ze gedurende de proeven geregistreerd. Het is nu bij benadering mogelijk aan te geven in welk traject is gewerkt. Dit is van groot belang gezien de invloed van de temperatuur op de bloeiaanleg. Over doelbewuste proeven aangaande de invloed van de temperatuur wordt in hoofdstuk IV gesproken.

De temperaturen zijn geregistreerd op ongeveer 30 cm hoogte. De gemeten waarden zijn opgenomen in tabel 2.

C-kas 1957	april	mei	juni	juli	augustus	september	october
maximum	31,9	31,9	32,1	31,8	29,4	25,8	28,3
minimum	16,6	17,5	18,1	19,4	16,3	15,9	17,5
gemiddeld	24,3	24,8	25,1	25,4	23,0	20,8	22,3
verschil	15,3	14,3	14,0	12,1	12,8	9,7	8,7
C-kas 1958							
maximum		33,1	31,8	30,2	31,4	31,1	28,3
minimum		20,8	18,6	19,7	20,0	20,0	20,8
gemiddeld		27,0	25,2	24,9	25,7	25,6	23,6
verschil		12,2	13,2	10,5	11,4	11,0	5,5
A-kas 1957							
maximum	33,9	32,0	31,1	31,1	30,8	26,8	25,5
minimum	16,4	17,7	17,6	18,8	17,6	17,8	17,5
gemiddeld	25,2	24,8	24,4	25,0	24,2	22,3	21,5
verschil	17,5	14,3	13,4	12,3	13,2	9,0	8,1
A-kas 1958							
maximum	26,0						
minimum	15,3						
gemiddeld	20,6						
verschil	10,7						

TABEL 2: temperatuurmaxima en -minima, -gemiddelden en -verschillen in C- en A-kas, 1957 en 1958; samenvatting van de gemiddelden per maand.

Uit deze tabel blijkt, dat de maximale temperaturen vanaf april tot en met augustus (1957) of zelfs tot in september (1958) ruim 30° C bedragen. In de voorjaarsmaanden is dit vooral het effect van instraling en centrale verwarming en in de zomermaanden reeds in mindere mate van de zonnestraling, maar daarnaast meer van de veld-

temperaturen. In het najaar worden de dagen zo kort, bij lagere zonnnestand en veelal bewolking en de veldtemperaturen zo laag, dat de maxima geleidelijk afnemen.

De minima in het voorjaar blijken vaak nog aan de lage kant te zijn, vanwege de lage veldtemperaturen 's nachts. Zijn deze nachtelijke minima op het veld gedurende de zomer hoger geworden, dan komt dit uit in de maximale kastemperaturen, waar de verwarming inmiddels is gestaakt. Na een lichte daling in augustus en september is veelal een lichte toename te zien in october, dankzij het inschakelen van de verwarming.

Verder blijkt, dat de gemiddelde temperaturen vanaf april tot in augustus (1957) of zelfs september (1958) om de 25° C schommelen. Dit is een zeer behoorlijk gemiddelde, zoals uit hoofdstuk IV nader zal blijken. In het najaar worden de gemiddelden geleidelijk lager en zoals zal blijken, te laag.

De verschillen zijn in zoverre interessant, omdat ze de genoemde feiten accentueren. De verschillen zijn aanvankelijk groot, als gevolg van de hoge maxima (lange, heldere dagen) en de nog lage minima (koude nachten). In de zomer worden deze verschillen reeds kleiner (gelijke maxima, hogere minima). In het najaar zakken de maxima snel en de minima weinig, zodat de verschillen verder afnemen.

De cijfers van de A-kas in 1958 geven een overduidelijke demonstratie van het effect van zonnestraling en veldtemperatuur op de temperatuur, speciaal de maxima, in de kas. De maximumtemperaturen - en daarmee de gemiddelden en de verschillen - zijn veel lager dan de overeenkomstige waarden in april 1957. De minima, hoewel 1° C lager in april 1958, zijn door de verwarming op een redelijk peil gehouden.

De in voorgaande alinea gesignaleerde verschillen zijn ook af te leiden uit fig. 4, voor wat de stralingsintensiteit betreft. Weeroverzichten van het K.N.M.I. tonen verder, dat april 1957 een "normale" gemiddelde temperatuur had, maar dat april 1958 veel te koud was voor de tijd van het jaar.

Naar deze temperatuurgegevens zal in hoofdstuk IV worden verwezen.

HOOFDSTUK III

INVLOEDEN VAN HET LICHT OP DE PLANT.

1. *Inleiding.*

De eerste drie punten van de doelstelling van dit onderzoek betreffen de factor licht. De proeven hierover zullen in dit hoofdstuk worden behandeld. Iedere paragraaf wordt afgesloten met de conclusies, die uit de proeven waren te trekken. Voor de overzichtelijkheid zijn deze conclusies als één samenvatting opgenomen aan het einde van het hoofdstuk.

In dit hoofdstuk zijn de proefuitkomsten gerangschikt volgens de organen van de plant, waarop zij betrekking hebben. Waar nodig is een onderverdeling gemaakt tussen invloeden van belichtingsduur en belichtingsintensiteit.

Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aanhangsel, waarin zijn ondergebracht de waarnemingen, die aan 30 varieteiten uit de collectie zijn verricht.

2. *Ontwikkelingsphasen.*

De ontwikkeling van de plant is, afgemeten aan het gedrag van het vegetatiepunt, te verdelen in de volgende twee phasen:

1. *De vegatieve phase.* Hieronder wordt verstaan de ontwikkeling vanaf het moment van zaaien tot aan het tijdstip waarop het vegetatiepunt overgaat tot bloeiaanleg. Deze vegetatieve phase valt nog weer te onderscheiden in een juveniele of jeugdphase en in een inductie-tot-bloeiphase, kortheidshalve genoemd inductiephase. Onder juveniele phase wordt verstaan het eerste stadium van ontwikkeling, waarin de plant nog te jong en te klein is om geinduceerd te worden tot bloeiaanleg. Onder de inductiephase wordt verstaan het volgende stadium, waarin de plant onder daartoe gunstige omstandigheden kan worden geinduceerd tot bloeiaanleg.

Tot het moment dat de bloeiaanleg microscopisch zichtbaar wordt, snoert het (terminale) vegetatiepunt regelmatig bladprimordia af. Als de bloeiaanleg zichtbaar wordt,

houdt de aanleg van bladprimordia op. De plant komt dan in de tweede phase:

2. *de generatieve phase.* Hieronder wordt verstaan de ontwikkeling vanaf het moment van bloeiaanleg tot aan de afrijping van de pluim en het afsterven van de plant. Deze phase is ook te onderscheiden in verschillende stadia n. l. van bloeiaanleg tot bloei, van bloei tot rijping en van rijping tot afsterving. Tenzij anders vermeld wordt de generatieve phase gerekend tot de bloei. Dit stadium is soms in drieën verdeeld door naast de datum van bloei de eraan voorafgaande data van vlag en pluim te noteren. Hieronder wordt verstaan resp. de dag waarop het gewricht van het jongste blad (vlagblad) zichtbaar wordt en de dag waarop de pluim zijdelings of eindstandig uit de gestrekte schede van het vlagblad tevoorschijn komt.

In dit onderzoek is de nadruk gevallen op de duur van de genoemde phasen onder invloed van verschillende factoren, waarvan in dit hoofdstuk de lichtfactor nader zal worden bezien.

2.1. *Ontwikkelingsphasen en belichtingsduur.*

In dit onderzoek werd uitgegaan van een werkwijze, die BEST op het Laboratorium voor Tropische Landbouwplantenteelt bij *rijst* heeft ingevoerd. Daarbij worden de te onderzoeken varieteiten onderworpen aan een reeks photoperioden, van zo kort mogelijke (in ons geval 5 uur licht per etmaal) tot zeer lange en zelfs continue pnotoperioden. Ook de wijze van grafisch uitzetten van de resultaten is ontleend aan BEST.

2.1.1. *Vegetatieve phase.*

In het nu volgende gedeelte worden vier proeven besproken, waarin de duur van de vegetatieve phase onder invloed van verschillende photoperioden is bestudeerd. Alle proeven zijn uitgevoerd in de C-kas; de eerste drie in 1957 met de hoezen en enkele kasten, de vierde in 1958 met de wagens. De varieteit *Dobbs* is in alle proeven opgenomen als standaard. De vierde proef is in feite een herhaling in 1958 met enkele interessante varieteiten uit de drie proeven uit 1957, waarbij met de verbeterde nieuwe apparatuur is gewerkt.

De omstandigheden waaronder gewerkt is, verschillen vaak aanzienlijk. Het aantal dagen vóór het uitplanten varieerde van 7 tot 15. Dit is voornamelijk bepaald door de temperatuur; gunstig in augustus, ongunstig in het voor-

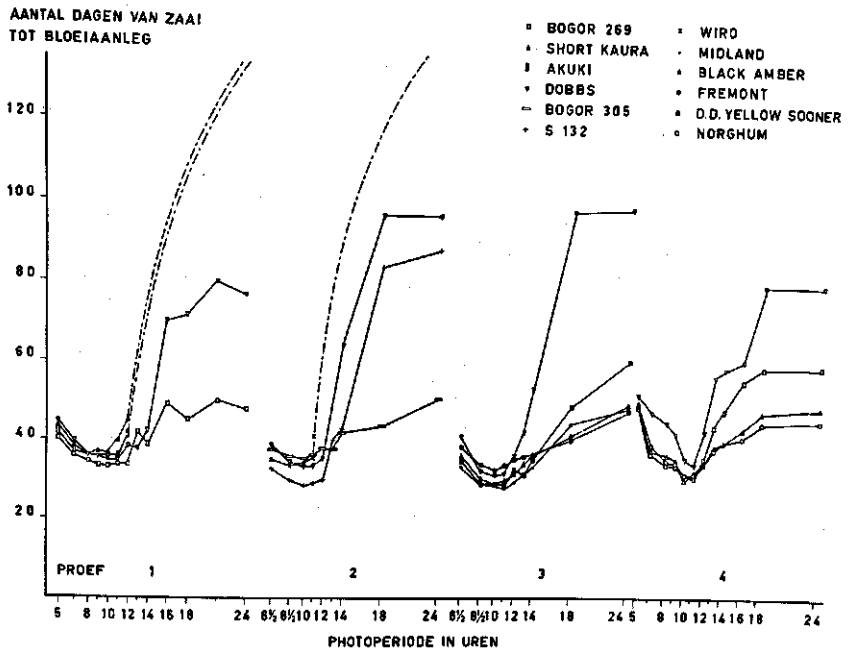


Fig. 5: het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg bij photoperioden van 5 tot 24 uur voor 12 varieteiten uit de proeven 1, 2 en 3 (1957) en 4, 1958; onzekere lijngedeelten zijn gestippeld.

jaar. Deze onregelmatigheid is van weinig belang, omdat de datum van uitplanten steeds bepaald is door de grootte van de zaailingen, nl. juist 3 blaadjes. De onregelmatigheid werkt wel door in het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg. Dit maakt vergelijking van overeenkomstige cijfers uit verschillende proeven moeilijker. Een tweede bezwaar is het verschil in apparatuur, waarmee gewerkt is. De cijfers voor de photoperioden groter dan 12 uur zijn in de proeven 1 tot en met 3 minder juist, omdat de planten te groot werden en daardoor beschadigingen opliepen. Een derde bezwaar, dat van de verschillende lichtintensiteiten en temperaturen, komt nog ter sprake.

Uit de proefresultaten, zoals deze zijn uitgezet in fig. 5, is het volgende af te leiden.

Ten eerste blijken alle varieteiten een uitgesproken minimum te tonen voor het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg, gewoonlijk bij een belichtingsduur van 10 à 11 uur. Deze optimale belichtingsduur of kortheidshalve het *optimum* is slechts zelden scherp te begrenzen; het betreft meestal een traject van ongeveer gelijke minimale

waarden.

Ten tweede is het verschil in de waarden van het *minimum* gering. Het verschil in omstandigheden ten spijt en ongeacht de verscheidenheid in varieteiten, liggen alle minima tussen 28,4 (*Midland*, 11 uur) en 36,5 dagen (*Short Kaura*, 8 uur).

Ten derde valt de vertraging in de bloeiaanleg op, die bij alle varieteiten optreedt indien de belichtingsduur minder dan 10 uur bedraagt. In dit z.g. *sub-optimale* traject wordt de vertraging steeds groter, het duidelijkst tussen 6½ en 5 uur. Uit allerlei symptomen was op te maken, dat 5 uur licht per etmaal een "starvation level" is.

Ten vierde - dit is het belangrijkste punt - valt de vertraging op in de bloeiaanleg bij photoperioden van meer dan 12 uur in het z.g. *super-optimale* traject. Bij 12 uur licht per etmaal zijn de planten meestal later dan bij 10 à 11 uur, maar de vertraging is niet noemenswaard: de bloeiaanleg heeft altijd plaats. Bij een belichtingsduur van 13 tot 14 uur komen reeds eigenaardige verschillen tot uiting. Varieteiten als *Norghum* en *Black Amber* (beide U.S.A.) zijn nauwelijks vertraagd, *Bogor 269* (Indonesië) ook nog weinig, *Dobbs* (Kenya) reeds meer, terwijl b.v. *Wiro* (Tanganyika) en *Akuki* (Nigeria) geen bloeiaanleg te zien geven. Bij 18 uur is de vertraging toegenomen en bij 24 uur is deze meestal het grootst. Uit de grafiek blijkt echter, dat de "vertragingsgraad" is afgenomen. In enkele gevallen treedt tussen 18 en 24 uur blijkbaar geen verdere vertraging meer op.

Opvallend is nog, dat de cijfers voor uiteenlopende varieteiten als *Norghum* en *Dobbs* in proef 4 veelal dichter bijeen liggen, dan de overeenkomstige cijfers voor de standaard *Dobbs* in de vier proeven, zie tabel 3. Ook blij-

varieteit		photoperiode in uren													
		5	6½	8	8½	9	10	11	12	13	14	16	18	21	24
Dobbs	proe. 1	44,5	39,3	36,3		35,8	35,3	35,0	36,5	38,0	42,5	70,3	71,5	79,9	77,2
"	" 2		39,0		35,0		34,0	33,9	36,1	46	64,3		97,0		97,0
"	" 3		41,5		32,8		32,0	32,0	36,3	43,0			98,5		99,0
"	" 4	52,5	48,1	45,3		42,4	35,8	34,7	43,0	56,8	59,0	61,0	80,0		80,0
gemiddeld		48,5	42,0	40,8	33,9	39,1	34,3	33,9	38,5	46,5	55,3	65,7	86,8		88,3
Norghum		49,2	38,8	35,5		35,0	32,1	32,0	35,2	38,7	40,3	41,8	44,8		46,2

TABEL 3: samenvatting en gemiddelde van het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg bij photoperioden van 5 tot 24 uur voor de standaardvarieteit *Dobbs* bij de proeven 1, 2, 3 (1957) en 4 (1958), vergeleken met *Norghum*, proef 4 (1958).

ken de cijfers voor *Dobbs* in proef 4 vaak hoger te zijn dan de overeenkomstige in de andere drie proeven. Dit is te verklaren uit de klimatologische omstandigheden: deze zijn in de periode van zaai tot bloeiaanleg het meest ongunstig geweest voor proef 4, 1958. Dit rechtvaardigt de conclusie, dat de varieteiten in het sub-optimale traject weinig uiteenlopen.

Tenslotte valt het volgende op te merken.

Alle onderzochte varieteiten zijn duidelijk korte-dagplanten, gezien hun optimum bij 10 tot 11 uur. Ze reageren zeer verschillend op de belichtingsduur, gezien het verloop van de lijnen in het super-optimale traject. Op grond van deze lijnen is een indeling te maken in gevoeligheidsklassen. Kennis van het traject van 10 tot 14 uur is voldoende om de gevoeligheidsklasse vast te stellen.

Sub-tropische varieteiten zijn *steeds* weinig gevoelig, tropische *meestal* gevoelig tot zeer gevoelig voor de duur van de photoperiode.

2.1.1.1. Juveniele phase.

In het voorgaande werd vastgesteld, dat de vegetatieve phase vroeger of later wordt afgesloten met de bloeiaanleg. 10 tot 11 uur is optimaal; de vegetatieve phase is dan zo kort mogelijk nl. ongeveer 30 dagen. Uitgaande hiervan is getracht de (minimale) duur van de juveniele phase te bepalen.

Hiertoe is gewerkt op de volgende wijze: de planten kregen van meet af aan een super-optimale belichtingsduur, zodat geen bloeiaanleg kon plaats vinden maar wel forse groei. Met tussenpozen van 4 dagen werden de wagens met planten (A-kas) overgebracht naar een korte-dagbehandeling (10 uur). De bloeiaanleg kon toen plaatsvinden. Door analyse van de vegetatiepunten was de minimale duur van de juveniele phase bij benadering vast te stellen.

In 1957 heeft het uitplanten 8 dagen na de zaai plaats gevonden, in 1958 pas na 14 dagen t.g.v. het abnormaal koude voorjaar van 1958. De korte-dagbehandeling begon op dezelfde dag. In 1957 werd een lange dag gegeven van 16 uur of langer (de natuurlijke daglengte); in 1958 was de lange dag 24 uur nl. 12 uur daglicht, aangevuld met kunstlicht.

De resultaten van de proeven zijn uitgezet in fig. 6A en 6B.

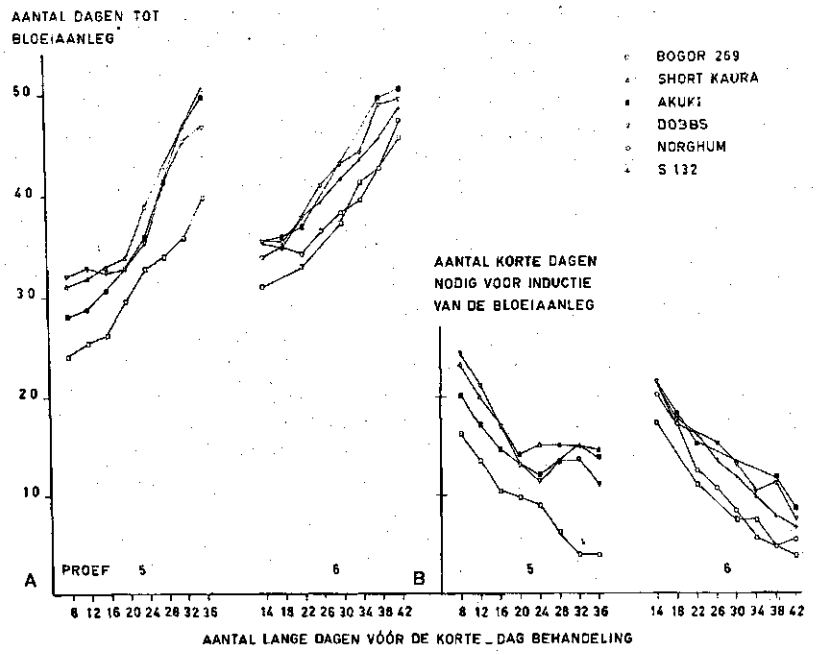


Fig. 6: A. het totaal aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg bij oplopende aantallen lange dagen, gevolgd door korte dagen, voor 6 varieteiten uit de proeven 5, 1957 en 6, 1958;
B. het aantal korte dagen, nodig om na oplopende aantallen lange dagen tot bloeiaanleg over te gaan.

Uit fig. 6A blijkt, dat het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg toeneemt, naarmate de voorgaande langedagbehandeling langer heeft geduurd. Aanvankelijk is die toename slechts een fractie van het verschil van 4 lange dagen tussen opeenvolgende series, maar bij de laatste series wordt de toename groter, totdat hij per serie practisch gelijk is geworden aan 4 dagen.

In fig. 6B is dit effect duidelijker naar voren gehaald, door het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg te verminderen met het aantal lange dagen dat de serie heeft gehad. Zodoende blijft over het aantal korte dagen dat de plant absoluut nodig blijkt te hebben om tot bloeiaanleg te kunnen overgaan. Uit het verloop van de lijnen in fig. 6B komt naar voren dat het aantal benodigde korte dagen in de eerste series hoger is dan in de laatste. Het loopt van maximaal ± 16 dagen voor *Bogor 269* en ± 24 voor *Dobbs* tot minimaal ± 4 voor *Bogor 269*, ± 5 voor *Norghum* en ± 14 dagen voor *Akuki* en *Short Kaura*.

Verder valt aan te nemen dat de curven asymptotisch tot de horizontale as naderen m.a.w. er is een zeker

minimum aantal korte dagen nodig om de bloeiaanleg te induceren (en zichtbaar te laten worden). Hieruit volgt ook dat de plant een zekere leeftijd c.q. omvang moet hebben bereikt om in het minimum aantal dagen tot bloeiaanleg over te gaan. De plant is dan (ten volle) bloeirijp.

Uit het verloop van de curven blijkt dat de bloeirijpheid niet plotseling, maar geleidelijk wordt bereikt. Het is daarom niet mogelijk om de duur van de juveniele phase precies aan te geven. Opgemerkt dient te worden dat de gegevens in 1957 onder zeer gunstige, in 1958 onder vrij ongunstige omstandigheden zijn verkregen.

Een en ander overwegende kan het minimum aantal dagen voor de duur van de juveniele phase worden vastgesteld als in tabel 4, eerste kolom. Uit deze cijfers is te concluderen dat de juveniele phase voor weinig gevoelige varieteiten in ieder geval 3 weken duurt, voor de gevoelige varieteiten zeker 4 à 5 weken.

varieteit	juveniele phase in aantal dagen	inductiephase in aantal dagen
Bogor 269	24 - 26	4
Short Kaura	31 - 34	14 - 15
Akuki	28 - 30	12 - 13
Dobbs	32 - 33	11
Norghum	34 - 36	5 - 6
Bogor 269	31 - 35	4 - 5
S 132	35 - 36	7 - 8
Akuki	35 - 37	8 - 11
Dobbs	35 - 36	7 - 10

TABEL 4: de minimale duur van de juveniele phase en de inductiephase, in aantal dagen; proeven 5 (1957) en 6 (1958).

2.1.1.2. Inductiephase.

Afgaande op de ongeveer horizontale uiteinden van de curven in fig. 6B, is de duur van de inductiephase te stellen op de volgende aantallen dagen, zie tabel 4, tweede kolom. De uitersten liggen tussen 4 en 15 dagen voor de verschillende varieteiten; dit is illustratief voor de grote verschil-

len in gevoeligheid voor de photoperiode. Hoeveel dagen essentieel zijn voor de inductie en hoeveel dienen voor het uitgroeien, is niet te zeggen.

2.1.2. Generatieve phase.

Om de duur van de generatieve phase te bepalen, is als regel het aantal dagen van zaai tot resp. vlag, pluim en bloei genoteerd. In het vervolg zal meestal het laatste worden gebruikt, zijnde het meest betrouwbare.

De beste gegevens, die ter beschikking stonden, zijn die uit de reeds genoemde proef 4 (1958). Deze zijn uitgezet in fig. 7.

Uit de fig. blijkt, dat de lijnen voor vlag, pluim en bloei in vele opzichten parallel lopen met die van de bloeiaanleg. Daarom zijn deze laatste ter vergelijking opgenomen.

Verder is te zien, dat voor vlag, pluim en bloei een duidelijk minimum aantal dagen wordt gevonden, evenals voor de bloeiaanleg. De optimale belichtingsduur is voor alle vier grootheden gelijk nl. 10 tot 11 uur. Een eventuele verschuiving van de minima onderling is niet geheel uitgesloten, maar afgaande op onze gegevens wel onwaarschijnlijk.

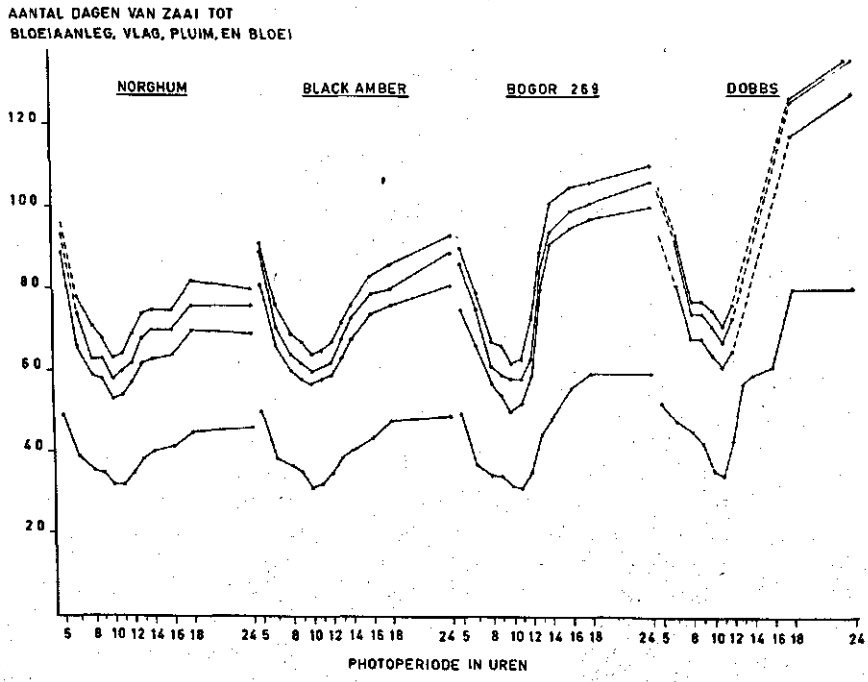


Fig. 7: de aantallen dagen van zaai tot resp. bloeiaanleg, vlag, pluim en bloei bij 12 photoperioden van 5 tot 24 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958; onzekere lijngedeelten zijn gestippeld.

Ten aanzien van het aantal dagen van zaai tot bloei toont fig. 7 dat er een verschil optreedt tussen *Norghum*, *Black Amber* en *Bogor 269* enerzijds en *Dobbs* anderzijds. De eerste drie hebben in het sub-optimale en optimale traject ongeveer hetzelfde verloop. *Dobbs* is duidelijk later in dit traject.

In het sub-optimale traject treedt weer een vertraging op vergeleken met de optimale waarden. Dit geldt in ongeveer gelijke mate voor vlag, pluim en bloei. Deze vertraging die bij de bloeiaanleg reeds optreedt, zet zich in de cijfers van vlag, pluim en bloei versterkt voort.

In het super-optimale traject treedt een vertraging op voor vlag, pluim en bloei vergeleken met het optimum. Deze vertraging is weer duidelijker naarmate de reeds besproken vertraging in de bloeiaanleg in hetzelfde traject groter was t.a.v. zijn optimum.

Resumerend kan gezegd worden, dat de lijnen voor vlag, pluim en bloei op dezelfde wijze verlopen als die voor de bloeiaanleg. De vertragingen zijn alleen geprononceerder. De lijnen van vlag, pluim en bloei zelf lopen nagenoeg evenwijdig. Dit is vermoedelijk niet geheel juist, maar de drie stadia volgen zo snel op elkaar, dat vertragingen in dit stadium nauwelijks tot uiting kunnen komen.

In fig. 8 is de eigenlijke duur van de generatieve phase (van bloeiaanleg tot bloei) uitgezet tegen die van de vegetatieve phase.

Uit deze figuur blijkt, dat de generatieve phase vooral verlengd wordt bij zeer korte photoperioden in het sub-optimale traject en bij de lange photoperioden in het super-optimale traject. In het optimale gedeelte van de reeks photoperioden is de duur van de vegetatieve en de generatieve phase ongeveer gelijk.

De nogal onregelmatige uitkomsten van *Dobbs* onttrekken zich hier en daar aan deze uitspraken.

2.1.2.1. De optimale duur van de inductieperiode.

In proef 6 (zie blz. 31) is nog een manipulatie toegepast, die in dit verband besproken dient te worden.

In alle objecten zijn van de varieteiten *Norghum*, *Bogor 269* en *Dobbs* steeds vier zaailingen uitgeplant in potten. Deze vier potten zijn resp. 4, 6, 8 en 10 dagen nadat de wagen waarin ze stonden was overgebracht naar korte dag met pot en al gelicht en verder opgekweekt onder lange dag. Dat was eerst 24 uur m.b.v. kunstlicht, later

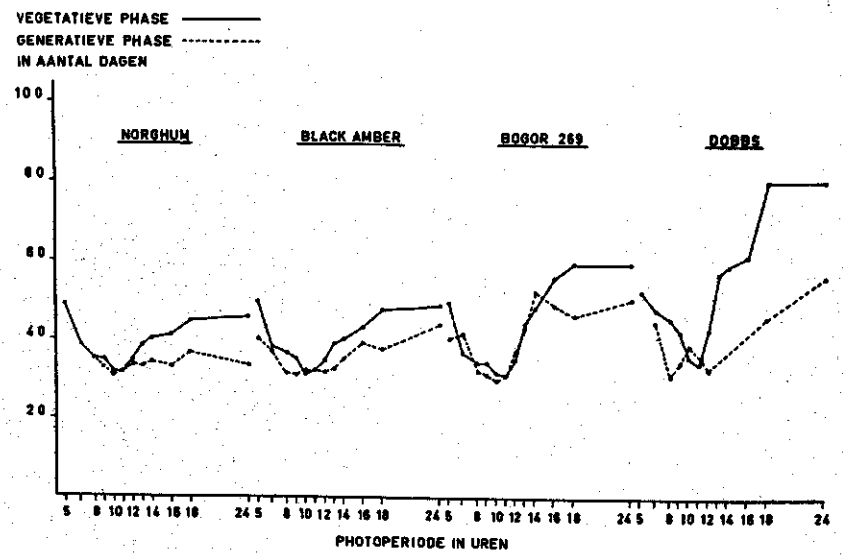


Fig. 8: de duur van vegetatieve en generatieve phase in aantal dagen bij 12 photoperioden van 5 tot 24 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958.

- vanaf 1 mei 1958 - werd dat 15 tot 17 uur daglicht, afhankelijk van de daglengte.

In tabel 5 is het aantal dagen van zaai tot bloei bij deze planten uitgezet tegen het aantal *niet*-inducerende lange dagen en tegen het aantal daaropvolgende *wel*-inducerende korte dagen.

Zoals reeds eerder bleek, treedt de bloei eerder op naarmate de voorgaande lange-dagbehandeling langer heeft geduurd d. w. z. naarmate de planten ouder zijn. Hieraan zijn de afnemende cijfers in alle kolommen toe te schrijven.

Uit de gemiddelden onderaan tabel 5 blijkt, dat *Norghum* bij een inductieperiode van 8 dagen een paar dagen eerder bloeit dan bij een inductieperiode van 6 of 10 dagen, terwijl 4 dagen kennelijk te kort is. Bij deze laatste planten was soms een misvorming aan de pluim te zien, daar de inductie blijkbaar niet lang genoeg had geduurd, op het moment dat de planten werden terug gebracht onder niet-inducerende lange dagen.

Voor *Bogor 269* voert een inductieperiode van 10 dagen sneller tot bloei dan één van 8 dagen. Deze is gunstiger dan 6 dagen en deze laatste is beter dan 4 dagen. Vooral bij dit object kwamen planten met misvormde pluimen voor.

aantal lange dagen	*Norghum* aantal korte dagen 4	6	8	10	*Bogor 269* aantal korte dagen 4	6	8	10	*Dobbs* aantal korte dagen 4	6	8	10
14	103	93	92	96	135	122	126	128	157	172	167	166
18	93	85	79	85	122	128	121	99	159	163	159	166
22	87	85	83	89	---	129	105	85	172	164	166	---
26	86	91	86	97	---	132	118	116	159	162	155	156
30	89	85	74	75	146	114	114	90	176	164	157	137
34	--	82	79	79	---	96	96	98	167	150	---	124
38	90	80	79	79	106	100	94	90	141	137	---	112
42	85	85	85	83	105	98	98	94	134	124	121	99
gemiddeld	90,5	85,8	82,1	85,4	122,8	114,9	109,0	100,0	158,1	154,5	154,1	137,1

TABEL 5: het aantal dagen van zaai tot bloei, uitgezet tegen
a het aantal *niet*-inducerende lange dagen
b het aantal *wel*-inducerende korte dagen.
Proef 6, 1958.

Voor *Dobbs* geldt vrijwel hetzelfde als voor *Bogor 269*, alleen duurt alles wat langer.

De conclusie kan zijn dat voor *Norghum* een inductieperiode van 8 dagen optimaal is. Voor *Bogor 269* en *Dobbs* is het zeker 10 dagen, zo niet meer.

Het feit, dat bovenstaande cijfers groter zijn dan uit tabel 4, tweede kolom, zou erop duiden dat de bloeiaanleg sneller uitgroeit, wanneer planten onder optimale belichtingsduur blijven na de eigenlijke inductie-tot-bloei.

2.2. *Ontwikkelingsphasen en belichtingsintensiteit.*

In de voorgaande bladzijden is de invloed van de photoperiode op de ontwikkelingsphasen nagegaan. Daarbij is de intensiteit van het licht buiten beschouwing gelaten. De vraag bleef echter bestaan in hoeverre het geoorloofd is het zonlicht te vervangen door of aan te vullen met kunstlicht. De intensiteit hiervan is immers maar een fractie van het zonlicht: om de gedachten te bepalen 20.000 lux tegen 200 lux.

Dit probleem is slechts fragmentarisch aangesneden. Daartoe zijn de beide nu te beschrijven proeven opgezet. In de ene (proef 7) is vooral gelet op de mogelijkheden van suppletie en substitutie van zonlicht door een set van twee fluorescentiebuizen TL 40 W 55, dicht boven de planten.

In de andere proef - no 8 - is nagegaan op welke afstand één fluorescentiebuis TL 40 W 55 nog werkzaam is en in welke mate. Vooral deze laatste proef is van belang om het algemeen aanvaarde feit te toetsen, dat licht van zwakke intensiteit voldoende sterk is om de reacties van de plant t. a. v. de photoperiode teweeg te brengen. Getracht is nu de waarde te vinden, waarboven deze intensiteit geen rol speelt. Beneden deze zg. *bovengrens* is de (zwakke) intensiteit wel van belang; daar gaat het om het *product* van belichtingsduur en belichtingsintensiteit. Gesteld, dat het niet geheel donker hoeft te zijn om de donkerreactie op te roepen, is gepoogd vast te stellen waar de zg. *benedengrens* van het gebied van nog photoperiodiek werkzame zwakke lichtintensiteiten ligt.

Proef 7 is uitgevoerd in de C-kas met de vier varieteiten *Norghum* , *Black Amber* , *Bogor 269* en *Dobbs*. Boven iedere wagen hing op ongeveer één meter boven de planten een set van twee fluorescentiebuizen TL 40 W 55 met reflectoren.

De vier photoperioden - in tien combinaties - van resp. zonlicht plus kunstlicht waren als volgt:

		8	: totaal	8 uur
	10	, 8 + 2:	"	10 uur
12	, 10 + 2,	8 + 4:	"	12 uur
14, 12 + 2,	10 + 4,	8 + 6:	"	14 uur

In de tabellen 6 en 7 zijn de resultaten samengevat, resp. van de aantallen dagen van zaai tot bloeiaanleg (vegetatieve phase) en van zaai tot bloei. Zie ook fig. 9.

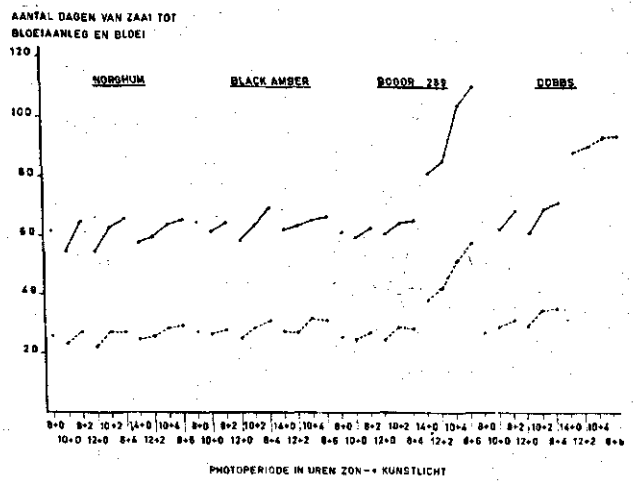


Fig. 9: het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg en bloei bij photoperioden van 8, 10, 12 en 14 uur, in 10 combinaties van zonlicht en kunstlicht, voor 4 varieteiten uit proef 7, 1958.

varieteit	photoperiode in uren									
	8	10		12			14			
	8+0	10+0	8+2	12+0	10+2	8+4	14+0	12+2	10+4	8+6
Norghum	25,8	23,6	27,7	22,7	28,2	27,3	25,1	25,8	29,0	30,2
Black Amber	27,8	26,8	28,3	25,6	29,2	31,5	28,2	27,5	32,3	31,8
Bogor 269	26,0	25,1	27,4	25,2	29,4	28,9	39,2	43,2	52,3	58,0
Dobbs	31,3	29,3	32,2	30,2	35,6	35,8	89,0	90,8	94,0	94,6

TABEL 6: aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg bij vier photoperioden, in tien verschillende combinaties samengesteld uit zonlicht + kunstlicht; proef 7, 1958.

varieteit	photoperiode in uren									
	8	10		12			14			
	8+0	10+0	8+2	12+0	10+2	8+4	14+0	12+2	10+4	8+6
Norghum	59	55	65	55	63	66	58	60	64	66
Black Amber	65	62	65	59	64	70	63	64	71	72
Bogor 269	62	60	63	61	65	66	82	86	105	111
Dobbs	65	63	69	62	70	72	>121	127	>133	>135

TABEL 7: aantal dagen van zaai tot bloei bij photoperioden als in tabel 6; proef 7, 1958.

1. Voor tabel 6 geldt:
   1.1. Vergelijking van 14 + 0 met 12 + 2, 10 + 4 en 8 + 6 leert, dat in deze volgorde het aantal dagen iets toeneemt, afgezien van twee geringe inversies bij *Black Amber*. Hetzelfde geldt voor de reeks 12 + 0, 10 + 2, 8 + 4, afgezien van een inversie bij *Norghum* en één bij *Bogor 269*. Het voorgaande is - zonder inversie - van kracht voor de reeks 10 + 0, 8 + 2. Is dus van een reeks de totale belichtingsduur gelijk, dan is het object "alleen zonlicht" het eerste generatief; de combinaties met

kunstlicht zijn trager naarmate het percentage kunstlicht groter is.

1.2. Vergelijking van 8 met 10, 12 en 14 uur zonlicht leert dat voor *Norghum* en *Black Amber* 12 uur optimaal is; bij *Bogor 269* is nauwelijks verschil tussen 10 en 12; bij *Dobbs* is 10 uur optimaal.

1.3. Vergelijking van 8, 8 + 2, 8 + 4 en 8 + 6 leert, dat in deze volgorde het aantal dagen toeneemt, een geringe inversie bij *Norghum* 8 + 4 buiten beschouwing gelaten. Hetzelfde geldt voor de reeksen 10, 10 + 2, 10 + 4 en 12, 12 + 2. In het algemeen is dus het object "alleen zonlicht" het eerst generatief, al is deze waarde sub-optimaal en een andere combinatie "zon- en kunstlicht" optimaal b.v. 8 < 8 + 2 < 8 + 4 < 8 + 6, *niet* 8 + 4 < 8 + 2 < 8 < 8 + 6
(= 12) (= 10) (= 8) (= 14)

2. Uit de gegevens onder 1 volgt in het algemeen, dat kunstlicht - als substituent voor zonlicht - de vegetatieve phase verlengt. Dit geldt zeker voor de korte photoperioden van 8 tot 12 uur; de verschillen tussen 14 en 12 + 2 zijn opvallend klein. Het is daarom bij photoperioden < 12 uur niet geheel correct om zonlicht te vervangen door kunstlicht. Bij photoperiode > 12 uur is het verschil waarschijnlijk gering.

3. De conclusies onder 2 - dat kunstlicht bij korte photoperioden vertragend werkt - geven aanleiding tot de volgende uitspraken:

   3.1. Een zeker aantal uren zonneschijn is essentieel; vervanging door kunstlicht geeft vertraging.

   3.2. Genoemde vertraging door kunstlicht is het indirecte gevolg van een assimilatie-deficit bij te weinig uren zonlicht.

   3.3. Kunstlicht geeft een *gedeeltelijke* compensatie van het zonlicht; in dit geval is het product duur x intensiteit van belang.

   3.4. Kunstlicht heeft een specifiek vertragende invloed op de bloeiaanleg.

4. De cijfers uit tabel 7 bevestigen bovenstaande conclusies, afgezien van accentverschillen en een enkele inversie. De conclusies gelden dus ook voor de generatieve phase en voor het totaal van beide phasen.

De doelstelling van proef 8 kan als volgt worden geformuleerd: het bepalen van de grenswaarden (boven- en

benedengrens) van het traject, waarbinnen zwakke lichtintensiteiten in afnemende mate werkzaam zijn (worden) op de inductie-tot-bloei.

De vier varieteiten *Norghum*, *Bogor 269*, *Colby* (U. S. A.) en *Dobbs* kregen elk een basisbelichting met zonlicht van resp. 6½, 8, 10 en 12 uur. Gedurende de "donkere perioden" werd een aanvullende zwakke belichting gegeven varierend van 1221 tot 14 ergs/cm^2/sec. Deze verlopende intensiteiten werden verkregen door één gedeeltelijk afgeschermde fluorescentiebuis TL 40 W 55 horizontaal te bevestigen tegen de bovenlijst van de deur van de vier verduisteringsloodsen, zie fig. 10.

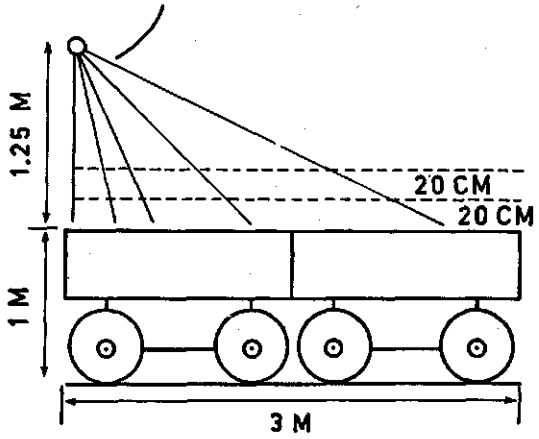


Fig. 10: zijaanzicht van de opstelling in proef 8, 1957.

Bij de aanvang van de proef werden de intensiteiten met een vlakke photocel gemeten op drie niveau's: maaiveld, 20 cm en 40 cm boven maaiveld. De afstanden tot de lampen bedroegen - horizontale projecties - 0, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 en evt. 3.50 m (niet alle wagens waren zo lang).

In fig. 11 is de afstand tot de lichtbron uitgezet tegen de intensiteit van de bijbelichting (linker ordinaat) en tegen het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg (rechter ordinaat). Uit deze figuur blijkt het volgende:

1. Het kunstlicht heeft een vertragende invloed op de bloeiaanleg bij alle planten.
   1.1. Naarmate de planten dichter bij de lichtbron staan, wordt deze vertraging groter.

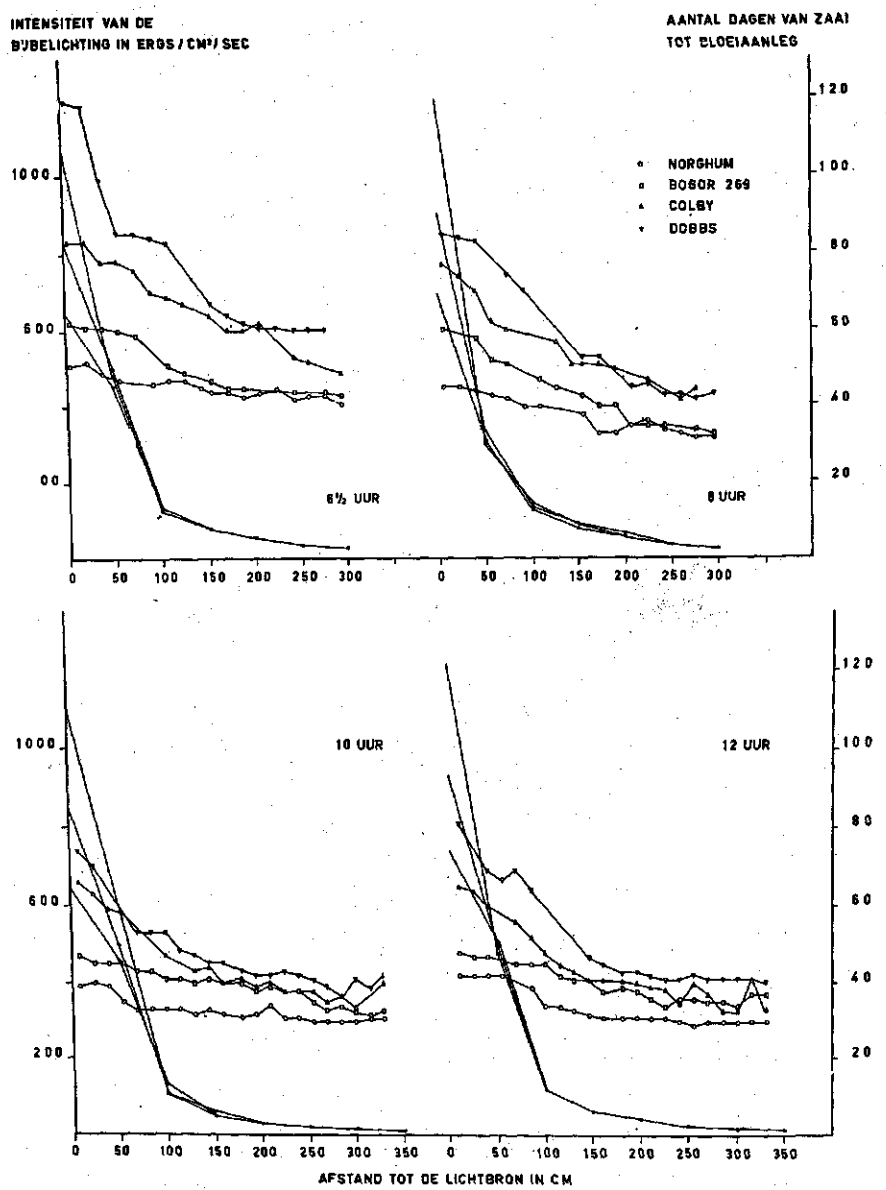


Fig. 11: het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg bij photoperioden van $6\frac{1}{2}$, 8, 10 en 12 uur, waarbij gedurende de "donkere periode" een zwakke bijbelichting is gegeven, afnemend met de afstand tot de lichtbron van 1221 tot 14 ergs/cm²/sec; voor 4 varieteiten uit proef 8, 1957.

1.2. Bij 10 en 12 uur heeft vrijwel gelijktijdig bloeiaanleg plaats. Bij 8 uur treedt een vertraging op t.o.v. 10 en 12 uur, terwijl bij $6\frac{1}{2}$ uur de vertragingen verreweg het duidelijkst zijn. Dit geldt zowel t.o.v. andere photoperioden als voor de extra vertraging door de lichtbron.

1.3. De gevoeligheid van de varieteiten voor dit stoorlicht neem toe in de volgorde *Norghum*, *Bogor 269*, *Colby*, *Dobbs*.

1.4. Bij *Colby* en *Dobbs* is de afstand waarop de lamp reeds een storende invloed uitoefent veel groter dan bij *Norghum* en *Bogor 269*. Deze laatsten zijn zeer weinig geremd.

2. Op grond van genoemde punten zijn de varieteiten te onderscheiden in weinig gevoelige (*Norghum* en *Bogor 269*) en meer gevoelige (*Colby* en *Dobbs*).

2.1. Afhankelijk van varieteit en basisbelichting is de benedengrens van de nog werkzame lichtintensiteit bij de weinig gevoelige varieteiten te stellen op ± 50 ergs/cm^2/sec. De bovengrens ligt hier op ± 300 ergs/cm^2/sec.

2.2. Voor de meer gevoelige varieteiten ligt de benedengrens eveneens bij ± 50 ergs/cm^2/sec.; de bovengrens ligt aanzienlijk hoger nl. bij ± 1200 ergs/cm^2/sec. of hoger.

3. *Bladaanleg en aantal bladeren.*

Zoals eerder vermeld, snoert het vegetatiepunt aan weerszijden regelmatig bladprimordia af, totdat het overgaat tot bloeiaanleg. Ten aanzien van de bladvorming zijn de volgende vragen te stellen:

1. hoe verloopt de bladaanleg;
2. hoeveel bladprimordia worden gevormd;
3. met welke tussenpozen worden de bladprimordia afgesnoerd?

3.1. *Bladaanleg.*

Wat het eerste punt betreft, valt aan te nemen dat dit proces waarschijnlijk geheel onafhankelijk is van de photoperiode en daarom buiten het bestek van dit onderzoek valt. Voor zover kon worden nagegaan treedt geen verschil op met de gang van zaken, zoals deze door WORMER(1953)) voor *rijst* is beschreven. Aan zijn beschrijving is het volgende ontleend, in iets gewijzigde en verkorte vorm:

" Aan de voet van het vegetatiepunt vormt zich aan een zijde een uitstulping. Deze groeit in de lengte uit, waarbij hij in het begin gekromd tegen het halfbolvormige vegetatiepunt ligt. Tijdens deze groei breidt de uitstulping zich ook in de breedte uit. De sterkste breedtegroei heeft plaats aan de voet, waardoor rondom het vegetatiepunt een ring gevormd wordt. Deze is open en heeft over elkaar liggende uiteinden. Deze overlapping heeft plaats tegenover het punt, waar de eerste uitstulping zichtbaar wordt. De omvatting van het vegetatiepunt door het jonge primordium is voltooid wanneer de lengtegroei zover gevorderd is , dat het primordium ongeveer even hoog is als het vegetatiepunt. De vorm van de ring rond het vegetatiepunt brengt met zich mee,dat het nieuwe blad als een kapje met over elkaar vallende randen over het groeipunt komt te staan.

De parallel lopende nerven worden na enige tijd zichtbaar voor het blote oog.Ook het bladgewricht tussen schede en schijf is dan te onderscheiden. De bladschede behoudt steeds de vorm van een cylinder; de schijf strekt zich plat uit. Daardoor wordt het evenwijdig verloop van de nerven verstoord. De nerven aan de rugzijde van het blad, die dicht bij de hoofdnerf liggen, blijven recht en evenwijdig lopen. De nerven, welke verder van de hoofdnerf verwijderd zijn, buigen uiteen. Deze discordantie is de eerste aanduiding van de vorming van het gewricht. Dit laatste wordt als een dwarse rug zichtbaar op het door schede en schijf gevormde kokertje. Het weefsel van het gewricht is veel minder soepel dan dat van schede en schijf. Hierdoor worden ter plaatse van het gewricht de randen van de schijfuiteen gebogen".

3.2. Aantal bladeren en belichtingsduur.

Thans volgt een bespreking van het tweede punt, nl. hoeveel bladprimordia worden gevormd (en hoeveel groeien uit tot bladeren)?

Bij de meeste proeven, die reeds eerder werden besproken, is het aantal bladeren geregistreerd. Daarbij zijn twee notaties gebruikt:

1. het totaal aantal bladeren;
2. het aantal bladeren zoals dat ongeveer ten tijde van de bloeiaanleg aan de te oogsten planten uitwendig te tellen was.

De eerste categorie is het gemiddelde van enige planten, de tweede berust op een schatting. Waar mogelijk zullen deze naast elkaar worden vermeld.

Van de varieteiten *Norghum*, *Black Amber*, *Bogor 269* en *Dobbs* zijn de aantallen bladeren uitgezet in fig. 12.

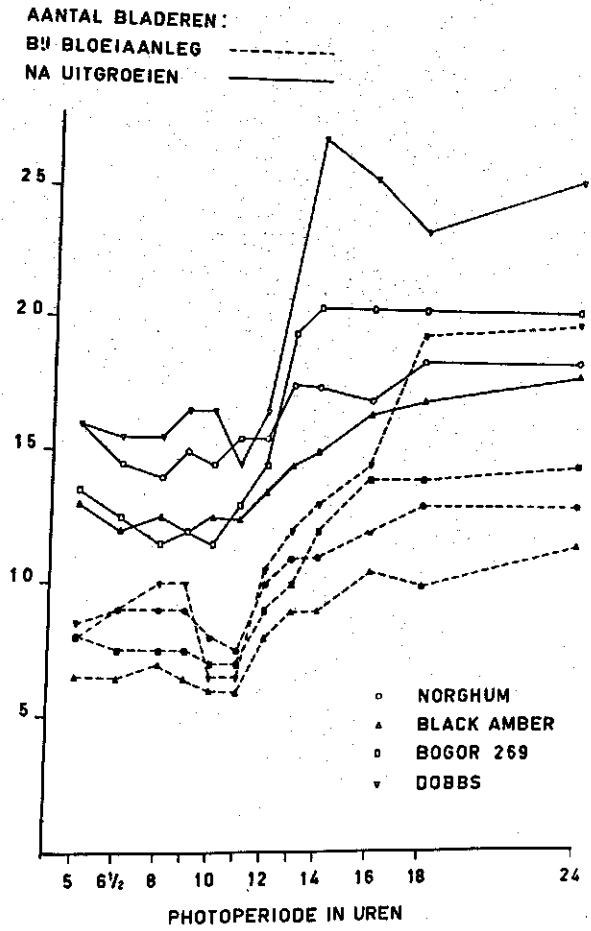


Fig. 12: het totaal aantal bladeren en het aantal uitwendig zichtbare bladeren ongeveer ten tijde van de bloeiaanleg bij 12 photoperioden van 5 tot 24 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958.

Bij beschouwing van deze figuur valt op, dat het aantal bladeren in het korte-dagtraject ongeveer gelijk blijft. Bij zeer korte photoperioden (5 en 6½ uur) wordt soms een blad meer gevormd.

Bij langere photoperioden dan 12 uur neemt het aantal bladeren toe. Voor de weinig gevoelige U. S. A.-varieteiten bedraagt deze toename ten hoogste 5 bladeren, voor *Bogor 269* ongeveer 6 en voor *Dobbs* ruim 10 bladeren. Deze verschillen kunnen nog groter zijn bij andere varieteiten.

Het minimum aantal bladeren - dat onder daartoe gunstige omstandigheden gevormd wordt - varieert blijkens de cijfers van 11 tot ongeveer 15. Het maximum aantal loopt veel verder uiteen: van ongeveer 17 tot zeker 25.

De cijfers van het aantal ten tijde van de bloeiaanleg zichtbare bladeren vertonen een grote mate van overeenkomst met de hiervoor besproken cijfers. In de meeste gevallen komen er nog ca 5 bladeren te voorschijn, nadat de bloeiaanleg heeft plaats gevonden. Dit zijn die bladprimordia, die op het moment van bloeiaanleg ongeveer even lang zijn als de hoogte van het vegetatiepunt; de kleinere groeien niet meer uit.

3.3. Het rythme van de bladaanleg.

Heeft de belichtingsduur invloed op de tussenpozen waarmee de bladeren worden aangelegd en uitgroeien? Deze vraag is op twee manieren benaderd.

Voor het eerste geval is in tabel 8 een aantal gegevens

varieteit	omschrijving	photoperiode in uren											
		5	6½	8	9	10	11	12	13	14	16	18	24
Korghum	aantal	16	14,6	14	15	14,7	15,7	15,3	17,7	17,7	17,0	18,7	18,7
Black Amber	bladeren	13	12	12,3	12	12,7	12,7	13,3	14,7	15	16,3	17	18
Bogor 269		13,4	12,6	11,7	12	11,3	13	14,3	19,5	20,3	20,3	20,3	20,3
Dobbs		16	15,6	15,7	16,3	16,7	14,7	16,3	21	27,3	25,7	23,3	25,3
Korghum	aantal	89	66	59	58	53	54	57	62	63	64	70	69
Black Amber	dagen	81	66	60	58	57	58	59	63	68	74	76	81
Bogor 269	van zaai	75	66	57	54	50	52	59	80	91	95	97	100
Dobbs	tot vlag	93	81	68	68	64	61	65	--	136?	129?	117	127
Korghum	gemiddeld	5,6	4,5	4,2	3,9	3,6	3,4	3,7	3,5	3,6	3,8	3,7	3,7
Black Amber	aantal	8,2	5,5	4,9	4,8	4,5	4,6	4,4	4,3	4,5	4,5	4,5	4,5
Bogor 269	dagen	5,6	5,2	4,9	4,5	4,4	4,0	4,1	4,1	4,5	4,7	4,8	4,9
Dobbs	per blad	5,8	5,2	4,3	4,2	3,8	4,2	4,0	---	5,0	5,0	5,0	5,0

TABEL 8: het aantal bladeren en het aantal dagen van zaai tot vlag, bij photoperioden van 5 tot 24 uur. Het quotient van beide is het gemiddelde aantal dagen per blad. Proef 4, 1958.

opgenomen uit proef 4, 1958, te weten het aantal bladeren dat bij 12 photoperioden gevormd werd, evenals het aantal dagen vanaf zaai tot aan het moment waarop het vlagblad volgroeid was. Het quotient van beide is het gemiddeld aantal dagen waarin een blad wordt aangelegd en uitgroeit.

De uitersten liggen tussen 3,4 en 6,2 dagen per blad. Voor 3 varieteiten ligt het minimum aantal dagen per blad bij 10 of 11 uur belichting d.w.z. bij de bekende optimale belichtingsduur. *Black Amber* geeft een weinig zeggende verschuiving naar 13 uur te zien.

In het sub-optimale traject neemt het groeitempo geleidelijk af, naarmate de photoperioden korter worden. In het super-optimale traject is het tempo binnen een varieteit voor alle belichtingsduren ongeveer gelijk. Bij *Norghum* en *Black Amber* blijft het groeitempo in optimaal en super-optimaal traject vrijwel gelijk. Bij *Dobbs* ligt het groeitempo in het super-optimale traject integraal iets lager dan in het optimale traject. Alleen bij *Bogor 269* zien we het groeitemp *geleidelijk* dalen met de toename van de belichtingsduur. Deze reactie van de meeste varieteiten in het super-optimale traject is toe te schrijven aan het feit, dat allen 12 uur zonlicht hebben gehad en daarna meer of minder aanvullend kunstlicht van zo laag energetisch niveau, dat het op de groei (en het tempo) wellicht geen invloed heeft gehad.

Voor het tweede geval is in fig. 13 het verloop van week

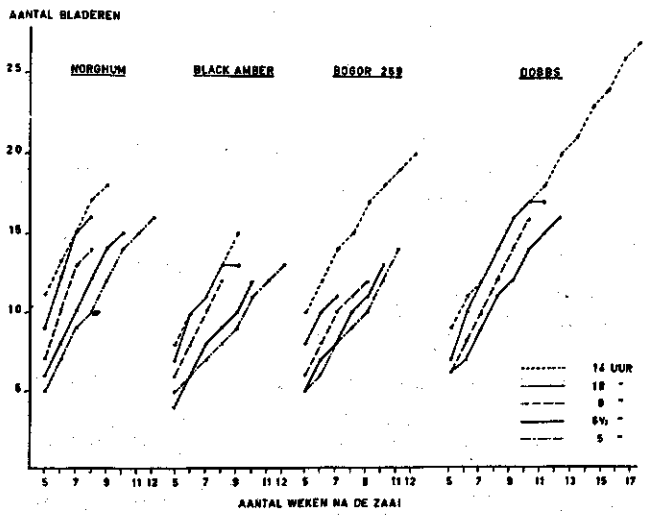


Fig. 13: een wekelijkse telling van het aantal bladeren bij photoperioden van 5, $6\frac{1}{2}$, 8, 10 en 14 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958.

tot week weergegeven, voor 5 photoperioden.

Hieruit blijkt dat het groeitempo meestal langzamerhand iets afneemt. Aangezien de bladeren echter steeds groter worden - en daarbij meer tijd vragen om uit te groeien - is het de vraag of de aanleg van de bladeren door het vegetatiepunt ook trager wordt. Voor een verklaring ontbreekt het ons aan voldoende gegevens van waarnemingen aan het vegetatiepunt zelf. Het is echter waarschijnlijk, dat de gevonden verschillen in groeitempo bij een zekere belichtingsduur grotendeels of geheel tot stand komen na de afsnoering met regelmatige (?) tussenpozen door het vegetatiepunt. Het is mogelijk dat tussen verschillende belichtingsduren wel kleine tempoverschillen optreden.

3.4. *Aantal bladeren en belichtingsintensiteit.*

De vraag is te stellen of een verandering van lichtintensiteit het aantal bladeren beinvloedt. Zie hiervoor tabel 9.

varieteit	8 + 0	10+0	8+2	12+0	10+2	8+4	14+0	12+2	10+4	8+6
Norghum	12,0	12,0	12,8	12,2	14,0	13,2	13,6	13,6	15,0	13,8
Black Amber	11,0	10,8	11,2	11,0	12,2	11,8	12,2	12,6	13,8	12,4
Bogor 269	11,4	11,2	11,4	12,2	12,8	11,8	16,8	17,0	21,0	20,5
Dobbs	12,6	11,6	13,2	13,2	13,8	13,8	25,0	25,0	24,0?	----

TABEL 9: het totaal aantal bladeren bij 4 photoperioden in 10 combinaties van zon- en kunstlicht; proef 7, 1958.

Bij vergelijking van de photoperioden 8 + 0, 10 + 0, 12 + 0, en 14 + 0 blijkt, dat het aantal bladeren bij 8 + 0 en 10 + 0 vrijwel gelijk is. Alleen *Dobbs* heeft bij 10 + 0 er iets minder. Bij 12 + 0 is het aantal bladeren ongeveer even hoog als bij 8 + 0 en 10 + 0 (*Norghum, Black Amber*) of iets hoger (*Bogor 269 Dobbs*). Bij 14 + 0 is het aantal bladeren groter dan bij de andere(kortere)pnotoperioden... Voor *Bogor 269* en *Dobbs* is de toename resp. groot tot zeer groot. Dit alles is in overeenstemming met de gegevens uit tabel 6 en 7.

Een andere lijn komt naar voren bij vergelijking van gelijke totale belichtingsperioden. Bij 8 + 2 is het aantal bladeren steeds een weinig groter dan bij 10 + 0. Bij 10 + 2 is het aantal bladeren groter dan bij 8 + 4 (*Dobbs* uitgezon-

derd) en bij 8 + 4 weer groter dan bij 12 + 0 (afgezien van *Bogor 269*). Bij een totaal van 14 uur is de uitslag minder duidelijk. De perioden 14 + 0 en 12 + 2 ontlopen elkaar weinig of niet. *Dobbs* buiten beschouwing gelaten is het aantal bladeren bij 10 + 4 groter dan bij 14 + 0 en 12 + 2. Bij 8 + 6 is het ongeveer het zelfde als bij 12 + 2, althans voor *Norghum* en *Black Amber*. *Bogor 269* en waarschijnlijk *Dobbs* vormen bij 10 + 4 en 8 + 6 meer bladeren dan bij 14 + 0 en 12 + 2.

Uit een en ander valt met enige reserve te concluderen dat:

1. het aantal bladeren toeneemt met het langer worden van de photoperiode;
2. het aantal bladeren toeneemt bij vervanging van zonlicht door kunstlicht van lage intensiteit;
3. de toename in aantal bladeren groter is, naarmate de varieteit gevoeliger is voor de lengte van de photoperiode.

Vooral de tweede conclusie is interessant. Immers waarom legt de plant (iets) meer bladeren aan als de lichtintensiteit (en daarmee de beschikbare lichtenergie) drastisch wordt verlaagd? Dit moet gezocht worden in het uitstel van de bloeiaanleg, de verlenging van de vegetatieve phase en dientengevolge de aanleg van meerdere bladeren.

Als korte photoperioden van 6½, 8, 10 en 12 uur aangevuld worden tot 24 uur met zwak licht van afnemende intensiteit (proef 8), treedt een aanzienlijke variatie op in het aantal uitwendig zichtbare bladeren (zie fig. 14).

Het gemiddeld aantal bladeren is bij 6½ uur en soms bij 8 uur groter dan bij 10 en 12 uur basisbelichting. De verschillen nemen toe, naarmate de varieteit gevoeliger is: *Norghum* weinig, *Colby* veel meer.

Veel meer opvallend zijn de verschillen tussen maximaal en minimaal aantal bladeren bij eénzelfde *basis* belichting. Bij welke basisbelichting de verschillen het grootst zijn, is niet duidelijk. Bij de gevoelige varieteiten liggen maxima en minima over het algemeen wat verder uiteen. Het aantal bladeren en de lichtintensiteit nemen onevenredig toe, indien de afstand tot de lampen afneemt, zie fig. 14.

Uit vergelijking met fig. 12 blijkt, dat de maxima en minima iets minder geprononceerd zijn dan bij de zeer lange, resp. optimale (korte) photoperioden.

Uit een en ander is te concluderen:

1. dat bij aanvullende belichting reeds zeer zwakke intensiteiten het aantal bladeren kunnen doen toenemen;

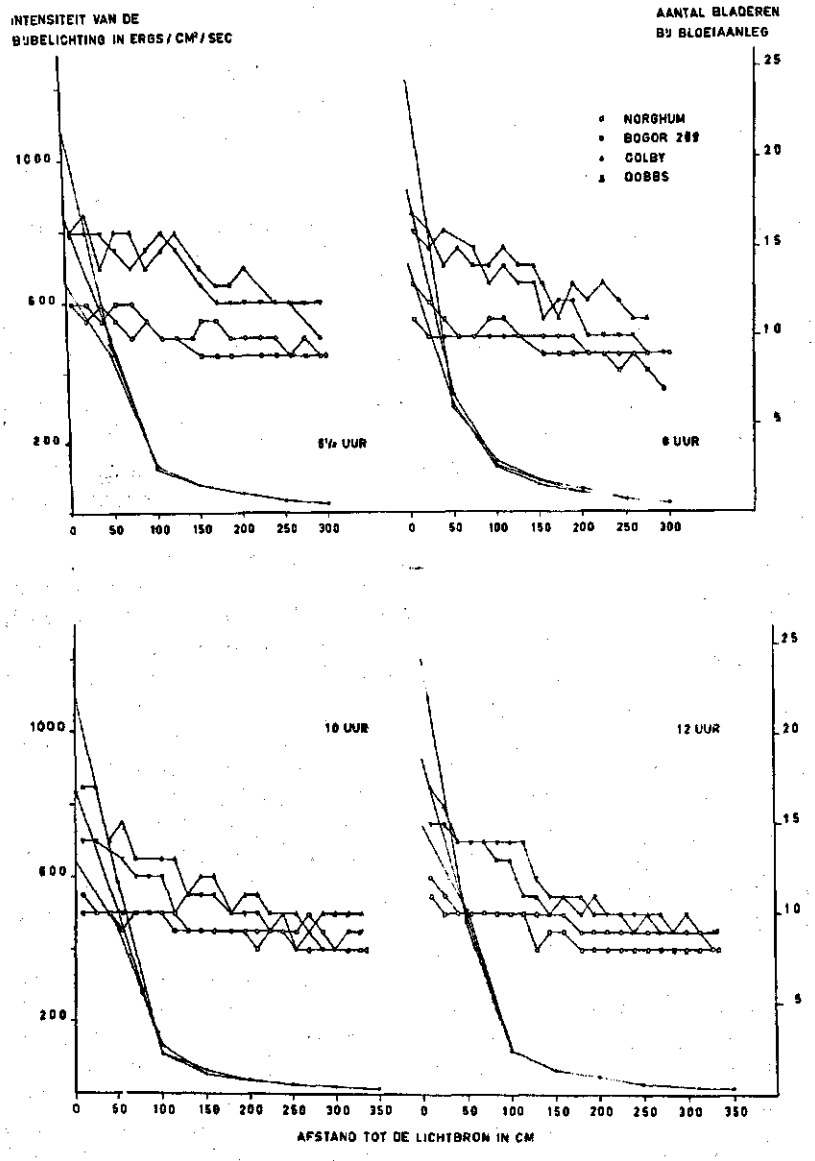


Fig. 14: het aantal uitwendig zichtbare bladeren ten tijde van de bloeiaanleg; bij een opzet als in Fig. 11.

2. dat bijbelichting liefst sterker moet zijn dan ± 1200 ergs/cm^2/sec. al ligt dit niveau waarschijnlijk niet ver beneden het optimum;
3. dat bij verduistering absoluut donker wenselijk is, hoewel licht van enige tientallen ergs vrijwel geen invloed heeft.

4. *Strekking en lengte van het blad.*

In deze paragraaf zal worden beschreven hoe de strekking van primordia tot bladeren verloopt; tevens zal worden nagegaan hoe lang de verschillende bladeren worden, een en ander mede onder invloed van de belichtingsduur.

Aan de hand van tabel 10 en 11 en de gedeeltelijke weergave daarvan in de fig. 15 A, B, C en D wordt de strekking bij de varieteit *Norghum* besproken.

datum	10/5	17/5	24/5	31/5	7/6	14/6	21/6	28/6	
aantal dagen vanaf zaai	38	45	52	59	66	73	80	87	gemiddelde bladlengte
blad 1									
2									
3	38+ 91	50+110							44+101
4	61+109	71+136	75+159						69+135
5	74+168	88+211	102+223						88+201
6	108+220	118+288	115+302	115+282					116+291
7	123+299	138+364	132+370	142+359	140+400				138+376
8	148+362	172+443	161+437	159+438	159+491			129+361	149+430
9	164+462	176+525	171+495	175+514	174+577		164+404	156+2290	171+493
10	183+541	187+613	175+593	184+595	182+663		177+522	173+3620	181+595
11	13+535	188+704	174+683	179+722	183+764		188+806	182+651	184+675
12	8+344	113+810	183+766	185+780	188+810		237+3465	234+706	202+766
13	128	19+749	210+774	215+803	220+827		195+763	212+737	210+776
14	22	13+475	222+586	322+3667	353+504		330+615	348+426	344+548
15									
aantal bladeren	14	14	14	14	14		14	14	14

TABEL 10: strekking van bladschijf en bladschede bij *Norghum* belichtingsduur 10 uur; proef 4, 1958.
38 + 91 = schede 38 mm. schijf 91 mm lang.

datum	7/5	14/5	21/5	28/5	1/6	11/6	/6	25/6	2/7	9/7	16/7	
aantal dagen vanaf zaai	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	gemiddelde bladlengte
blad 1	32+ 38											32+ 38
2	41+ 85	73 +133										41+ 85
3	78+116	104+221										78+124
4	100+220	140+302										102+221
5	138+310	159+406		128+394								134+303
6	153+499	187+481	136+357	144+401								147+369
7	168+477	211+574	163+444	173+474	160+435		185+468			150+259		165+491
8	48+568	227+648	185+624	184+580	205+521	205+530	194+541			187+2400	202+450	197+478
9	64+589	204+729	211+601	221+646	238+593	222+613	212+638			208+3680	218+485	204+519
10	197	34+724	243+675	237+722	252+705	235+730	213+726		238+868	229+630	239+590	235+520
11	48	7+872	243+791	234+828	247+881	226+850	218+833		223+807	235+740	241+750	236+756
12	7	306	232+813	233+900	235+950	216+885	212+880		221+5000	228+825	223+900	223+863
13	1,5	46	88+973	212+956	215+981	205+926	202+937		204+933	211+898	206+972	207+934
14	1	7	7+997	173+977	180+950	180+941	190+943		177+988	198+919	186+843	186+929
15	0,5	2	351	33+823	157+892	150+872	168+943		148+979	169+908	163+975	158+935
16	0,2	0,5	64	12+637	98+775	185+790	152+897		146+797	152+948	145+905	148+801
17		0,2	12	5+337	24+610	190+692	200+654		152+673	164+733	157+790	158+702
18			2	105	320	327+495	328+468		185+565	182+638	180+929	188+605
19				27	90				284+304	320+422	306+385	303+374
aantal bladeren	16	17	18	19	19	18	19		15	19	19	19

TABEL 11: strekking van bladschijf en bladschede bij *Norghum*, belichtingsduur 24 uur; proef 4, 1958.
32 + 39 = schede 32 mm., schijf 38 mm. lang

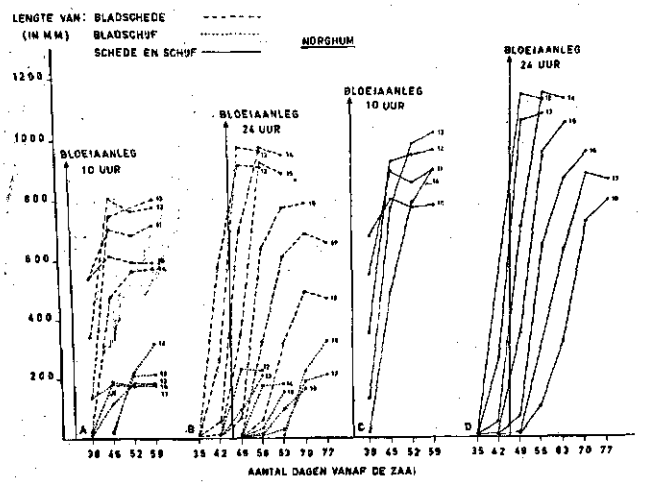


Fig. 15: A. de strekking van bladschijf resp. bladschede in mm bij een photoperiode van 10 uur voor *Norghum*, proef 4, 1958;
B. idem bij een photoperiode van 24 uur;
C. de strekking van bladschijf + bladschede bij een photoperiode van 10 uur;
D. idem bij een photoperiode van 24 uur.
N. B. Het moment van bloeiaanleg is met een lijn aangegeven; de cijfers geven de bladnummers aan.

De cijfers in de eerste kolom van tabel 11 geven een beeld ervan hoe de bladeren en bladprimordia eruit zien aan een plant, waarvan het groeipunt nog in de vegetatieve phase verkeert.

De bladeren 1 t/m 7 zijn volgroeid;
blad 8 heeft een volgroeide bladschijf en een zich strekkende bladschede; blad 9 heeft een flink uitgroeiende bladschijf en een nog nauwelijks uitgroeiende bladschede; de bladeren 10 t/m 12 hebben een zich min of meer strekkend blad, waaraan nog alleen de bladschijf te zien is; de bladeren 13 t/m 16 zijn nog primordiaal, zij het iets verschillend in lengte.

Kort samengevat zijn aan de plant dus te onderscheiden volgroeide bladeren, één blad met een zich strekkende bladschede, gevolgd door één met een zich strekkende bladschijf en een aantal kleinere bladschijven, resp.-primordia.

Volgen we nu b.v. blad 14 in tabel 11 en fig. 15 B. We zien eerst een primordium van slechts 1 mm lengte. Een week later is te onderscheiden een bladschijf van 7 mm, die na 2 weken reeds is uitgegroeid tot 697 mm met daaraan een bladschede van nog slechts 7 mm. Deze

laatste is na 3 weken reeds 173 mm, terwijl de schijf kennelijk volgroeid is. Na 4 weken zijn beide volgroeid. In de figuur komt vooral tot uiting, dat de strekking van bladschijf en -schede aanvankelijk gering is, vervolgens zeer snel verloopt om daarna vrij abrupt het strekkingstempo te verminderen en de groei te voltooien. Is het vegetatiepunt generatief geworden, dan groeien de (meeste) primordia volgens dit schema uit.

Vergelijking van deze gegevens met die uit tabel 10 en fig. 15 A leidt tot de conclusie, dat de strekking daar in principe analoog verloopt. Het aantal bladeren is echter kleiner, wat een gevolg is van de vroegere bloeiaanleg. Onder invloed van de kortere belichtingsduur worden ze ook minder lang.

Dit verband tussen bloeiaanleg en strekking is in fig. 15 B en D eveneens te volgen. In deze figuren is te zien dat na bloeiaanleg de totale lengte van het blad eerst geleidelijk, daarna sterk afneemt.

De bladschijven van blad 13 en 14 - de langste twee - verkeerden in de periode van de grootste strekking toen de plant generatief werd. De bladschijven die zich daarna gestrekt hebben, zijn steeds korter geworden.

De schede van blad 12- de oudste in de tekening - strekte zich tegelijkertijd, d.w.z. juist toen de plant generatief werd. Bij de jongere bladeren worden de bladscheden geleidelijk korter, afgezien van de laatste twee. Uit tabel 11 blijkt, dat blad 11 een nog iets langere bladschede had. De conclusie kan dan ook luiden, dat de bladscheden die zich strekken na de bloeiaanleg geleidelijk korter worden. Dat de voorlaatste bladschede weer een weinig en de laatste weer veel langer is, is hieraan toe te schrijven dat ze er kennelijk van profiteren, dat de bladschijven dan reeds alle volgroeid zijn.

De lengte van bladschijf en bladschede wordt zoals eerder bleek door de belichtingsduur (indirect) beinvloed. Een overzicht hiervan voor de varieteit *Norghum* is opgenomen in tabel 12 en fig. 16. Hierbij valt het volgende op te merken.

De bladscheden worden bij de opeenvolgende bladeren van een bepaalde plant geleidelijk langer. Bij een belichtingsduur van hoogstens 10 uur zet deze toename zich voort tot het vlagblad. De bladschede van dit laatste blad is plotseling veel langer. Bij een belichtingsduur van 11 uur of meer worden de bladscheden eerst geleidelijk langer en daarna geleidelijk weer korter. De voorlaatste

photo-periode in uren	5	6½	8	9	10	11	12	13	14	16	18	24
blad 1	-	-	-	19+ 22	-	-	-	-	12+ 29	-	-	32+ 39
2	--	33+ 37	41+ 48	41+ 56	-	18+ 46	28+ 27	-	27+ 43	35+ 45	-	41+ 85
3	39+ 73	48+ 84	44+ 88	56+ 99	44+101	47+ 94	45+ 70	59+ 94	49+ 64	53+ 90	47+ 80	76+124
4	55+103	62+113	66+112	66+133	69+135	69+138	76+152	83+172	77+142	88+180	77+124	102+221
5	76+134	81+134	82+170	80+174	88+201	89+206	100+202	99+205	95+186	116+255	104+216	134+305
6	95+188	103+214	107+241	112+234	116+291	112+262	131+299	123+261	143+336	140+350	129+278	147+389
7	106+246	128+281	136+265	138+355	138+376	135+343	150+379	153+387	171+436	163+426	152+391	165+451
8	113+302	145+374	148+338	159+441	149+430	165+432	172+475	185+486	196+530	205+541	192+502	197+478
9	119+370	145+393	167+437	169+499	171+498	180+506	206+592	202+503	206+575	226+527	215+558	204+519
10	127+405	167+455	185+501	171+567	181+595	191+590	210+621	212+550	224+594	230+617	215+620	235+629
11	129+481	173+513	184+677	178+652	184+675	182+681	204+747	210+672	220+672	245+694	242+811	236+756
12	137+543	174+615	184+731	181+738	202+765	181+773	174+799	217+746	230+766	227+851	228+894	223+853
13	142+517?	174+663	198+767	224+746	210+776	187+785	181+789	206+850	217+865	218+839	214+939	207+934
14	>168+362	178+729	285+588	295+544	344+548	222+730	202+760	188+880	189+873	202+899	187+926	186+929
15		270+546				349+443	303+544	174+783?	174+856	184+907	161+891	159+935
16								166+827	165+812	178+830	158+803	148+801
17								182+740	181+746	196+762	165+732	158+702
18								298+475	294+491	322+533	188+641	189+605
19											312+404	303+374
aantal bladeren	14	15	14	14	14	15	15	18	18	18	19	19

TABEL 2: temperatuurmaxima en -minima, -gemiddelden en -verschillen in C- en A-kas, 1957 en 1958; samenvatting van de gemiddelden per maand.

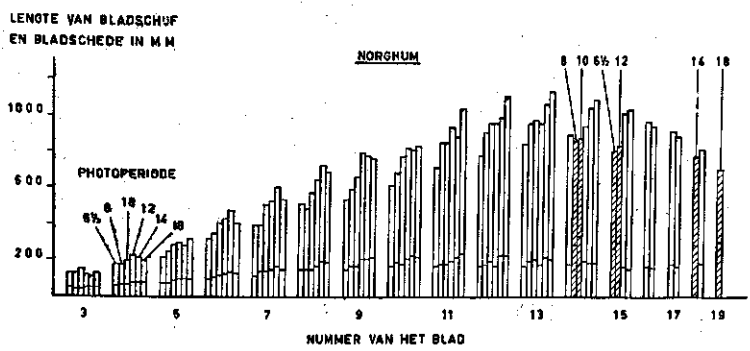


Fig. 16: de lengte van bladschijf en bladschede in mm bij photoperioden van 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur *Norghum*, proef 4, 1958.

bladschede is weer iets groter en de vlagbladschede tenslotte is belangrijk langer.

De bladschijven worden geleidelijk langer. Bij een belichtingsduur van 10 uur of minder zet deze toename zich voort tot en met de voorlaatste bladschijf. De vlag is veel korter. Bij een belichtingsduur van 11 uur of meer wordt de langste bladschijf op een eerder tijdstip gevormd, daarna neemt de lengte weer af. De langste bladschijf is de op twee na de laatste bij het 11-uur object. De lengtetoename vóór en de lengteafname na de langste bladschijf zijn geleidelijk; verderop wordt de afname resp. toename groter.

Worden bladschijf en bladschede gezamenlijk bezien, dan zijn bij een belichtingsduur van hoogstens 10 uur de langste schede en de langste schijf aan hetzelfde (voor laatste) blad te vinden. Vanaf 11 uur belichting zit de langste schede aan een ouder blad dan de langste schijf; het verschil beloopt twee tot vier bladeren.

Merkwaardig is, dat deze scheiding tussen beide categorieën ligt tussen 10 en 11 uur d.w.z. bij de optimale belichtingsduur. De scheiding ligt zeer duidelijk *niet* tussen 12 en 13 uur ofwel op de grens tussen korte en lange dag.

Wordt in tabel 12 in iedere kolom de langste bladschijf opgezocht, dan is te zien dat de lengten van de bladschijven in grote lijnen toenemen met de lengte van de photoperiode. Voor de bladscheden geldt hetzelfde, zij het minder duidelijk. Wij stippen aan, dat de bladeren bij 24 uur zeker niet groter - misschien eerder kleiner - zijn

dan die bij 18 uur.

De genoemde cijfers werden verkregen door wekelijks een plant open te snijden en alle bladscheden en - schijven te meten. Een bezwaar hiervan was, dat de doorlopende waarnemingen betrekking hadden op steeds andere planten en daardoor kunnen fluctueren.

Voor de varieteiten *Norghum*, *Black Amber*, *Bogor 269* en *Dobbs* is de lengte van de bladschijven bij 6 photoperioden uitgezet in fig. 17. Vergelijking van overeenkomstige cijfers voor *Norghum* - fig. 17 met fig. 16 - geeft een aardige mate van overeenkomst te zien. Onderlinge vergelijking van de vier varieteiten met beperkte cijfers als die uit fig. 17 is dus geen bezwaar.

Conclusies:

1. Voor *Norghum* en *Black Amber* geldt, dat de lengte van de langste bladschijf toeneemt met de lengte van de photoperiode. De cijfers voor *Bogor 269* zijn zeer onregelmatig; die van *Dobbs* wijzen meer op een korte-dagklasse tussen 835 en 900 mm en een lange-dagklasse van 1066 tot 1112 mm.
2. Bij de korte-dagbelichtingen is de bladschijf van het voorlaatste of het op twee na laatste blad het langst, althans bij *Norghum*, *Black Amber* en *Bogor 269*. Dit is bij een vrij bladrijke varieteit als *Norghum* meestal het 13e; bij minder bladrijke als *Black Amber* en *Bogor 269* gewoonlijk het 10e of 11e. Bij *Dobbs* (tamelijk veel bladeren) is meestal het 11e blad het langst d.w.z. op 4 of 5 na het laatste. Nu vormt *Norghum* zijn 14 à 15 bladeren even snel of iets sneller dan *Black Amber* en *Bogor 269* hun 12 à 13 bladeren. *Dobbs* daarentegen vraagt belangrijk meer tijd om zijn 16 bladeren te vormen. Een en ander wijst naar onze mening erop dat de bloeiaanleg onder invloed van de (korte) belichtingsduur deze gang van zaken bepaalt n.l. dat de bladschijven die daarna uitgroeien korter worden.
3. Bij de lange photoperioden van meer dan 12 uur is het langste blad bij:

Norghum	: no 14 of 15 d.w.z. op 3 à 5 na het laatste;
Black Amber	: no 11 of 12 d.w.z. op 3 à 6 na het laatste;
Bogor 269	: no 13 tot 16 d.w.z. op 4 à 7 na het laatste;
Dobbs	: no 14 tot 18 d.w.z. op 6 à 11 na het laatste;

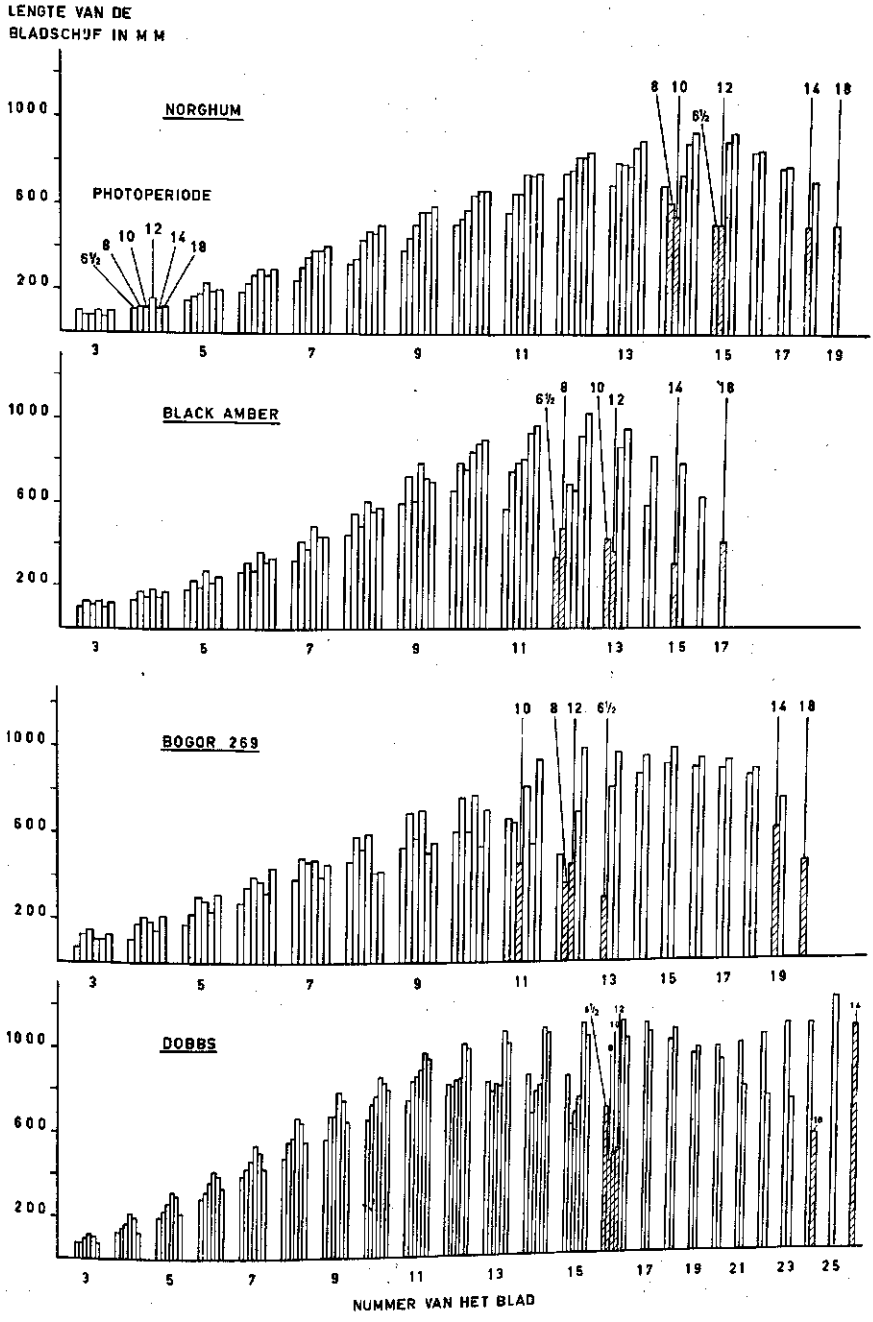


Fig. 17: de lengte van de bladschijven in mm bij photoperioden van 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958.

Rekening houdend met de toenemende gevoeligheid voor de photoperiode van de varieteiten in deze volgorde, is ook te veronderstellen dat de bloeiaanleg limiterend is voor de bladlengte. Opvallend is dat bij lange dag altijd meer bladeren uitgroeien na de bloeiaanleg dan bij korte dag, welk aantal toeneemt met de gevoeligheid van de varieteit.

Tot slot van deze paragraaf volgt een beschouwing over de invloed van de stralingsintensiteit en de temperatuur op de strekking.

Hiertoe is in tabel 13 voor de varieteiten *Bogor 305* en

periode	photoperiode in uren								
Bogor 305	6½	8½	10	11	12	13	14	18	24
19 - 26 juni	93	120	136	150	141	152	148	134	127
26 juni-3 juli	130	214	192	227	227	225	221	216	208
3 - 10 juli	195	207	203	101	204	223	218	206	203
10 - 17 juli	130	94	82	128	140	137	160	159	150
17 - 24 juli	76	5	2	7	16	83	124	183	194
24 juli-2aug.	---	---	---	---	---	---	---	21	130
S 132	6½	8½	10	11	12	13	14	18	24
19-26 juni	97	103	130	166	133	146	137	108	116
26 juni-3 juli	138	224	172	200	163	217	220	237	214
3-10 juli	126	17	5	8	56	194	190	163	217
10-17 juli	---	---	---	---	---	135	133	119	120
17-24 juli	---	---	---	---	---	---	162	139	167
24 juli-2 aug.	---	---	---	---	---	---	154	122	120

TABEL 13: de totale groei in cm van alle bladeren, gemiddeld over perioden van een week; grootste toename onderstreept resp. gestippeld; varieteiten *Bogor 305* en *S 132*; proef 2, 1957.

S 132 voor ieder blad de lengtetoename per week berekend. De grootste groei blijkt te zijn geweest in de periode van 26 juni tot 10 juli 1957. Dit geldt niet voor *S 132* bij photoperioden van 8½, 10 en 12 uur, daar bij *S 132* aan het einde van deze periode geen nieuwe bladeren meer werden gevormd. Het object *S 132* - 6½ uur, dat zijn bladeren later vormde, toont deze groei wel, evenals *S 132* - 14 en 18 uur.

Vergelijking met fig. 4 en tabel 2 laat zien dat in deze periode de stralingsintensiteit en daardoor de temperatuur zeer hoog waren. Dit wijst op een correlatie tussen bladstrekking, stralingsintensiteit en temperatuur.

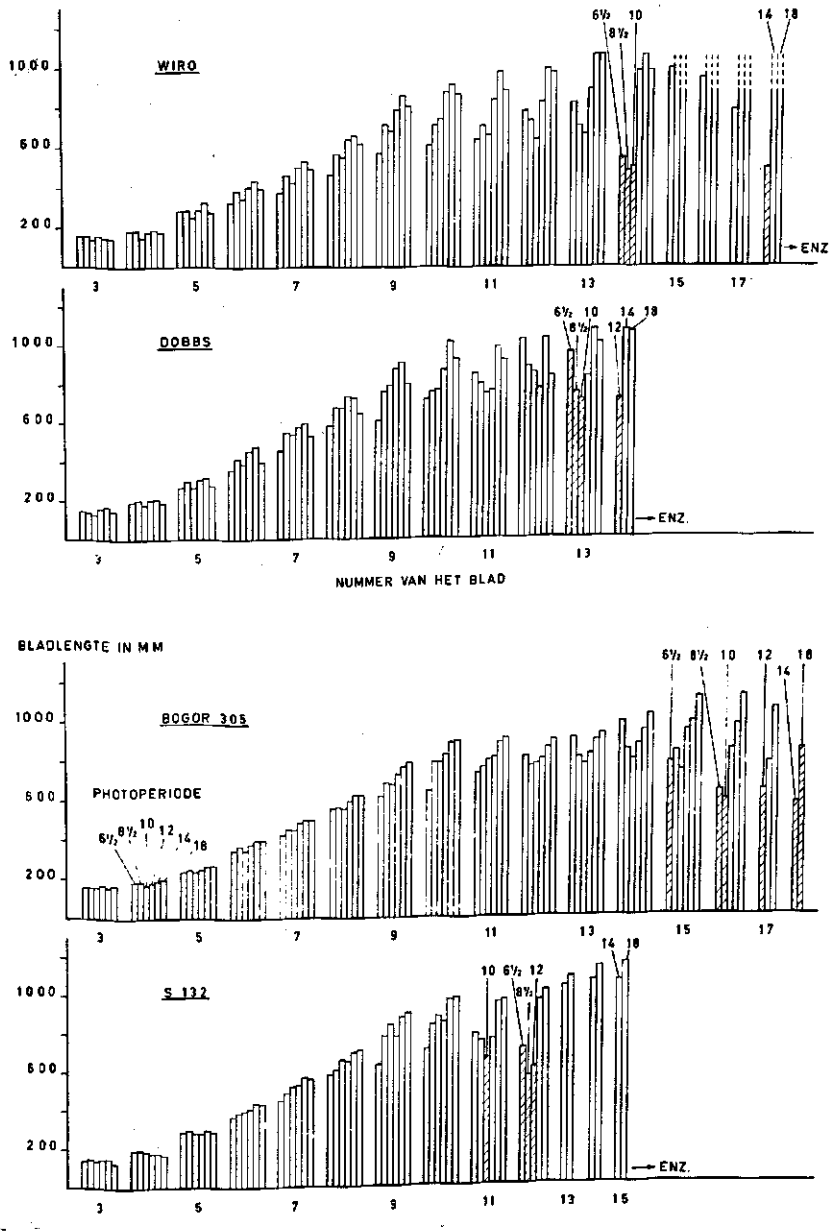


Fig. 18: de lengte van de bladschijven in mm bij photoperioden van 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur voor 4 varieteiten uit proef 2, 1957; onvolgroeide bladeren zijn gedeeltelijk gestippeld.

A. *Bogor 305*

photo-periode in uren	6½	8½	10	12	14	18
blad 1	--	--	--	--	--	--
2	--	--	--	--	--	---
3	155	155	155	166	158	165
4	185	188	170	182	193	198
5	237	253	235	251	269	269
6	347	370	352	376	402	396
7	431	464	450	489	501	499
8	558	568	556	596	630	628
9	617	686	679	734	773	786
10	637	789	787	831	886	901
11	726	758	797	814	887	910
12	819	771	778	802	863	896
13	914	807	776	830	896	929
14	988	845	796	882	950	1032
15	775	843	741	945	988	1115
16		640	588	852	983	1132
17				642	770	1059
18					571	850
aantal bladeren	15	16	16	17	18	18

B. *S 132*

photo-periode in uren	6½	8½	10	12	14	18
blad 1	--	--	--	---	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	141	148	143	154	154	132
4	196	195	187	179	182	174
5	286	295	280	279	297	286
6	368	389	403	410	443	430
7	450	492	519	528	572	563
8	575	612	662	650	703	714
9	631	775	835	781	883	899
10	708	836	881	850	973	977
11	789	748	662	760	959	960
12	713	558		608	964	1008
13					1027	1075
14					1055	1130
15					1056	1154
16					?	?
17						
18						
aantal bladeren	12	12	11	12	?	?

C. *Wiro*

photo-periode in uren	6½	8½	10	12	14	18
blad 1	--	--	--	--	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	159	159	136	163	153	154
4	191	187	151	179	192	180
5	288	285	245	286	329	284
6	330	385	351	405	443	398
7	376	474	443	511	543	503
8	465	583	557	649	667	631
9	582	716	689	804	869	824
10	619	715	745	890	929	881
11	652	721	674	851	985	900
12	804	749	645	843	1011	986
13	838	723	680	908	1081	1081
14	558	485	513	996	1081	1001
15				1012	?	?
16				960		
17				804		
18				502		
aantal bladeren	14	14	14	18	?	?

D. *Dobbs*

photo-periode in uren	6½	8½	10	12	14	18
blad 1	--	--	--	---	--	--
2	--	--	--	--	--	--
3	147	139	131	155	165	152
4	200	209	178	209	210	185
5	265	298	268	312	321	276
6	364	424	394	456	478	404
7	464	546	539	584	603	530
8	580	684	677	737	732	647
9	612	762	790	879	910	804
10	717	763	766	866	1015	933
11	850	798	749	757	992	924
12	1027	892	857	769	1031	935
13	970	756	723	841	1084	1008
14				720	1080	1074
15					?	?
16						
17						
18						
aantal bladeren	13	13	13	14	?	?

TABEL 14 A, B, C, D: de lengte van de bladschijven bij *Bogor 305*, *S 132*, *Wiro* en *Dobbs*, bij photoperioden van 6½, 8½, 10, 12, 14 en 18 uur; proef 2, 1957.

Ook de bladlengte wordt behalve door de belichtingsduur beinvloed door de stralingsintensiteit en de temperatuur.

Zo is te zien dat bij *Bogor 305* en *S 132* in de bladlengten een knik is te vinden na het 10e blad, zie tabel 14 en fig. 18. De twee of drie bladeren na het tiende zijn iets korter, daarna worden ze weer even langer. Aangezien deze stagnatie bij alle objecten ongeveer bij het tiende blad optreedt, is het waarschijnlijk dat aan een invloed van buitenaf moet worden gedacht. Het blijkt dat de verkorting van de bladeren juist daar begint waar het blad in de periode na 9 à 10 juli uitgroeide. Deze periode kenmerkte zich door een lage stralingsintensiteit (zie fig. 4), na de voorafgaande periode van veel licht. Bij *S 132* treedt in het optimale traject geen vertraging op, omdat bij deze snelle groeier alle bladeren op 10 juli reeds waren gevormd.

Ook onregelmatigheden in de bladlengten bij lange belichtingsduur, zie fig. 17, zijn toe te schrijven aan fluctuaties in temperatuur en stralingsintensiteit. Een endogene invloed als b. v. van de bloeiaanleg lijkt voor genoemde stagnaties niet verklaarbaar.

5. *Strekking en lengte van stengel en pluim.*

Om enig inzicht te verkrijgen in de lengtegroei van stengel en pluim is voor *Norghum* de wekelijks gemeten lengte van de stengel uitgezet in fig. 19 voor 7 photoperioden. Indien aanwezig is ook de lengte van de pluim uitgezet.

De strekking van de stengel blijkt een gelijksoortig verloop te hebben als de bladeren.

Evenals bij de bladeren is er aanvankelijk weinig lengtegroei; dan volgt een periode van snelle strekking (het schieten). De snelheid van de strekking neemt tenslotte vrij snel af.

Op de lijnen uit fig. 19 is het moment van bloeiaanleg aangegeven. Daaruit blijkt dat de onder korte-dag opgroeiende planten pas na de bloeiaanleg gaan schieten. De onder lange-dag opgroeiende planten groeien reeds uit voor de (vertraagde) bloeiaanleg. Dit verschijnsel is bij de weinig gevoelige varieteit *Norghum* minder duidelijk dan bij gevoeliger varieteiten als *Dobbs*. Bij (zeer)korte belichtingsduur is de strekking aanvankelijk wat traag, wellicht t. g. v. een assimilatie-tekort.

Voornoemde stengelstrekking is gemeten aan uitgetrokken planten. Gezien de bezwaren hieraan verbonden, zijn

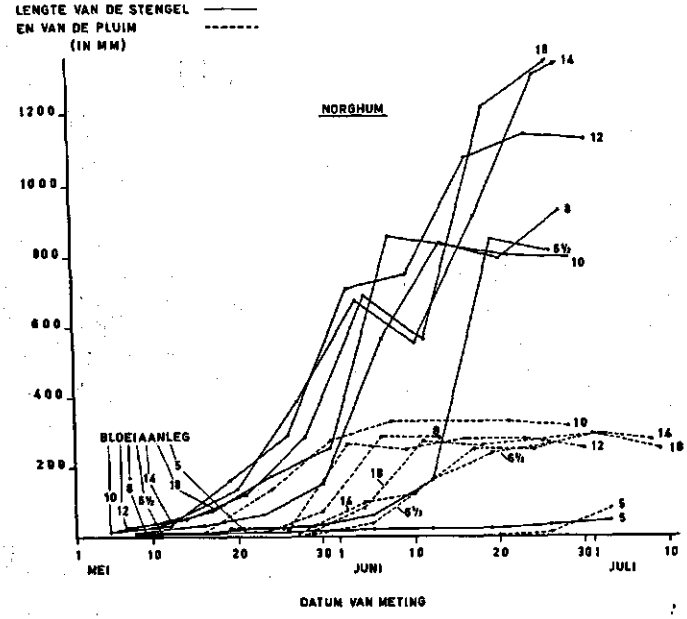


Fig. 19: de strekking van stengel resp. pluim in mm, wekelijks gemeten, bij photoperioden van 5, 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur voor *Norghum*, proef 4, 1958.
N. B. Het moment van bloeiaanleg is op de lijnen aangegeven.

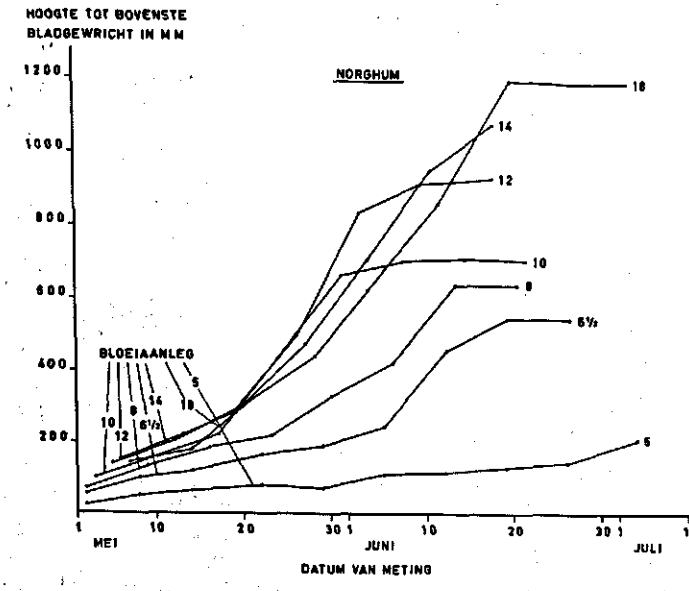


Fig. 20: de strekking van de stengel in mm, wekelijks gemeten aan de hoogte van maaiveld tot het gewricht van het jongste volgroeide blad, bij photoperioden van 5, 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur voor *Norghum*, proef 4, 1958.
N. B. Het moment van bloeiaanleg is op de lijnen aangegeven.

net als bij de bladstrekking wekelijks metingen uitgevoerd aan enkele planten. Omdat de stengel tot tegen de bloei door bladscheden aan het oog onttrokken wordt, is aan deze planten de hoogte bepaald van maaiveld tot het gewricht van het jongste volgroeide blad. De resultaten zijn voor 7 photoperioden uitgezet in fig. 20.

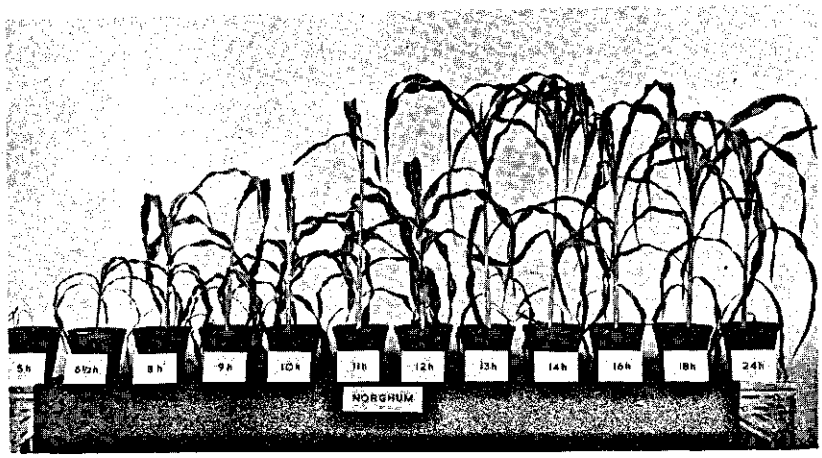
varieteit	omschrijving	photoperiode in uren											
		5	6½	8	9	10	11	12	13	14	16	18	24
Norghum	stengel	---	727	880	888	869	982	1143	1358	1235	1317	1358	1378
	pluim	---	243	277	277	317	315	271	288	275	293	283	250
Black Amber	stengel	865	1339	1658	1713	1932	2178	2333	2603	2453	2913	2808	2995
	pluim	155	251	260	285	259	293	305	327	313	310	328	312
Bogor 269	stengel	981	1480	1665	1738	1658	1848	2038	---	2703	2828	2930	2750
	pluim	208	221	255	275	258	252	253	---	336	345	305	300
Dobbs	stengel	---	1357	1630	1812	1978	1777	2023	---	2697	2733	2718	2877
	pluim	---	217	222	213	230	230	239	---	254	263	218	225

TABEL 15: de lengte van stengel en pluim in mm bij 12 photoperioden van 5 tot 24 uur voor 4 varieteiten; proef 4, 1958.

Opvallend is het regelmatiger en ook vlakker verloop van de lijnen. De lijnen lopen regelmatiger omdat ze het resultaat zijn van metingen aan steeds dezelfde planten. Ze lopen vlakker omdat aan de jonge plant genoemde bladgewrichten reeds spoedig vrij veel uitsteken boven de nog niet in strekking zijnde jonge stengel. Daarentegen ligt het gewricht van het vlagblad (veel) lager dan de hoogste knoop van de volgroeide stengel. Hoewel minder geprononceerd, is deze vorm van "stengel"-meting bruikbaar.

De overeenkomst tussen blad- en stengelgroei blijkt ook uit de totale lengten. Voor de stengel geldt n.l. ook dat de lengte globaal toeneemt met de belichtingsduur. Dit wordt gedemonstreerd voor *Norghum*, *Black Amber*, *Bogor 269* en *Dobbs* in tabel 15. De lengte van de stengel bij *Norghum* is veel korter dan bij de andere drie. Omdat *Norghum* kort is draagt dat ertoe bij dat de strekking van de stengel bij *Norghum* minder opvallend is, dan bij de anderen. Dit moet in acht genomen worden bij de beschouwing van fig. 20.

In fig. 21 is een aantal planten van *Norghum* en *Dobbs* afgebeeld, twee maanden na de zaai. *Norghum*, is en blijft veel korter dan *Dobbs* , zelfs de reeds gestrekte planten bij 9, 10 en 11 uur. (De te korte planten bij *Norghum*, 12 uur en bij *Dobbs*, 9 uur, wijzen op een systematische fout in de opzet).



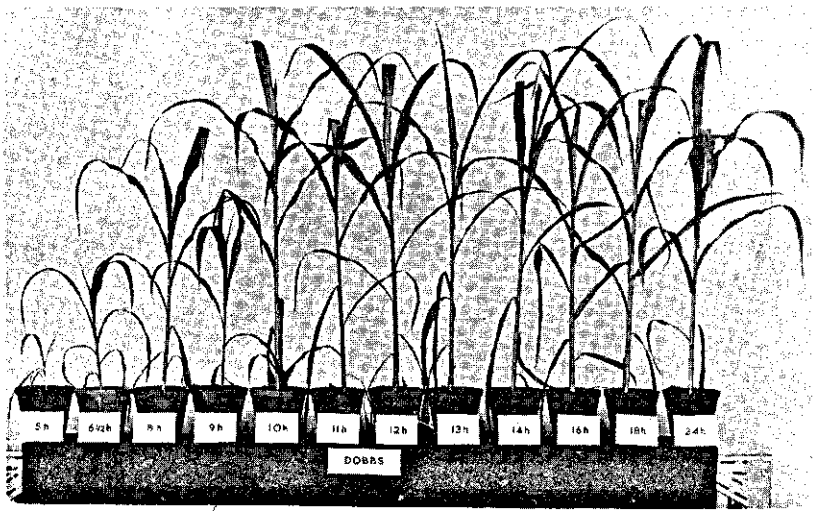


Fig. 21: de hoogte van *Norghum* en *Dobbs* 2 maanden na de zaai bij 12 photoperioden van 5 tot 24 uur, proef 4, 1958.

In fig. 19 is voor 7 photoperioden tevens de strekking van de pluim uitgezet. Uit deze figuur blijkt, dat bij 10 à 12 uur belichting de pluimstrekking het eerste een aanvang neemt. Bij langere of kortere belichting begint de strekking later, maar de pluim bereikt uiteindelijk eenzelfde lengte. Alleen bij 5 uur belichting treden duidelijk afwijkingen op. De strekking begint zeer laat en de pluim blijft schriel, beide t.g.v. een assimilatiedeficit.

6. *Vermeerdering van het drooggewicht.*

De vermeerdering van het drooggewicht, bepaald bij *Norghum*, is uitgezet in fig. 22. De analyses zijn wekelijks uitgevoerd vanaf de 5e tot de 15e week na de zaai d.w.z. ongeveer vanaf het moment van bloeiaanleg tot enige weken na de bloei.

Uit de figuur blijkt dat de pluim pas 3 tot 4 weken na de bloeiaanleg, bij optimale belichtingsduur, een weegbaar gewicht verkregen heeft. Vanaf dit moment neemt het gewicht van de pluim bij die optimale belichtingsduur toe, later gevolgd door de objecten bij zeer korte of zeer lange photoperioden. De zeer kort belichte objecten bereiken uiteindelijk slechts geringe waarden, de zeer lang belichte objecten daarentegen worden zeker zo zwaar als die bij optimale belichtingsduur. Door gebrek aan planten konden de analyses niet lang genoeg worden voortgezet om te bepalen of het gewicht van de pluim bij super-optimale belichtingsduur naar evenredigheid toeneemt. De figuur geeft hierover geen uitsluitsel; immers volgens die gegevens worden de pluimen bij optimale en super-optimale belichtingsduur ongeveer even zwaar. Daarentegen wordt de

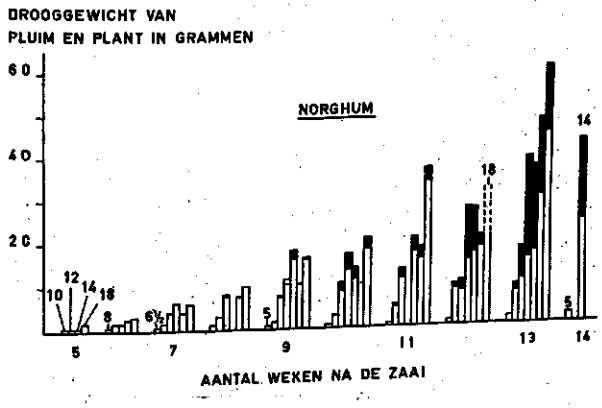


Fig. 22: de toename van het drooggewicht van stengel plus bladeren, pluim en het totaal in grammen bij belichtingsduren van 5, 6½, 8, 10, 12, 14 en 18 uur voor *Norghum*, proef 4, 1958.

bladlengte groter naarmate de belichtingsduur toeneemt, m. a. w. ! het assimilatieoppervlak neemt toe met de belichtingsduur. Dit vindt zijn uitdrukking in het totaal gewicht van stengel en bladeren.

Het is op grond van de beschikbare gegevens niet uit te maken of de pluimen aan hun afstervende voedsterplanten, die qua omvang en gewicht met de belichtingsduur zijn toegenomen naar evenredigheid reservestof (kunnen) onttrekken t. b. v. hun pluimgewicht.

Fig. 23 geeft tenslotte een overzicht van het gewicht van

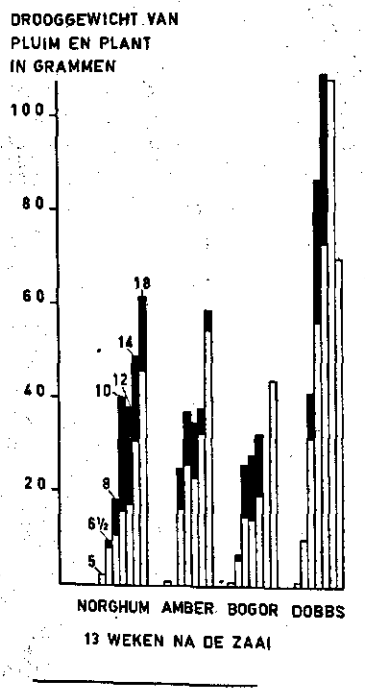


Fig. 23: het drooggewicht van stengel plus bladeren, pluim en het totaal in grammen, 13 weken na de zaai, bij photoperioden van 5, 6½, 8, 10, 12, 14, en 18 uur voor 4 varieteiten uit proef 4, 1958.

plant en pluim bij *Norghum*, *Black Amber*, *Bogor 269* en *Dobbs*. 13 weken na de zaai.

De gewichten van stengel en bladeren en het totale gewicht per plant wekken voor *Norghum* en enigermate voor *Black Amber* en *Bogor 269* de indruk, dat het drooggewicht toeneemt met de belichtingsduur. Er zijn echter ook gegevens die erop duiden, dat het drooggewicht in het super-optimale gebied niet meer toeneemt. Dit laatste kan toegeschreven worden aan het feit dat de lange photoperioden een aanvullende belichting krijgen (boven 12 uur) met kunstlicht dat assimilatorisch geen gewicht meer in de schaal legt.

De gewichten van de pluim alleen tonen nog eens aan dat bij optimale belichtingsduur de gewichtstoename het snelst gerealiseerd wordt.

7. *Aanhangsel.*

Als sluitstuk op de verhouding van belichtingsduur en ontwikkelingsphase (en andere grootheden) volgen nu enige resultaten verkregen bij 30 varieteiten. Dit zijn naast vrijwel alle reeds besproken varieteiten, een aantal vroeg- en laatrijpe varieteiten uit de meeste landen van waaruit destijds materiaal is geimporteerd. Bij de keuze van deze 30 varieteiten is getracht een zo representatief mogelijke steekproef uit de collectie te nemen.

De planten zijn opgegroeid bij photoperioden van 6½, 10, 14 en 18 uur. Het aantal dagen van zaai tot bloei, het aantal bladeren, de lengte van de langste bladschijf en van de stengel zijn, gerangschikt en gemiddeld naar land van herkomst, opgenomen in tabel 16.

In het algemeen kan worden gezegd, dat de gevoeligheid van de varieteiten voor de photoperiode afneemt naarmate het land van herkomst verder van de evenaar ligt. De Indonesische varieteiten maken hierop een uitzondering, daar deze hoofdzakelijk uit Zuid-Afrika en Amerika geimporteerd zijn.

Aantal dagen van zaai tot bloei.

Als regel is de bloei bij 6½ uur duidelijk vertraagd t. o. v. die bij 10 uur. Bij 14 uur belichting bloeien de planten later dan bij 10 uur. In het traject van 10 tot 14 uur treedt de vertraging het duidelijkst naar voren, althans bij de gevoelige varieteiten. Bij ongevoelige varieteiten is de vertraging van 10 uur naar 6½ uur meestal groter dan die van

"TROPISCHE GROEP"

varieteit	land van herkomst	aantal dagen van zaai tot bloei				aantal bladeren				lengte langste bladschijf (mm)				lengte stengel (mm)			
		photoperiode in uren				photoperiode in uren				photoperiode in uren				photoperiode in uren			
		6½	10	14	18	6½	10	14	18	6½	10	14	18	6½	10	14	18
Jemare:	Nigeria	70	66	>208	>208	13	13,5	38	>39	754	871	1234	1203	1600	2440		
landsgemiddelde		70	66	>208	>208	13	13,5	38	>39	754	871	1234	1203	1600	2440		
42 3	Kenya	91	73	106	99	16,5	16,5	22	22	730	751	888	931	1480	1940	2325	2548
S 12	en	83	72	117	110	15,5	16,5	24	22	823	765	996	1075	940	1413	1645	1775
Boscoc	Tanganyika	94	75	136	140	15	16,5	23	24,5	846	983	1101	1134	----	1837	2697	2892
landsgemiddelde		93	73	120	118	15,7	16,5	23	22,8	800	800	995	1047	1210	1730	2223	2405
S 117	Tanganyika	101	81	>208	>208	16	16	>30	>30	852	803	1147	1161	----	1870	----	----
Wiro		88	75	>208	>208	15,5	17,5	>31	>32	791	893	1154	1134	1702	2555	----	----
landsgemiddelde		95	78	>208	>208	15,7	16,8	>31	>32	822	848	1151	1148	1702	2213	----	----
A.S. 9301	India	75	63	99	117	12	14	23	27	643	773	865	921	1480	1852	2975	----
E 7		85	71	109	148	13	14	24,5	23	769	814	1039	1086	1918	2643	3187	3600
landsgemiddelde		80	67	104	133	12,5	14	23,8	25	706	794	952	1004	1699	2248	3081	3600
Co 2	India	92	76	>208	>208	17	16	>35	>33	612	775	1149	1140	1400	2230	----	----
landsgemiddelde		92	76	>208	>208	17	16	>35	>33	612	775	1149	1140	1400	2230	----	----
Bogor 2691	Indonesië	74	63	99	102	13	13	21	20	740	765	825	1012	1460	1855	2382	2730
Bogor 305		98	80	99	99	18	18	20	20,5	863	809	1046	1046	----	2240	2435	2267
Bogor 311		84	69	102	98	16	16	23	24	839	898	1170	1148	1710	2413	3085	2857
Bogor 373		63	74	109	107	13,5	15	20	21,5	683	671	882	845	1127	1651	2242	2300
Ontjir gadi		83	71	79	93	14	15	17,5	18	751	802	835	908	1445	1875	1840	2055
Solor koning		88	74	124	136	14,5	16	22,5	26	834	957	1224	1166	1580	2275	2925	3285
landsgemiddelde		85	72	100	106	14,8	15,5	20,7	21,7	762	833	987	1021	1466	2018	2482	2579

"SUB-TROPISCHE GROEP"

varieteit	land van herkomst	aantal dagen van zaai tot bloei				aantal bladeren				lengte langste bladschijf (mm)				lengte stengel (mm)			
		photoperiode in uren				photoperiode in uren				photoperiode in uren				photoperiode in uren			
		6½	10	14	18	6½	10	14	18	6½	10	14	18	6½	10	14	18
Feterita	Noord-	77	89	85	122	13,5	16,5	21	27,5	804	868	987	1134	1398	2085	2220	3035
Regari	Afrika	74	86	81	99	14	14,5	22	23	745	745	1158	1128	----	1472	2130	2272
S.decimat		98	83	99	101	18	18	21	22,5	1006	972	1042	1116	----	2470	3022	3785
landsgemiddelde		83	73	92	107	15,2	16,3	21,3	24,3	852	862	1062	1126	1164	2009	2457	3031
B.C. 27	Congo	98	77	92	99	18	19	21	22,5	843	899	1005	1039	----	1575	1578	1407
B.C.W.K. 3		84	70	110	111	13	13,5	21	22	635	644	915	941	950	1380	2080	2390
landsgemiddelde		91	74	101	105	15,5	16,3	21,0	22,3	739	772	980	990	950	1488	1829	1899
Pretoria	Zuid-	94	77	87	104	14,5	15	18	18,5	637	694	778	846	945	1309	1517	1517
Kaffircorn	Afrika	88	68	81	96	14	13,5	18	17,5	661	719	799	859	910	1448	1838	1790
Club kafir		85	71	82	95	14	16,5	19,5	21,5	657	683	814	786	1155	1568	1325	1580
landsgemiddelde		89	72	83	98	14,2	15,0	18,5	19,2	652	699	797	834	1003	1442	1560	1629
Martin milo	U.S.A.	88	74	78	95	18	15,5	17	20	652	696	783	935	825	936	718	7
Fremont		81	71	73	91	14,5	15,5	17,5	18	509	598	660	687	----	1677	2095	2055
Oklahoma		92	80	87	97	16	17,5	21	21,5	592	643	771	826	565	990	990	1057
Brantfort Whites		81	67	78	92	13	13,5	15,5	16	661	687	705	830	----	1287	1285	1518
Early White		78	69	76	100	13,5	14	17	19	651	719	752	824	1157	1830	2405	2580
Black Amber		74	65	75	105	11,5	12,5	15,5	17	731	808	948	823	1353	2000	2545	1402
Sorghum		83	66	75	83	15	15	18	19	743	801	932	943	720	1016	1167	1380
landsgemiddelde		84	70	77	95	14,2	14,8	17,4	18,9	650	708	793	853	924	1388	1599	1665

TABEL 16: het aantal dagen van zaai tot bloei, het aantal bladeren, de lengte van de langste bladschijf en van de stengel in mm; bij 4 photoperioden voor 30 varieteiten, gerangschikt en gemiddeld volgens land van herkomst; proef 9, 1958.

10 naar 14 uur. De vertraging bij 18 uur t.o.v. die bij 14 uur is soms duidelijk, vooral bij minder gevoelige varieteiten, uitgezonderd de Indonesische. Bij de gevoelige varieteiten is het verschil tussen 14 en 18 uur belichting opmerkelijk genoeg vaak gering.

Zoals eerder gezegd is het criterium "meer of minder gevoelig" duidelijk gebaseerd op het gedrag bij 14 en 18 uur, dus bij lange dag. De optimale waarden bij 10 uur ontlopen elkaar weinig. De verschillen (maximaal 18 dagen) zijn evenwel groter dan op grond van eerdere proeven was te verwachten. In deze waarden voor het optimale traject moet het verschil in vroeg- en laatrijp opgesloten liggen. Wellicht was de collectie nog te eenzijdig om deze verschillen voldoende te accentueren. De verschillen in het sub-optimale gebied zijn betrekkelijk gering (hoogstens 21 dagen, *S 132* en *B.C. 27*); ze zijn voor een classificatie onbruikbaar.

Aantal bladeren.

Ter vergelijking met de in fig. 12 weergegeven cijfers zijn de gemiddelde aantallen bladeren voor de 30 varieteiten opgenomen in tabel 16.

Bij deze verscheidenheid van varieteiten wordt een minimum aantal bladeren gevonden van 11,5 bij *'Black' Amber* en 12 bij *A.S. 9391*, beiden bij een belichtingsduur van $6\frac{1}{2}$ uur. Het grootste minimum aantal wordt aangetroffen bij *B.C. 27* en *Bogor 305*, beide met 18 bladeren bij $6\frac{1}{2}$ uur. De maximale aantallen zijn te vinden bij *Janare* bij 14 en 18 uur: resp. >38 en >39. Het kleinste maximum heeft *Black Amber* met 17 bladeren bij 18 uur belichting.

De gevoeligheid voor de photoperiode komt uit deze cijfers niet naar voren; daarvoor moet het verschil in aantal bladeren binnen één varieteit bij de 4 verschillende photoperioden bezien worden. Een varieteit als *Bogor 305* is zeer ongevoelig, ondanks zijn hoge minimum aantal bladeren (18). Daarentegen is *Janare* zeer gevoelig, ondanks een kleinst aantal bladeren van slechts 13.

Verder wordt - wellicht ten overvloede - nog op de volgende punten gewezen.

Bij langere belichtingsduur worden meer bladeren gevormd. Deze toename is zeer opvallend in het traject van 10 tot 14 uur. Van 14 tot 18 uur is de toename gering of nihil. Het aantal bladeren bij een photoperiode van $6\frac{1}{2}$ uur is even groot als of zelfs iets kleiner dan bij 10 uur belichting. Met andere woorden: het groeitempo bij $6\frac{1}{2}$ uur belichting is wel trager, maar de langere groeiperiode bij

deze korte photoperiode gaat niet samen met de vorming van meer bladeren, Het minimale aantal (zie bij 10 uur) wordt gevormd in langere tijd; daarna volgt de bloeiaanleg.

Bladlengte.

Voor de lengte van de langste bladschijf, zie weer tabel 16. Beperkt van aard als deze cijfers zijn bevestigen ze de regel, dat de lengte van het langste blad - en daarmee van alle bladeren - toeneemt met de belichtingsduur. De grootste toename in bladlengte is te vinden tussen 10 en 14 uur belichting. Deze meerdere bladgroei loopt kennelijk parallel met de aanmerkelijke vertraging in de bloeiaanleg in dit traject. De toename van de bladlengte tussen 6½ en 10 uur en tussen 14 en 18 uur is veel minder - de laatste is soms nihil.

Stengellengte.

Tenslotte is in tabel 16 vermeld de lengte van de stengel bij deze 30 varieteiten onder 4 photoperioden. In grote trekken blijkt de stengel langer te worden, naarmate de belichtingsduur toeneemt.

N.B. Van de 74 varieteiten - de gehele collectie - die in de proefjaren onder de locale lange dag werden opgekweekt, waren er 21 die na ruim een half jaar nog geen vlagblad hadden. Deze zijn zeer gevoelig. Het is overigens geenszins uitgesloten, dat zij bij een langere vegetatieperiode wel een vlagblad zouden vormen. Deze 21 varieteiten zijn afkomstig uit Nigeria, Ghana, Ethiopië, Tanganyika en Zuid-India, landen dus uit de buurt van de evenaar. 53 varieteiten vormden wel een vlagblad (en vrijwel allen ook een rijpe pluim). Hierbij waren alle varieteiten uit Zuid-Afrika en de U. S. A. (sub-tropen), maar ook meer aequatoriale als de gehele Indonesische collectie, alsmede een aantal varieteiten uit India (sub-tropisch?), Tanganyika, Ethiopië en Zuid-Congo (tropische bergklimaten).

Hoewel van een aantal varieteiten niet bekend is tot welke van SNOWDEN's 6 groepen ze behoren, hebben we de indruk, dat de verschillen in gevoeligheid voor de photoperiode parallel lopen met de morphologische verschillen als aantal bladeren, lengte van bladeren en stengel, enz.

8. *Samenvatting en conclusies.*

Ontwikkelingsphasen,

1. De *vegatieve phase* is het kortst bij een belichtingsduur

van 10 tot 11 uur; *sorghum* is dus een korte-dagplant.

2. Het *minimale aantal dagen* tot de bloeiaanleg - bij de optimale belichtingsduur van 10 à 11 uur - ligt voor de meeste varieteiten op eenzelfde niveau.
3. In het *sub-optimale traject* treedt bij korter wordende belichtingsduur een steeds grotere vertraging in de bloeiaanleg op; deze loopt voor de meeste varieteiten weinig uiteen.
4. In het *super-optimale traject* wordt de bloeiaanleg vertraagd, het sterkst tussen 12 en 18 uur; tussen 18 en 24 uur treedt meestal weinig of geen vertraging meer op.
5. Op grond van de vertraging in het super-optimale traject zijn de varieteiten in te delen in *klassen van gevoeligheid voor de photoperiode*; sub-tropische varieteiten zijn weinig gevoelig, tropische meestal zeer gevoelig. In tropische bergklimaten treft men beide typen aan.
6. De *juveniele phase* was in de zomer van 1957 voor de onderzochte varieteiten 16 - 20 dagen, in het koude voorjaar van 1958 was het 22 - 30 dagen, gemiddeld ongeveer 3 weken.
7. De *rijpheid-tot-bloei* wordt geleidelijk bereikt; hiertoe is een aantal inductiecycli nodig van minimaal 4 - 14 en maximaal 16 - 24 korte dagen. Waarschijnlijk is 8 - 10 korte dagen optimaal.
8. De *inductie-tot-bloei* heeft sneller plaats naarmate de planten ouder zijn.
9. De *generatieve phase* is het kortst bij een belichtingsduur van 10 à 11 uur; de duur ervan is analoog aan die voor de vegetatieve phase, maar de vertragingen zijn geprononceerder, naarmate de belichtingsduur korter resp. langer wordt.
10. In het *optimale traject* - ruim genomen - is de duur van de vegetatieve phase ongeveer gelijk aan de duur van de generatieve phase.
11. Bij gedeeltelijke vervanging van zonlicht door kunstlicht is bij gelijke belichtingsduur het object "alleen zonlicht" eerder generatief; combinaties met kunstlicht zijn trager naarmate het % kunstlicht groter is en de intensiteit ervan hoger. Dit alles geldt meestal ook, als het object "alleen zonlicht" sub-optimaal is en de combinatie "zonlicht + kunstlicht" optimaal.
12. Genoemde verschillen treden (vooral) aan de dag bij photoperioden $<$ 12 uur. Dit kan wijzen op een assimilatie-deficit, in welk geval het opgestelde vermogen van de lampen van enig belang is. Het kan misschien ook een

specifiek vertragende werking zijn van de lampen (b.v. spectrum).

13. Bij zeer zwakke lichtintensiteiten vinden we een traject van intensiteiten, waarbinnen het licht in afnemende mate werkzaam is (wordt) op de bloeiinductie, d.w.z. beneden het photoperiodiek werkzame optimum komt. De boven- en benedengrens van dit traject zijn resp. voor zeer gevoelige varieteiten 50 tot zeker 1200 ergs/cm^2/sec. en voor weinig gevoelige 50 tot 300 ergs/cm^2/sec.

Aantal bladeren en belichtingsduur.

14. Bij photoperioden tot 12 uur is het aantal bladeren van alle varieteiten ongeveer gelijk; bij langere lbelichtingsduur neemt het aantal toe. Bij gevoelige varieteiten is deze toename groot, bij weinig gevoelige gering. Afhankelijk van de varieteit werden minimaal 11 tot 15 bladeren gevormd en maximaal 13 tot 25 of meer. Bij de minst gevoelige varieteit was het verschil 3 bladeren tussen de uitersten; bij de meest gevoelige bedroeg het verschil 26 bladeren.
15. Bladprimordia van een zekere grootte groeien na de bloeiaanleg nog uit: als regel komen er nog 4 - 5 bladeren. Op het moment van bloeiaanleg had de plant minimaal 7 tot 9 uitwendig zichtbare bladeren en imaximaal 10 tot 16. Dit laatste getal kan veel hoger zijn bij gevoelige varieteiten.
16. Het aantal bladeren neemt vooral in het traject van 10 tot 14 uur belichting sterk toe, daarna neemt het geleidelijk minder toe en bij meer dan 18 uur licht weinig of niet meer.
17. Het rythme van de bladaanleg en het uitgroeien ervan is gemiddeld het snelst bij 10 à 11 uur belichting; bij een kortere belichtingsduur wordt het tempo steeds trager; bij een langere belichtingsduur blijft het tempo optimaal of wordt misschien iets lager. De aanleg van de bladeren verloopt bij jonge planten mogelijks iets sneller dan bij oudere planten.

Aantal bladeren en lichtintensiteit.

18. Bij vervanging van zonlicht door licht van lage intensiteit neemt het aantal bladeren iets toe; aanvullende belichting van zeer zwakke intensiteit doet het aantal bladeren ook reeds toenemen. De toename is het gevolg van de (iets) langere groeiduur onder deze omstandigheden. De toename is sterker naarmate de varieteit

gevoeliger is voor de photoperiode. Bijbelichting moet liefst vrij sterk zijn, gezien de hoge waarde van het photoperiodiek optimum; afhankelijk van de varieteit soms meer dan 1200 ergs/cm^2/sec.

Strekking van het blad.

19. Aan de zich ontwikkelende plant zijn vóór de bloeiaanleg te onderscheiden:
    volgroeide bladeren,
    1 blad waarvan de schede zich strekt,
    1 blad waarvan de schijf zich strekt,
    ± 3 kortere bladschijven,
    ± 4 primordia.
20. Een bladschijf of bladschede strekt zich aanvankelijk langzaam, daarna zeer snel, tenslotte geleidelijk minder.

Lengte van de bladeren..

21. Na de bloeiaanleg nemen de lengte van bladschijf en bladschede af, uitgezonderd die van de beide laatste bladscheden. Is de belichtingsduur < 10 uur, dan zijn de langste schijf en schede als regel beide aan het voorlaatste blad te vinden, de uitzonderlijk lange vlagbladschede niet meegerekend. Is de belichtingsduur > 11 uur dan zit de langste bladschijf niet aan het voorlaatste blad, maar aan het derde tot zevende vanaf de top. De langste bladschede zit dan aan het vijfde tot elfde blad van boven af.
22. In grote lijnen neemt de lengte van de langste bladschijf - en in mindere mate die van de langste bladschede - toe met de lengte van de photoperiode. Dit geldt mutatis mutandis voor alle bladeren aan de plant. De lengte van het blad neemt het sterkst toe bij een reeks photoperioden tussen 10 en 14 uur, in overeenstemming met de vaak aanzienlijke vertraging in de bloeiaanleg, die tussen 10 en 14 uur belichting optreedt.

Strekking van de stengel.

23. De stengelstrekking verloopt analoog aan die van het blad; eerst langzaam, daarna snel, waarna hij vrij plotseling afneemt. De strekking vindt bij korte dag plaats na de bloeiaanleg; bij lange dag reeds voor de bloeiaanleg.

Lengte van de stengel

24. De lengte van de stengel neemt in het algemeen toe

met de belichtingsduur.

Pluim.

25. De pluimstrekking begint het vroegst bij een optimale belichtingsduur. De lengte van de pluim is bij alle belichtingsduren ongeveer gelijk.

Drooggewicht.

26. Het gewicht van stengel plus bladeren neemt bij korte dag toe met de belichtingsduur. Bij 12 uur belichting of langer is verdere gewichtstoename aannemelijk, maar gezien de geringe assimilatorische waarde van het kunstlicht is dit in het kader van dit onderzoek niet te bewijzen.
27. Het gewicht van de pluim neemt het snelst toe bij optimale belichtingsduur. Bij sub-optimale belichtingsduur blijft het (veel) lager. Bij super-optimale belichtingsduur neemt het langzamerhand toe: dat deze pluimen uiteindelijk zwaarder worden dan die bij een korte belichtingsduur is niet onmogelijk.

HOOFDSTUK IV

DE TEMPERATUUR.

De in hoofdstuk I besproken publicatie van COLEMAN en BELCHER (1952) leidde ertoe de invloed van de temperatuur op de photoperiodiciteit bij het onderzoek te betrekken. Bij gebrek aan apparatuur is niet meer dan "schaarse aandacht" aan dit probleem besteed.

Achtereenvolgens worden twee proeven besproken, waarbij de temperatuur constant is gehouden en één proef waarbij dag- en nachttemperaturen wisselden. Vooral deze laatste zal in verband worden gebracht met de uiteraard wisselende en wisselvallige temperaturen in de kassen.

1. Constante temperaturen.

In de thermostaatkasten (zie blz. 13) werd een proef opgezet, met *Dobbs*. Uitzaai vond plaats in de C-kas; na 11 dagen werden de planten verspeend in potten. Daarin groeiden ze voorlopig op onder natuurlijke (lange) dag. 46 dagen na de zaai werden ze overgebracht naar de thermostaatkasten. De belichtingsduur werd gesteld op 10 uur; de temperaturen resp. 19, 23, 26, 29, 32 en 36° C. Van de 6 planten per object werd er na resp. 2, 3 en 4 weken telkens één geanalyseerd, ter bepaling van het ontwikkelingsstadium van het vegetatiepunt. Aan de hand hiervan werd het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg berekend. De 3 overige planten van elk object werden na 4 weken teruggebracht naar de C-kas om daar onder lange dag uit te groeien. Aan deze planten werd bepaald: het aantal dagen van zaai tot bloei, het aantal bladeren, het drooggewicht en de lengte van stengel en pluim.

De uitkomsten in tabel 17 laten zien dat ongeveer 23°C de optimale temperatuur is voor de bloeiaanleg en de bloei. Binnen het traject van 19 tot 26 à 29° C zijn de verschillen echter gering, zodat dit gehele traject gunstig is te noemen voor bloeiaanleg en bloei. Is 29° kennelijk reeds hoog, bij 32 en 36° treedt na 4 weken inductie nog geen bloeiaanleg op. Het is teveel gezegd dat bij deze hoge temperaturen geen bloeiinductie kan optreden. Immers de belichtingsduur is gunstig: 10 uur. Meer voor de hand liggend is, dat wel bloeiinductie plaats heeft, maar dat deze pas in de kas on-

Dobbs, belichtingsduur: 16 - 10 - 14 uur, gedurende 46 - 28 - 90 dagen	temperatuur in °C					
	19	23	26	29	32	36
aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg	58	57*	56	59	>74	>74
bloei	98	93	98	107	118	119
aantal bladeren	13,7	13,7	14,7	16	19,3	19,7
drooggewicht - na afrijpen	19,1	20,6	26,9	28,6	30,0	31,0
lengte van de stengel	1355	1250	1385	1240	1365	1090
pluim	115	130	140	140	120	110

* verschillende gegevens duiden erop dat het getal 57 lager moet zijn.

TABEL 17: aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg en bloei; aantal bladeren; drooggewicht in grammen en de lengte van stengel en pluim, in mm; proef 10, 1958.

photoperiode in uren	10						14	
temperatuur in °C.	19	22	25	28	31	34	25	28
aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg	42	36	56	>76	>76	>76	41	39
aantal bladeren	11	13	22	>25	>25	>26	15	15

TABEL 18: aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg en aantal bladeren; varieteit *Pretoria*; proef 11, 1956.

der betere proporties van lichtintensiteit en (lagere) temperatuur tot uitdrukking kan komen. Gezien het feit dat de 32- en 36°-objecten later in de kas gelijktijdig bloeien, is te veronderstellen dat de beide objecten in de C-kas ondanks de lange belichtingsduur zijn geinduceerd. Weliswaar is inductie bij lange dag uiteindelijk mogelijk voor *Dobbs*, maar gelet op het korte aantal dagen én het te kleine aantal bladeren is dit onwaarschijnlijk.

Het aantal bladeren is bij 19 en 23° gelijk, daarboven neemt het toe. Bij 32 en 36° is het weer gelijk. Het laatste is toe te schrijven aan de gelijktijdige bloeiaanleg van beide objecten, hetzij in de thermostaatkasten, hetzij in de C-kas.

Het drooggewicht - na afrijpen - blijkt toe te nemen met de temperatuur.

De lengte van de stengel is onregelmatig bij de verschillende temperaturen; de lengte van de pluim lijkt een weinig achter te blijven bij hoge en lage temperaturen.

Een gelijksoortige proef als de vorige maar dan met een belichtingsduur van 14 uur leverde geen resultaten op, om-

dat geen enkele plant binnen het tijdsbestek van 4 weken bij deze lange belichtingsduur tot bloeiaanleg kwam.

In een andere proef werd de varieteit *Pretoria* uitgezaaid in de kas en na 14 dagen verspeend in potten. Een dag later werden deze gebracht in 6 thermostaatkasten en 2 klimaatkamers. De belichtingsduur was voor 6 objecten 10 uur en de temperaturen bedroegen resp. 19, 22, 25, 28, 31 en 34° C. De laatste objecten kregen 14 uur licht bij temperaturen van 25 en 28° C. Twee tot drie maal per week werden enige planten geanalyseerd, waarbij het ontwikkelingsstadium van het vegetatiepunt en het aantal bladeren werd bepaald. De resultaten zijn opgenomen in tabel 18.

Uit deze cijfers blijkt, dat bij 10 uur belichting een continue temperatuur van 22° C optimaal is. Bij 19° vindt de bloeiaanleg bijna even snel plaats, maar de planten blijven zeer klein. Bij 25° vindt met aanzienlijke vertraging nog bloeiaanleg plaats; bij hogere temperaturen niet meer (althans binnen een tijdsbestek van 76 dagen).

Bij 14 uur belichting is de toestand geheel anders. Bij 25 en 28° heeft in korte tijd bloeiaanleg plaats, ongeveer even snel als bij 10 uur belichting bij de (lagere) temperaturen van 19 en 22°.

De aantallen bladeren zijn in overeenstemming met het voorgaande. Bij 10 uur belichting worden 13 bladeren gevormd bij de optimale temperatuur van 22° en 11 bladeren bij het zeer klein gebleven 19°-object. Het vertraagde object van 25° heeft liefst 22 bladeren en bij de nog hogere temperaturen zijn het er minstens 25.

Bij 14 uur belichting hebben het 25°- en het 28°-object beide 15 bladeren. Ze zijn even snel generatief geworden als de vroege 10 uur-objecten, maar hebben meer bladeren gevormd, die bovendien - net als de planten als geheel - veel forser zijn.

Bij vergelijking van de resultaten van beide voorgaande proeven moet eerst op twee belangrijke verschillen in de opzet worden gewezen.

In de tweede proef is getracht de juist verspeende zaailingen op te doen groeien bij kunstlicht. In de eerste proef daarentegen zijn de planten onder niet-inducerende lange daglengte met zonlicht opgekweekt tot bloeirijpheid. Pas daarna zijn ze bij verschillende temperaturen onder kunstlicht gebracht.

Ten tweede hebben we in de laatste proef gewerkt met de weinig gevoelige varieteit *Pretoria* uit Zuid-Afrika; in de eerste proef daarentegen met de veel gevoeliger varieteit

Dobbs uit Kenya.

Met deze beide punten in gedachten, is het volgende te zeggen over de resultaten.

Kennelijk laten sorghumplanten zich slecht opkweken onder kunstlicht, zeker als de temperaturen (te) hoog zijn. Immers bij 10 uur belichting mag de temperatuur niet veel hoger zijn dan 22° C. Bij 14 uur belichting is 25 tot 28°C gunstig: de ontwikkeling van de bloeiaanleg vindt even snel plaats - al is 14 uur lang - en de planten worden forser met meer bladeren. Vooral te hoge nachttemperaturen moeten schadelijk worden geacht.

2. *Wisselende dag- en nachttemperaturen.*

De resultaten uit voorgaande proeven geven wel enig uitsluitsel over de optimale temperatuur, echter ... bij *constante* temperaturen.

Gezien de wisselende temperaturen in de kassen is getracht de omstandigheden daar kunstmatig te imiteren.

Dobbs werd uitgezaaid in de C-kas en na 12 dagen verspeend in potten. Daarin groeiden ze op onder natuurlijke (lange) dag tot ze 46 dagen na de zaai werden overgebracht naar de 6 thermostaatkasten. Een aantal potten werd als standaard in de kas gehouden resp. bij 10 en 14 uur onder de heersende temperaturen. Zie voor de opzet en de proefresultaten tabel 19.

photoperiode in uren	10				14			
temperatuur overdag	25	30	35	±29,6	25	30	35	±29,6
's nachts	15	15	15	±20,3	15	15	15	±20,3
gemiddeld	19,2	21,3	23,3	23,	20,8	23,8	26,7	24,7
aantal dagen bloeiaanleg	67	64	68	58	74	>74	>74	?
van zaai tot: bloei	100	100	102	92	117	117	116	122
aantal bladeren	15	16,7	16,7	16,5	17,3	19,3	19	19,7

TABEL 19: aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg en bloei en aantal bladeren; varieteit *Dobbs*, proef 12, 1958.

Bij de korte-dagbehandeling van 10 uur zijn de gemiddelde temperaturen 19, 2° tot 24, 7° C. Toch is de bloeiaanleg duidelijk later dan bij 19 en 23° continu , zoals in een vorige proef.

Dit kan te wijten zijn aan:

1. de grote verschillen tussen maximum en minimum (10 tot 20 graden),

2. de lage minima: bij nachtminima van 15° in de kas groeien de planten slecht.

De uiteenlopende maxima kunnen moeilijk de oorzaak zijn, daar 25° gunstig is en 35° ongunstig (bij continue temperaturen).

De 10 uur-objecten die in de kas zijn gebleven, bloeiden sneller dan de objecten die in de thermostaatkasten hadden gestaan. Daarentegen zijn de 14 uur-objecten in de kas later dan die onder kunstlicht.

2.1. De temperatuur in de kassen.

De temperatuurgegevens uit de kassen zijn reeds opgenomen in tabel 2, voorzien van voorlopig commentaar. Het is gewenst de resultaten van de hiervoor besproken proeven betreffende de temperatuursinvloed ermee te vergelijken.

Uit tabel 17 bleek, dat ongeveer 23° C (gemiddeld!) optimaal is, maar dat de verschillen in het traject van 19 tot 26 à 29° gering zijn. M. a. w. bij gemiddelde temperaturen van 19 tot 29° heeft de temperatuur ongeveer dezelfde - gunstige - werking op het proces van bloeiaanleg en bloei. In tabel 2 is te zien, dat alle gemiddelden die geregistreerd werden ruim binnen dit traject liggen en veelal zelfs ongeveer bij of even boven de optimale waarde van 23°.

Het is moeilijker om voor de maximumtemperatuur een gunstig traject, laat staan een optimale waarde, duidelijk aan te geven. Uit tabel 19 blijkt, dat (bij 10 uur belichting) 30° - 15° C de beste temperatuurcombinatie is bij betrekkelijk zwak kunstlicht. Dit geeft enig houvast. Gelet op de juiste proporties tussen lichtintensiteit (welke laatste in de kas hoger is) en temperatuur is 30° of iets meer zeker gunstig. Aangezien de resultaten bij 25° - 15° en 35° - 15° weinig verschillen (tabel 19) is het traject van 25° of iets hoger tot ongeveer 35° zeker gunstig wat de maximumtemperatuur betreft.

In tabel 2 komen de temperatuurmaxima niet boven 33, 9° en niet beneden 25, 5°. Dit zou dus steeds gunstig zijn. De ervaring, dat de groei in het najaar slecht was d. w. z. als de maxima slechts 25 à 26° bereikten, gebiedt enige reserve t. a. v. deze waarden te betrachten.

Een en ander leidt tot de veronderstelling, dat maxima van rond 30° het gunstigst zijn. Dat zou betekenen (zie tabel 2), dat de maxima steeds gunstig zijn geweest, uitgezonderd september en october 1957, alsmede april en october 1958. In deze maanden kunnen zij aanleiding zijn geweest tot enige vertraging in de bloeiaanleg (april 1958) of

in de bloei (september 1957, october 1957 en 1958).

Wat de minimumtemperaturen betreft werd het vermoeden geuit dat 15° te laag is. Anderzijds werd op blz 75 gesteld dat 32 en 36° te hoog zijn, op blz 77 dat 31 en 34° zeker te hoog zijn en dat (bij lage intensiteit en/of korte dagen) 25 à 28° ook reeds te veel is.

Hieruit is b.v. af te leiden, dat 18 tot 25° de beste waarden zijn voor de minimumtemperatuur. Bij toetsing van de minima in tabel 2 aan deze uitspraak, moet worden geconstateerd, dat het 's nachts vaak aan de koude kant is geweest voor de planten.

Resumerend kan de gevolgtrekking zijn, dat de temperaturen gedurende het proefseizoen aan redelijke eisen hebben voldaan. De dagmaxima waren zeker voldoende, de nachtminima hadden iets hoger mogen zijn. Het ware beter geweest - indien mogelijk - het proefseizoen iets te bekorten, zeker in het najaar. Het ideale proefseizoen voor *sorghum* is, wat de omstandigheden te Wageningen betreft, te schatten op een kleine 6 maanden t.w. van begin april tot eind september.

3. *Samenvatting en conclusies.*

1. Een gemiddelde temperatuur van 19 tot 29° C met een optimum bij 23° C is gunstig voor de bloeiaanleg. De maximale temperatuur moet dan 25 à 30° tot 35° zijn, de minimale 18 tot 25°; 15° is (te) laag.
2. Bij matige lichtintensiteit (klimaatkamers, bewolking) liggen bovengenoemde waarden (iets) lager dan bij vol zonlicht. Bij matige intensiteit nemen de optimale temperaturen toe met de belichtingsduur.
3. Binnen zekere grenzen nemen het aantal bladeren en het drooggewicht toe met de temperatuur. De lengte van de pluim is bij (te) hoge en (te) lage temperaturen korter.
4. Leidt de hoge temperatuur tot uitstel van de bloeiaanleg, dan neemt het aantal bladeren sterk toe.

HOOFDSTUK V

BESPREKING VAN DE RESULTATEN.

In dit hoofdstuk zullen we trachten ons onderzoek in een wijder verband te plaatsen nl. dat van de *photoperiodiciteit bij granen in het algemeen*. Omdat het bekende onderzoek vaak lange-dagplanten betreft en bovendien bij *sorghum* van het bestaan van een thermophase nooit iets is gebleken (evenmin als bij *rijst*, zie WORMER, 1953), bepalen we ons in de eerste plaats tot de *tropische granen*, te weten *mais*, *rijst* en enkele *giersten*. *Mais* is gekozen, omdat het, evenals *sorghum*, tot de sub-familie van de *Andropogoneae* behoort en *rijst* omdat met dit gewas op het Laboratorium voor Tropische Landbouwplantenteelt reeds jaren op analoge wijze is geëxperimenteerd. Naar zal blijken is er veel overeenkomst in het gedrag van *rijst* en *sorghum*. Het recente onderzoek bij enkele *giersten* leent zich eveneens voor vergelijking.

Bij deze bespreking wordt zoveel mogelijk de volgorde van dit onderzoek aangehouden, zie vooral hoofdstuk III. De bespreking van ieder onderwerp wordt besloten met een verwijzing naar andere *granen*.

Ontwikkelingsduur en belichtingsduur.

Vegatieve en generatieve phase.

QUINBY en KARPER (1945) stellen o.i. terecht dat het aantal dagen van zaai tot bloei samenhangt met het aantal dagen van zaai tot bloeiaanleg. Dat echter het aantal dagen van zaai tot bloei - eigenlijk van bloeiaanleg tot bloei - onafhankelijk zou zijn van de belichtingsduur is niet juist. Bij een belichtingsduur van 10 of 12 uur is het aantal dagen van bloeiaanleg tot bloei kleiner dan bij een belichtingsduur van b.v. $6\frac{1}{2}$ of 18 uur, zie fig. 7 en 8. De vertraging bij $6\frac{1}{2}$ uur kan nog (gedeeltelijk) wijzen op een assimilatiedeficit, maar die bij 18 uur bewijst, dat de belichtingsduur na de bloeiaanleg van invloed is op het tijdstip van bloei. De conclusie van QUINBY en KARPER (1947) is begrijpelijk omdat zij slechts bij 10 en $\pm$ 14 uur hebben gewerkt. In dat traject lopen namelijk de lijnen van bloeiaanleg en bloei evenwijdig. Er bestaat bij *sorghum*

ongetwijfeld een nauw verband tussen groeiduur, aantal bladeren, bladgroei enz., maar het is dus niet waar dat al deze grootheden reeds bij de bladaanleg bepaald zijn. We komen hierop nog terug.

GALINAT en NAYLOR (1951) toonden voor *mais* aan, dat de plant gevoelig is voor de belichtingsduur na de bloeiaanleg.

De proeven van WORMER met *rijst* bevestigen indirect, dat de lengte van de photoperiode van invloed is op het aantal dagen van bloeiaanleg tot bloei. Uit een door COOLHAAS en WORMER gegeven samenvatting (1953), blijkt nl., dat planten die *juist* generatief waren, bij overbrengen van 12 naar 18 uur licht per etmaal in hun groei van stengel en pluim werden vertraagd. In het omgekeerde geval werd de groei versneld.

Hoewel zulks niet wordt vermeld, leiden wij hieruit af, dat de snellere groei van stengel en pluim bij 12 uur belichting het gevolg is van de kortere groeiduur, anders gezegd van het geringer aantal dagen tussen bloeiaanleg en bloei. Deze proeven wijzen er wel op dat de gevoeligheid voor de photoperiode na de bloeiaanleg vrij snel afneemt. Dit is in overeenstemming met waarnemingen van VAN DOBBEN en WIERSEMA (1953) en STROUN (1953), dat de plant nà het schieten (een ruim begrip overigens) niet meer daglengte-gevoelig is.

Bij dit overbrengen van 12 naar 18 uur en omgekeerd, traden bij *rijst* ernstige misvormingen op, als de plant nog niet generatief was. Dergelijke misvormingen rapporteerden wij ook. QUINBY en KARPER (1947) daarentegen vermelden juist het tegendeel.

Juveniele phase.

ROD en VRESKY (1955) schatten de duur van de juveniele phase op 16 tot 32 dagen. Dit komt goed overeen met het door ons gevonden gemiddelde van 21 dagen. Dit aantal verschilt naar gelang van de omstandigheden en de varieteit.

Bij *rijst* duurt de juveniele phase 4 tot 6 weken (COOLHAAS en WORMER, 1953), bij *mais* 9 tot 20 dagen (volgens GALINAT en NAYLOR, 1951), bij *zomertarwe* en *zomerrogge* en *haver* tot de vorming van het derde blad hetwelk plaats vindt na 14 dagen (VAN DOBBEN, 1957).

Er zijn echter ook onderzoekingen bekend, waarin van een ongevoelige periode niets is gebleken, zoals van BECKER bij *mais* (persoonlijke mededeling).

De juveniele phase bij de diverse *granen* zou dus 0 tot 6 weken duren.

Inductiephase.

ROD en ANDONOV (1957) melden bij *sorghum* een inductieve werking bij photoperioden van 8 uur, gedurende 5 dagen, tussen de 25e en 45e dag, afhankelijk van de varieteit. In di onderzoek werd gevonden, dat een photoperiode van 10 uur, gedurende minimaal 4 en maximaal 24 dagen nodig was, met een optimum van 8 à 10 dagen. Naarmate de planten ouder waren, verliep de inductie sneller; hieraan is het grote verschil tussen 4 en 24 dagen inductie toe te schrijven; de planten waren resp. 6 weken en 1 week oud, toen de korte-dagbehandeling begon.

Over de inductiephase bij *mais* is ons niets bekend.

COOLHAAS en WORMER (1953) vonden voor bloeirijpe *rijst*planten van de varieteit *Nero di Vialone* een inductieperiode van maximaal 10 dagen.

Volgens VAN DOBBEN (1957) heeft *zomertarwe* voor inductie 10 tot 22 *lange* dagen nodig, afhankelijk van de leeftijd van de plant. Voor zomerrogge duurt de inductiephase maximaal 12 dagen.

De inductiephase bij *granen* duurt volgens bovenstaande gegevens 4 tot 24 dagen;de optimale duur hangt samen met leeftijd c.q. omvang van de plant.

Ontwikkelingsduur en lichtintensiteit.

Onze proeven over vervanging van daglicht door kunstlicht en over de intensiteit van het kunstlicht laten zich goed vergelijken met iets ouder werk van WIERSEMA (1954, 1955) en SMID-WIERSEMA en VAN DOBBEN (1957), bij *tarwe, rogge, gerst* en *haver* (lange-dagplanten).

Samenvattend blijkt dat *gerst* en sommige *tarwerassen* de volle zomerdag van 15 - 17 uur nodig hebben, terwijl *rogge, haver* en andere *tarwerassen* niet meer dan 12 uur daglicht behoeven om voldoende te kunnen assimileren. Proeven van GFELLER en GOULDEN (1954) met *tarwe, gerst* en *haver* in klimaatkamers tonen aan dat bij een gebrek aan basisbelichting van voldoende sterkte het ontwikkelingstempo wordt vertraagd, zonder dat het dan een zuiver photoperiodiek effect betreft. Dit kan pas blijken met zwak licht, als aan de energetische behoeften van de planten voldaan is. Beide processen moeten goed worden onderscheiden.

Anderzijds kwam uit de proeven van WIERSEMA naar

voren, dat het gebruikte aanvullende kunstlicht een zeker optimaal niveau moet hebben. Dit bleek omdat op een bepaalde afstand van de 3-4 TL-buizen 40 W 33 die aan een der korte zijden van van de verduisteringshokken waren aangebracht, een "grote val" in de gewassen optrad. Deze afstand bedroeg 2 m voor *haver*,. 1.60 m voor *rogge*, terwijl bij *gerst* geen duidelijke val was waar te nemen. Voor *tarwe* lag de grote val tussen 1.50 m en 1.00 m, afhankelijk van de duur van de basisbelichting. De lichtintensiteit bij de "grote val" is, wat in dit onderzoek de bovengrens is genoemd, waar beneden zwakke lichtintensiteiten in afnemende mate photoperiodiek werkzaam zijn.

WIERSEMA (1954, 1955) geeft de volgende waarden op als photoperiodiek optimum, gemeten met een vlakke photocel bij de "grote val".

	1954	1955	
tarwe	1000	1100 - 580	ergs/cm^2/sec.
rogge	600	700	"
haver	400	550	"
gerst	-	95	"

Deze cijfers stemmen vrij goed overeen met de onze. Immers wij vonden afhankelijk van de duur van de basisbelichting een photoperiodiek optimum van 300 ergs/cm^2/sec. voor weinig gevoelige tot zeker 1200 ergs/cm^2/sec. voor zeer gevoelige varieteiten. Bij *sorghum* zijn de waarden voor de optimale intensiteit van de photoperiodieke reactie dus relatief hoog.

Opgemerkt dient nog te worden, dat de planten die dicht bij de lamp stonden, iets sneller groeiden, kennelijk t. g. v. een assimilatieeffect.

In onze conclusies wordt de mogelijkheid gesteld van een assimilatiedeficit, bij vervanging van daglicht door kunstlicht beneden een totaal van 12 uur. Dit lijkt gezien de resultaten van WIERSEMA en VAN DOBBEN wel zeer waarschijnlijk, meer dan een specifiek vertragend effect van de lampen, waar FORTANIER (1957) voor waarschuwt. Het is een gelukkige omstandigheid, dat wij bij onze proeven bij photoperioden van 12 uur of meer, nooit minder dan 12 uur daglicht hebben gegeven.

Uit het voorgaande blijkt ook, dat het opgestelde vermogen van de bijbelichting in de oudere apparatuur te wensen

overliet.

Aantal, strekking en lengte van de bladeren.

Ons onderzoek bevestigt wat omtrent aantal en lengte van de bladeren bij *sorghum* bekend was. Waar wij echter betoogden dat de belichtingsduur ook na de bloeiaanleg de ontwikkeling nog een tijdlang beinvloedt, is duidelijk dat de lengte van de bladeren (ten dele een groeikwestie!) ten tijde van de bloeiaanleg nog niet vaststaat, zoals QUINBY en KARPER (1945) poneren. Wij menen, dat de strekking van het blad ook na de bloeiaanleg door de lengte van de photoperiode wordt beinvloed. Bovendien bleek dat de strekking door de stralingsintensiteit en de temperatuur wordt beinvloed.

De metingen van WORMER aan het blad bij *rijst* zijn ons vaak een voorbeeld geweest, hetgeen een vergelijking van zijn gegevens bij *rijst* met de onze bij *sorghum* vereenvoudigt. Het is opvallend ook hier weer te zien hoezeer *rijst* en *sorghum* in hun gedrag overeenkomen. We volgen hierbij de samenvatting aan het slot van zijn hoofdstuk over bladvorming (1953).

WORMER schrijft: "*Afsplitsing en groei van een blad geschieden volgens een bepaald rythme*". Ook voor *sorghum* geldt dit, zij het volgens een iets ander schema.

Ook de volgende conclusie is zonder meer van toepassing op onze plant: "*De bladeren welke nog niet volgroeid zijn kort voor het ogenblik op het ogenblik van de overgang in het generatieve stadium, blijven korter dan het geval zou zijn geweest indien deze overgang in het generatieve stadium niet zou hebben plaats gehad*".

WORMER's derde conclusie luidt: "*Het hiervoor genoemde verschijnsel gaat gepaard met een vermindering van de snelheid, waarmee de bladeren na de overgang in het generatieve stadium uitgroeien*". Onze gegevens zijn niet toereikend om hetzelfde voor *sorghum* te bewijzen, maar wel hebben wij de indruk dat de bladgroei bij *sorghum* na de bloeiaanleg wordt vertraagd. Dit is ook verklaarbaar, omdat dan de snel groeiende pluim steeds meer assimilaten opeist.

WORMER zegt verder: "*De lengte van de photoperiode heeft geen invloed op de bladgroei tot kort voor of tot aan het ogenblik, waarop de aanleg van de pluim zichtbaar wordt*". Dit is niet juist, althans niet voor *sorghum*. WORMER's conclusie schrijven wij toe aan het feit, dat hij slechts bij 2 photoperioden werkte, *beide* met een basisbelichting van 12 uur daglicht. Zijn beide objecten assimileer-

den evenveel en dientengevolge was de bladgroei gelijk tot aan de bloeiaanleg. De verschillen in bladgroei bij onze objecten schrijven wij dan ook toe aan een verschil in assimilatie bij de objecten met 12 uur of minder daglicht. Bij de objecten van 12 uur of meer berusten kleine verschillen op toevallige omstandigheden.

WORMER's laatste conclusie luidt (iets gewijzigd): "*Bij photoperiodiek gevoelige rassen treedt de overgang in het generatieve stadium eerder op bij een korte photoperiode dan bij een lange photoperiode, en de remming in de bladgroei dus eveneens. De lengte van de photoperiode is hier dus van belang zowel voor het aantal als voor de lengte van de bladeren*". Deze conclusie kunnen wij voor *sorghum* geheel onderschrijven.

BECKER (persoonlijke mededeling) constateerde geen noemenswaardige verschillen in het aantal bladeren bij *mais*, waarvan de groeiduur o. i. v. verschillende zaaitijden 15 tot 30 dagen uiteen liep. De verklaring zien wij hierin, dat zijn varieteiten weinig gevoelig waren voor de daglengte. KIESELBACH (1950) telde 2 à 3 bladeren minder bij 2 varieteiten uit Nebraska en 5 minder bij een varieteit uit het zuiden van de U. S. A., waarbij de natuurlijke daglengte tot 10 uur verkort werd. MATUSIEWICZ (1956) telde in Polen bij locale varieteiten 1 à 3 bladeren minder bij verkorting van de natuurlijke dag tot 11 uur. Zowel BECKER, KIESSELBACH als MATUSIEWICZ stelden vast, dat het bladoppervlak van *mais* bij kortere groeiduur (door kortere belichtingsduur) verminderde. Deze vermindering bedroeg volgens KIESSELBACH 33 tot 57%.

Bovenvermelde gegevens komen goed overeen met die bij de weinig gevoelige *sorghumvarieteiten*.

Van de *lange-daggranen* is het volgende bekend. WIERSEMA (1954) vermeldt dat bij *rogge*, *haver* en *tarwe* het aantal blaadjes toeneemt, naarmate de overgang in de generatieve phase wordt vertraagd. VAN DOBBEN (1957) constateerde dat planten die bij een daglengte van 12 uur opgroeiden bij *tarwe* 11 à 12 bladen vormden in plaats van 8 (bij 14 en 17 uur) en bij *rogge* 9 in plaats van 7 (bij 14 en 17 uur).

Deze toename van het aantal bladeren bij niet-inductieve belichtingsduur, die de bloeiaanleg vertraagt, wordt dus door de meeste onderzoekers geconstateerd. Zij sluiten hierin aan bij ouder werk als dat van (GOTT), PURVIS en GREGORY (1934, 1937, 1955) en VAN DE SANDE BAKHUIZEN (1947).

De lengte van de stengel en pluim (aar).

Vele onderzoekers hebben hieraan aandacht besteed.

QUINBY en KARPER (1945) schrijven, dat het moment van bloeiaanleg de lengte van de stengel en de internodien bepaalt. De drie typen van langere stengels t. g. v. langere belichtingsduur, die zij rapporteren liggen dus volgens hen bij de bloeiaanleg vast. COLEMAN en BELCHER (1952) berekenen een positieve correlatie tussen de gemiddelde photoperiode in de eerste maand na de zaai en de lengte van de stengel, wat op hetzelfde neerkomt. ROELOFSEN (1952) laat zich over de invloed van de bloeiaanleg niet uit. Wij vonden daarentegen, dat de strekking bij korte dag plaats vindt na de bloeiaanleg en bij lange dag reeds voor de bloeiaanleg begint. Wij zien hieruit, dat de belichtingsduur ook na de bloeiaanleg nog zijn invloed op de stengelstrekking (en -lengte) heeft. Verder vonden wij dat de lengte van de stengel in het algemeen toeneemt met de belichtingsduur. Vreemd genoeg bleek de pluim bij ons altijd ongeveer even lang te worden.

BECKER (1953) vermeldt, dat de latere zaaisels van *maïs* in zijn proef met verschillende zaaitijden relatief vroeger bloeiden en dat deze planten weelderiger (o. a. langer) waren. Deze grotere lengte van de stengel bij kortere groeiduur kunnen wij moeilijk als een zuivere daglengtereactie zien. Veeleer lijkt het ons een profiteren van hogere temperaturen samengaande met een ruimere mogelijkheid tot assimilatie bij langere zomerdagen. Gegevens als die van ROELOFSEN (1952) bij *sorghum* en WORMER (1953) bij *rijst* maken het waarschijnlijk, dat zulke planten met een kortere groeiduur t. g. v. de kortere belichtingsduur, minder maar langere internodiën vormen, wellicht in sneller groeitempo. Foto's van BECKER (1954) tonen dat bij 8, 10 en 12 uur belichting de planten in die volgorde langer worden, een effect dat wij ook van *sorghum* kennen. KIESSELBACH (1950) berekende. dat de hoogte bij korte dag (10 uur) 20 - 35 % minder was dan bij natuurlijke dag. Ook MATUSIEWICZ (1956) kreeg kortere planten bij dagverkorting.

Vergelijking van *sorghum* en *rijst* t. a. v. stengelstrekking en -lengte geeft een goede mate van overeenstemming te zien.

WORMER (1953) schrijft, dat bij photoperiodiek gevoelige rijstvarieteiten "*de stengel zich bij het 12-uur object ging strekken toen de plant juist generatief geworden was, en bij het 18-uur object voordat de plant in het genera-*

tieve stadium gekomen was", en verder: *"De strekking heeft bij rassen, welke gevoelig zijn voor de lengte van de photoperiode sneller plaats bij een photoperiode van 12 uur dan bij een photoperiode van 18 uur"*. Dit is bij *sorghum* ook zo, getuige het verloop van de lijnen in fig. 19 en 20.

Wat de pluim betreft, gaan *sorghum* en *rijst* gedeeltelijk dezelfde weg. WORMER (1953) schrijft: *"De pluim groeit uit tegelijk met de schede van het laatste blad, de z.g. vlag. Enige dagen nadat de pluim volgroeid is, groeit ook de pluimsteel uit"* Wij namen bij *sorghum* hetzelfde waar.

WORMER vervolgt: *"Bij rassen die gevoelig zijn voor de lengte van de photoperiode, strekt de pluim zich korter na het ontstaan en tevens sneller bij een 12-urige photoperiode. Bij deze rassen is de pluim bij een 18-urige photoperiode groter en compacter van bouw dan een 12-urige photoperiode."*

Ons onderzoek geeft ten dele een ander beeld. De eerste conclusie onderschrijven wij, maar preciseren, dat de strekking begint als de photoperiode *optimaal* is. De tweede conclusie kunnen wij voor *sorghum* niet bevestigen: de pluimen zijn bij alle belichtingsduren ongeveer even lang. De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat geen verschil werd gevonden wegens tekort aan gegevens.

NANDA, GROVER en CHINOY (1957) constateerden bij een proef met de *giersten Panicum miliaceum, Setaria italica, Echinochloa frumentacea, Eleusine coracana, Paspalum scrobiculatum* en *Panicum miliare in India*, gezaaid op 5 data met tussenpozen van 35 dagen (april tot augustus), dat de vegetatieperiode relatief korter werd bij al deze 6 uiteenlopende planten. De strekking van de stengel werd bepaald door de groeiduur. Bij relatief vroegere bloei (door latere zaai) begint de strekking eerder en verloopt sneller, dan bij vertraagde bloei door vroege zaai. Deze resultaten waren analoog aan de resultaten, die deze onderzoekers reeds vroeger hadden verkregen bij *tarwe* en andere planten.

In een vervolg geeft NANDA (1958) byzonderheden over de invloed van 3 photoperioden (6 uur, K.D., 13 - 11 uur (natuurlijke dag) N.D. en 24 uur L.D.) bij *Panicum miliaceum*. De strekking van de stengel werd bij K.D. en N.D. zeer versneld; deze objecten werden resp. 45 en 65 cm lang. Bij L.D. werd de plant geleidelijk iets hoger, maar had geen duidelijke strekking van de stengel plaats. Het is duidelijk, dat deze ontwikkeling verband

houdt met de bloei. NANDA verwijst in dit verband naar zijn vroegere onderzoekingen met *tarwe* en de analoge resultaten daarbij. Deze komen hierop neer, dat kiemende *tarweplanten* 2 weken resp. 0, 6, 12, 18 of 24 uur licht kregen en vervolgens 6, 12 of 18 uur. Naarmate de photoperiode in de eerste 2 weken langer was geweest (dus gunstiger voor de bloeiaanleg), hield de groei van de stengel eerder op (CHINOY en NANDA, 1951 en 1952). Dit laatste is het spiegelbeeld van wat wij bij *sorghum* onder korte belichtingsduur vonden.

Van *tarwe*, *rogge*, *gerst* en *haver* zijn ons verder weinig gegevens bekend. Het is jammer dat SMID-WIERSEMA en VAN DOBBEN (1957) geen lengtemetingen vermelden, hoewel een foto uit hun publicatie duidelijke lengteverschillen bij hun planten toont. Voorzover wij aan een foto van *tarwe* kunnen beoordelen, neemt de lengte langzaam toe met de belichtingsduur, waarbij tussen 12 en 14 uur een grote sprong is te zien. Dit duidt erop, dat althans *Peko zomertarwe* weinig schiet of veel later is, bij korte dag. Verder valt op, dat de duur van de basisbelichting veel invloed heeft: alle objecten met een basisbelichting van 12 uur daglicht zijn forser dan die met 9 uur daglicht, beide aangevuld met kunstlicht tot een zelfde totaal.

VAN DOBBEN (1957) vermeldt, dat "*wanneer tarwe en rogge eenmaal optimaal photoperiodisch zijn geinduceerd het schieten en de bloei niet meer door korte dag kunnen worden geremd.*" Hij concludeert, dat nu definitief vaststaat, dat de daglengte tijdens het schieten geen invloed meer heeft. Wij zien dit anders, ten eerste omdat wij bij *sorghum* en *rijst* wel een invloed van de daglengte vonden, althans tijdens het begin van het "schieten" (= de strekking van de stengel). Bovendien zijn VAN DOBBEN's zgn. lange en korte dag resp. 12 uur daglicht + 5 uur kunstlicht en 12 uur daglicht + 2 uur kunstlicht. Zijn korte dag is naar onze mening in wezen een lange dag. VAN DOBBEN zegt verder, dat "*de photoperiodische inductie sensu stricto dus alleen betrekking heeft op de aar-aanleg, niet op de aar-strekking*". betwijfelen of dit ook zou gelden bij photoperioden van totaal 12 uur.

Opbrengst.

De opbrengst is bij vroegrijpe *sorghum* met hun geringer aantal (kleinere) bladeren lager dan bij laatrijpe varieteiten. Volgens onze gegevens beinvloedt de belich-

tingsduur de bloeiaanleg en de groeiduur en deze zijn - voorzover wij het zien - evenredig met de opbrengst.

Bij *mais* vermeldt BECKER (1953) resultaten van een proef met verschillende zaaitijden. In 1952 bleef van de 43 dagen verschil tussen eerste en laatste zaaidatum gemiddeld 30 dagen verschil tussen eerste en laatste bloeidatum over. In 1953 verliepen tussen eerste en laatste bloeidatum slechts 15 dagen. De eerste vier zaaisels brachten ongeveer evenveel op, de laatste twee zaaisels gaven beide jaren een kleinere opbrengst. De val was in 1952 groter dan in 1953, wat BECKER toeschrijft aan de vroege nachtvorst in 1952. Wij geloven ook wel, dat de temperatuur een grote rol speelt bij de opbrengst, maar zien in deze uitkomsten ook een invloed van de daglengte. Voor onze opvatting pleit, dat in *beide jaren* de twee laatste zaaisels minder opbrengen. De opbrengstvermindering was in het koude najaar van 1952 groter dan in het opvallend zachte najaar van 1953. Dat zal een temperatuursinvloed zijn, maar de vermindering van beide laatste zaaisels van gelijke zaaidata kan moeilijk een kwestie van temperatuur alleen zijn. Overigens is niets bewezen, zolang geen doelbewuste proeven verricht zijn.

MATUSIEWICZ (1956) vermeldt, dat van *mais* de kolven bij korte dag meer wogen, vooral van de late varieteiten. De verhouding van zaadopbrengst en groene plantendelen was gunstiger bij korte dag. Het eerste kunnen wij moeilijk verklaren; het tweede kunnen wij ons voorstellen.

CHINOY en NANDA (1950 en 1951) berekenden bij *tarwe* dat de netto-assimilatie-snelheden het hoogst waren onder lange dag (18 uur) en het laagste onder korte dag (6 uur). Berekend per lichtuur waren er echter geen verschillen. De daglengte had geen specifieke invloed op de productie van droge stof, wel op de verdeling over blad en stengel, als ook op de opname en verdeling der voedingselementen.

VAN DOBBEN (1958) komt tot andere uitkomsten dan CHINOY en NANDA (1950 en 1951). Hij schrijft: "*Toch zijn de meeste gewassen gevoelig voor de daglengte en dit heeft niet slechts enorme consequenties voor het tijdstip van bloei en rijping, maar ook voor de opbrengst*". *Wanneer een plant groeit in een optimale daglengte, zal zij zo vlug mogelijk bloeien, hetgeen ten koste gaat van de vegetatieve ontwikkeling en dus van de opbrengst. Is de daglengte ongunstig voor de bloei, dan zal de plant lang doorgaan met de vorming van blad en dus uiteindelijk veel produceren.*" Iets verder zegt hij: "RASOEMOF *wees ook reeds*

in 1930 op de nauwe samenhang tussen fotoperiodische reactie en opbreng van landbouwgewassen."

Wij vinden een en ander overtuigend voor het verband tussen belichtingsduur en opbrengst bij *granen*.

Temperatuurinvloeden.

Voorzover uit dit onderzoek is gebleken, gedraagt *sorghum* zich zoals uit de literatuur bekend was. De niet-regelbare schommelingen van de kastemperaturen bleken een niet te onderschatten handicap te zijn voor proeven als de onze.

Slotsom.

Overzien wij tenslotte deze bespreking nog eens, dan komen wij tot de slotsom, dat *sorghum* een korte-dagplant is. Volgens de indeling van LANG (1952) bevat onze collectie zowel qualitatieve als quantitatieve korte-dagplanten. Uit deze laatste moeten de naar het noorden en het zuiden verspreide minder gevoelige varieteiten zijn geselecteerd.

Vergelijking met andere *korte-daggranen* als *mais*, *rijst* en enkele *giersten* en met *lange-daggranen* als *tarwe*, *rogge*, *gerst* en *haver*, leidt tot de conclusie dat al deze planten een merkwaardige overeenkomst in hun ontwikkelingspatroon te zien geven. Gesignaleerde verschillen zijn - naar wij vermoeden - ten dele toe te schrijven aan foute waarnemingen van ondergetekende en anderen.

Moge het accent dat in ons onderzoek vooral is gelegd op de uitgebreide reeks photoperioden waarbij onze planten zijn geobserveerd, iets hebben bijgedragen tot een beter begrip van de ontwikkeling van *sorghum* (en andere *granen*).

Overigens geloven wij dat voor ons werk over de invloed van licht op *sorghum* ook weer geldt het woord van SALOMO:

"Wat geweest is, dat zal er zijn, en wat gedaan is, dat zal gedaan worden; er is niets nieuws onder de zon Is er iets, waarvan men zegt: ziehier, dat is nieuw - het was er al in verre tijden, die voor ons waren."

(PREDIKER 1 : 9, 10)

SAMENVATTING.

Over de invloed van de belichtingsduur en de belichtingsintensiteit op de ontwikkeling en groei van *Sorghum vulgare* Pers. is weinig onderzoek verricht. Wel werd een globaal inzicht verkregen omtrent het verband tussen belichtingsduur en groeiduur. De ontwikkeling en groei zelf zijn vrij uitvoerig beschreven.

In enige kassen en thermostaatkasten zijn 35 sorghumvarieteiten (zie blz 17) uit een aantal tropische en subtropische landen op hun gevoeligheid voor de photoperiode onderzocht. Enkele varieteiten hiervan zijn bij een belichtingsduur van resp. 5, 6½, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18 en 24 uur nauwkeurig geanalyseerd en gemeten. Gelet is op de ontwikkeling van het vegetatiepunt en de hiermee verband houdende groeiduur, gerekend van de zaai tot aan de bloeiaanleg en de bloei. Tevens is het aantal bladeren, de strekking en de lengte van de bladeren, en van de stengel en de pluim en het drooggewicht van plant en pluim bepaald. De invloed van de stralingsintensiteit, de intensiteit van de bijbelichting en de temperatuur is waar mogelijk gevarieerd, geregistreerd en in rekening gebracht.

Sorghum blijkt een uitgesproken korte-dagplant te zijn, waarin een grote variabiliteit voorkomt in de vele varieteiten en cultuurvormen. Deze loopt van qualitatief tot volledig quantitatief reagerende planten. In het algemeen neemt de gevoeligheid voor de photoperiode af met de afstand tot de evenaar.

De optimale belichtingsduur bedraagt 10 à 11 uur licht per etmaal. In het sub-optimale gebied treedt een vertraging op, die toeneemt met afnemende belichtingsduur. Deze vertraging loopt voor de meeste varieteiten weinig uiteen en beloopt voor de bloeiaanleg hoogstens 3 weken en voor de bloei soms 6 weken - in de ongunstigste gevallen. Deze vertraging is - althans ten dele - een assimilatiedeficit. In het super-optimale traject van de photoperiode treden zeer uiteenlopende vertragingen op in de bloeiaanleg en in de bloei. Dit varieert van enige dagen tot zeker 6 maanden. Aan de hand hiervan zijn de varieteiten in te delen in klassen, naar gevoeligheid voor de photoperiode. De grootste vertragingen treden op bij de photoperioden tussen 12 en 18 uur, tussen 18 en 24 uur treedt meestal weinig of geen vertraging meer op.

De juveniele phase duurt gemiddeld 3 weken en is niet scherp begrensd. De plant moet een bepaalde leeftijd c.q. omvang hebben alvorens inductie-tot-bloei mogelijk is. De rijpheid-tot-bloei wordt geleidelijk bereikt. Bij optimale belichtingsduur duurt de inductiephase 10 - 14 dagen, afhankelijk van de leeftijd van de plant. De bloeiaanleg, waarmee de vegetatieve phase eindigt, heeft bij optimale belichtingsduur plaats na 4 à 5 weken; de bloei 4 tot 6 weken later.

De duur van de generatieve phase is in het optimale gebied ongeveer gelijk aan die van de vegetatieve phase. Zowel bij kortere als bij langere photoperioden duurt de generatieve phase vaak aanzienlijk langer.

Een basisbelichting met ongeveer 12 uur daglicht is wenselijk voor een optimale ontwikkeling. Bij vervanging van zonlicht door kunstlicht van lage intensiteit (b.v. door 2 fluorescentiebuizen op 1 m boven de planten te plaatsen gedurende enkele uren per etmaal) wordt de ontwikkeling vertraagd. Hoe groter het % kunstlicht, hoe meer vertraging. Dit geldt meestal ook, als een object met alleen daglicht sub-optimaal is en een object van daglicht + enkele uren kunstlicht optimaal. Aangezien genoemde vertragingen vooral optreden bij photoperioden van minder dan 12 uur, zijn deze vertragingen veelal het gevolg van een assimilatiedeficit. Ook bij photoperioden van meer dan 12 uur kan het zwakke kunstlicht zeer grote vertragingen teweeg brengen. Dit laatste is echter een zuivere daglengtereactie. Een intensiteit van 300 tot ruim 1200 ergs/cm^2/sec. of meer - afhankelijk van de gevoeligheid van de varieteiten - is optimaal voor de photoperiodieke reactie. Licht van zeer zwakke intensiteit (50 ergs/cm^2/sec.) heeft reeds een storende invloed op de "donkerreactie".

De bladeren worden met regelmatige tussenpozen met een vast rythme door het vegetatiepunt afgesnoerd: één blad per 3 à 4 dagen; bij te korte belichtingsduur wordt het rythme vertraagd.

Het aantal bladeren hangt af van de duur van de vegetatieve phase; het varieert van 10 à 11 tot meer dan 40. Bij photoperioden tot 12 uur is het aantal bladeren ongeveer gelijk; bij langere belichtingsduur neemt het aantal toe. Bij gevoelige varieteiten is deze toename groot, bij weinig gevoelige gering. Het verschil in aantal tussen het minimum en maximum bij een varieteit was 3 bladeren bij de minst gevoelige en 26 bladeren bij de meest gevoelige varieteit. De toename in het aantal bladeren heeft vooral

plaats bij photoperioden tussen 10 en 14 uur, daarna neemt het geleidelijk minder toe en bij meer dan 18 uur licht weinig of niet meer.

Bij vervanging van zonlicht door licht van lage intensiteit neemt het aantal bladeren iets toe; aanvullende belichting van zeer zwakke intensiteit (<100 ergs/cm^2/sec.) doet het aantal bladeren ook reeds toenemen tengevolge van de (iets) langere groeiduur onder deze omstandigheden. De toename is sterker naarmate de varieteit gevoeliger is voor de photoperiode. Bijbelichting moet liefst vrij sterk zijn, gezien de hoge waarde van het photoperiodiek optimum; afhankelijk van de varieteit soms meer dan 1200 ergs/cm^2/sec.

Aan de zich ontwikkelende plant zijn vóór de bloeiaanleg te onderscheiden: volgroeide bladeren, één blad waarvan de schede zich strekt, één blad waarvan de schijf zich strekt, ± 3 kortere bladschijven en ± 4 primordia. Eerst strekt zich de bladschijf, daarna de bladschede. Het strekkingstempo is aanvankelijk gering, daarna snel, tenslotte geleidelijk afnemend.

De lengte van de opeenvolgende bladeren neemt aanvankelijk toe. Na de bloeiaanleg nemen de lengte van bladschijf en bladschede af. De lengte van de bladeren neemt - evenals het aantal - toe met de belichtingsduur. De lengtetoename is het grootste bij photoperioden tussen 10 en 14 uur in overeenstemming met de vaak aanzienlijke vertraging in de bloeiaanleg bij die photoperioden. Bij photoperioden van 10 uur of korter is het voorlaatste blad het langste. Bij photoperioden van 11 uur of langer heeft het derde tot zevende blad van boven af gerekend de langste bladschijf.

De strekking van de stengel vindt bij photoperioden tot 12 uur plaats na de bloeiaanleg; bij photoperioden van meer dan 12 uur begint de strekking reeds voor de bloeiaanleg. De lengte van de stengel neemt in het algemeen toe met de belichtingsduur.

De pluim strekt zich het eerst en het snelst bij een optimale belichtingsduur.

De toename van het drooggweicht is aanvankelijk zeer langzaam. Het neemt met de lengte van de photoperiode toe, althans met de duur van het assimilatorisch werkzame licht.

De ontwikkeling en de groei van blad, stengel, pluim en drooggewicht hangen nauw samen, zoals bij alle grassen, waarbij het voornamelijk door de lengte van de photoperiode bepaalde moment van bloeiaanleg een grote rol speelt.

De belichtingsduur heeft echter ook nog een tijdlang na de bloeiaanleg invloed op deze processen.

Eenvoudige proeven tonen aan dat meestal gewerkt is bij gunstige temperaturen. Vertragingen in het voorjaar en najaar zijn aan (te) lage nachttemperaturen toe te schrijven.

Een vergelijking met de literatuur over andere *granen* bevestigt de grote verwantschap tussen deze planten met sorghum, speciaal ook voor de reactie op de milieufactoren.

SUMMARY.

CHAPTER I. *Introduction and literature.*

This chapter is a review of the literature on *great millet.* Only little research is done on the influence of the length of photoperiod and the intensity of light on development and growth of *Sorghum vulgare* Pers. Some data anyhow were obtained concerning the relation between length of photoperiod and duration of growth. Development and growth themselves are described more appropriately.

CHAPTER II. *Materials and methods.*

In this chapter a description is given of the obscuration equipment and of the plant, followed by an explanatton of methods and data on light intensity and temperature in hothouses and growth cabinets.

In two hothouses with obscuration equipment (for the plans see fig. 1 and 2) and in growth cabinets (see p. 13) 35 varieties of *great millet.* originating from several tropical and sub-tropical countries have been tested on their response to length of photoperiod. Some of these varieties have been analysed and measured more extensively under photoperiods of resp. 5, 6½, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18 en 24 hours of a 24 hour day. The development of the growing point has been examined (see fig. 3) in relation to the duration of growth, counted in days from sowing until flower initation (see fig. 5) and until anthesis (see fig. 7 and 8 and table 16). The following data were noted at the same time:
number of leaves (see fig. 12, 13, 14);
leaf elongation (see fig. 15 and tables 10 and 11);
length of leaves (see fig. 16, 17, 18 and table 12);
stem elongation (see fig. 19, 20, 21);
length of stem (see fig. 19, 20 and table 15);
elongation and length of panicle (see fig. 19 and table 15);
dry weight of plant and panicle (see fig. 22 and 23).
The influence of solar radiation (see fig. 4), the intensity of supplementary light (see p. 24) and of temperature are, if possible, varied (see p. 26), registered (see table 2) and calculated (chapter IV).

CHAPTER III. *Influence of light on the plant.*

This chapter is dedicated to investigations on the factor light.

Development stage and length of photoperiod.

In fig. 5 length of photoperiod is plotted against the number of days from sowing until flower initiation for a number of varieties. In fig. 7 the number of days from sowing until flower initiation, appearance of flagleaf and panicle and anthesis is plotted against the length of photoperiod.

From these figures and from table 16 can be derived that *great millet* is undoubtedly a short-dayplant in which occurs a great variability between the numerous varieties and cultivated types. A range of variations is found from quantitative responding plants to entirely qualitative responding plants. In general sensitivity towards length of photoperiod decreases according to distance from the equator, at which the cultivated types occur.

Vegetative stage.

The optimal photoperiod is about 10 to 11 hours in a 24 hour day. At shorter photoperiods (the so-called sub-optimal section) retardations get aggrevated with decreasing length of photoperiods. The retardation of the different varieties diverges only slightly and amounts at most 3 weeks for flower initiation and sometimes 6 weeks for anthesis - in unfavourable cases. These retardations proceed from - at least partly - an assimilation deficit. In the so-called super-optimal section (photoperiods longer than 11 hours) widely divergent retardations occur in flower initiation and anthesis, varying from a few days to more than 6 months. On the basis of these data it is possible to classify the varieties in categories of sensitivity to photoperiod. The greatest retardations occur in the photoperiods of between 12 and 18 hours; between 18 and 24 hours little or no retardation is found.

Juvenile stage and induction stage.

The length of the juvenile stage is determined by first giving the plants a number of non-inductive long days and after that short days (10 hours) to induce flower initiation. In fig. 6A the number of non-inductive long days is plotted against the total number of days from sowing to flower initiation. In fig. 6B the number of non-inductive long days is plotted against the number of succeeding short days necessary for induction - to - flowering.

From both figures can be seen that the average juvenile stage is 3 weeks and it is not distinctly limited. It is obvious that the plant must have reached a minimal age be-

fore induction-to-flowering is possible. Ripeness-to-flowering is reached gradually.

The length of the juvenile stage and that of the induction stage (in days) is noted in table 4. These figures are derived from fig. 6B; which graph shows that the induction stage lasts 10 - 14 days at optimal length of photoperiod.

Reproductive stage.

In fig. 7 the number of days from sowing to flower initiation, flagleaf, panicle and anthesis is plotted against length of photoperiod. This figure shows that flower initiation, the termination of the vegetative stage, occurs after 4 to 5 weeks at optimal length of photoperiod. Anthesis follows 4 to 6 weeks after flower initiation. In fig. 8 the length of the vegetative stage is compared with that of the reproductive stage (flower initiation until anthesis). The length of the reproductive stage is more or less equal to the length of the vegetative stage at optimal conditions. With shorter as well as longer photoperiods the reproductive stage often lasts considerably longer.

Developmental stages and light intensity.

How is the influence of light intensity on development and to which extent is it allowed to substitute or to supplement daylight by artificial light of low intensity?

In table 6 the number of days from sowing to flower initiation is indicated at 10 various combinations of daylight and artificial light. Basic light periods of 8, 10, 12 or 14 hours daylight were supplemented in 10 different combinations with 0, 2, 4 or 6 hours artificial light so that total photoperiods amounted to 8, 10, 12 or 14 hours respectively (see p. 38). In table 7 the number of days from sowing to anthesis is indicated at the same design and in fig. 9 the results have been plotted graphically.

From the tables and the figure follows that a basic light period of about 12 hours daylight is favourable for an optimal development. When daylight is substituted by artificial light of low intensity (e.g. 2 fluorescent tubes TL 40 Watt 55 at 1 metre above the plants during a few hours) the development is retarded. The greater the percentage of artificial light, the greater the retardation. This rule holds usually if the length of photoperiod of an only-daylight-treatment is sub-optimal and optimal with a daylight-plus-a-few-hours-artificial-light-treatment. As mentioned above these retardations occur especially at photoperiods

of less than 12 hours, and are often caused by an assimilation deficit. Likewise at photoperiods of more than 12 hours artificial light of low intensity may cause considerable retardations. These last ones however are a mere response to daylength.

In another experiment has been determined at what distance one fluorescent tube may be still active and at which intensity. Photoperiods were used of $6\frac{1}{2}$, 8, 10 and 12 hours daylight. Supplementary light was given during the dark period (nyctoperiod); for design see fig. 10. In fig. 11 the distance to the source of light was plotted against the intensity of supplementary light (on the leftside ordinate) and against the number of days from sowing to flower initiation (on the rightside ordinate).

Fig. 11 suggests that an intensity of 300 up to more than 1200 ergs/cm^2/sec - according to the sensitivity of each variety - is optimal for photoperiodical ıreponse. Light of very low intensity (50 ergs/cm^2/sec) has already an interfering influence on the "response to darkness."

Leaf development.

In table 8 the number of leaves is compared with the number of days from sowing to flagleaf-appearance. The quotient indicates the mean number of days per leaf. Fig. 13 gives the number of leaves counted weekly at photoperiods of 5, $6\frac{1}{2}$, 8, 10 and 14 hours. From these data it follows that the leaves are initiated by the growing point at regular intervals and at a fixed rhythm; one leaf per 3 to 4 days; at shorter photoperiods the rhythm is retarded.

Number of leaves.

In fig. 12 the total number of leaves as well as the number of leaves that are visible externally at the moment of flower initiation is noted. For 30 varieties the number of leaves was also counted (table 16).

From these data it follows that the number of leaves depends on the length of the vegetative stage; it varies from 10 to 11 up to more than 40. With the various photoperiods under 12 hours the number of leaves is about equal; at longer photoperiods the number increases. For sensitive varieties this increase is large, for the less sensitive ones it is slight. The difference in leaf number between the minimum and maximum in one variety was 3 leaves for the last sensitive ones and 26

leaves for the most sensitive varieties. The increase in the number of leaves occurs especially at photoperiods between 10 and 14 hours, later on it gradually increases less and becomes constant at photoperiods longer than 18 hours.

In table 9 the number of leaves is recorded at photoperiods of 8, 10, 12 and 14 hours in 10 combinations of daylight and artificial light. In fig. 14 the number of leaves is recorded at photoperiods of $6\frac{1}{2}$, 8, 10 and 12 hours while during the "nyctoperiod" supplementary light of very low intensity is given. From these data it follows that the number of leaves increases slightly when daylight is substituted by light of low intensity. Even supplementary light of an extremely low intensity (<100 ergs/cm^2/sec) makes the number of leaves increase as a result of the (slightly) longer duration of growth under these circumstances. The increase is greater according to the sensitivity of the variety to length of photoperiod. If possible supplementary light should be of a rather high intensity according to the high level of the photoperiodical optimum; for some varieties more than 1200 ergs/cm^2/sec.

Leaf elongation.

Before flower initiation the developing plant shows the following leaves: full-grown ones, one leaf with elongating sheath, one leaf with elongating blade, ± 3 shorter leaf blades and ± 4 leaf primordia.

Weekly measuring of the elongation of leaf blade and leaf sheath indicate that first the leaf blade elongates and later on the sheath (table 10 and 11). Fig. 15 is the graphical notation of some of the results of tables 10 and 11. It shows that the tempo of elongation is low at first, later on high and finally decreases gradually.

Length of the leaves.

In table 12 length of leaf blades and leaf sheaths is set out at 12 photoperiods; in fig. 16 part of these figures is expressed graphically. In table 14 length of leaf blades is marked down for 4 varieties; only these are partly expressed in fig. 18. In fig. 17 the length of leaf blades is plotted for 4 varieties at 6 photoperiods.

From these data it follows, that the length of succeeding leaves increases at first. Length of leaf blade and leaf sheath decreases for leaves elongated after flower initiation. Length of leaves increases in proportion to

longer photoperiods; also the number of leaves. The increase in length is largest at photoperiods between 10 and 14 hours corresponding with the considerable retardation in flower initiation at these photoperiods. At photoperiods shorter than 10 hours the last leaf but one is the longest. At photoperiods longer than 11 hours the third until the seventh leaf counted downwards shows the longest leaf blade.

Elongation and length of stem and panicle.

In fig. 19 the weekly measured length (elongation) of stem and panicle is marked down and in fig. 20 the height of the leaf junction of the youngest full-grown leaf is recorded. Fig. 21 is a snapshot of the height of 2 varieties about 2 months after sowing.

From these figures and tables may be concluded that stem elongation occurs *after* flower initiation at photoperiods shorter than 12 hours but contrarily starts *before* flower initiation at photoperiods longer than 12 hours. Generally length of stem increases in proportion to longer photoperiods. The panicle elongates first and fastest at optimal lengths of photoperiod but reaches about the same length at all photoperiods.

Increase of dry weight.

In fig. 22 the weekly increase of dry weight is recorded for one variety. The open bars indicate the weight of stem plus leaves (the total plant) and the black bars the weight of the panicle. In fig. 23 dry weight of plant and panicle is marked down for 4 varieties, 13 weeks after sowing.

The increase of dry weight is very slow at first. Dry weight increases with longer photoperiods, at any rate with length of assimilatorical active light.

The conclusion of this chapter should be that development and growth of leaf, stem, panicle and dry weight are closely related, like with all grasses, in which the moment of flower initiation as it is determined by length of photoperiod plays an important part. However the length of photoperiod still influences these processes some time after flower initiation.

CHAPTER IV. *The temperature.*

A comparison of growth of different hothouse-temperatures with some simple experiments shows that generally our experiments were done under favourable conditions.

Retardations in spring and autumn must be due to (too) low night temperatures.

CHAPTER V. *Discussion of results.*

A comparison of the results of these experiments with the literature on other *cereals: (maize, rice, millets, wheat, barley, rye* and *oats)* confirms the close relationship between these plants. All these grasses show corresponding response to external factors.

LITERATUUR

APPATHURAI, R.: Influence of temperature and humidity on the growth of sorghums. Madras Agr. J. 44, 7; 1957: 261-268.

ARTSCHWAGER, E.: Anatomy and morphology of the vegetative organs of Sorghum vulgare. U. S. D. A. Washington, Techn. Bull. 957; 1948: 55 blz.

AYYANGAR, G. N. et. al.: The inheritance of height cum duration in sorghum. Madras Agr. J. 25; 1937: 107-118.

BARTEL, A. T. and J. H. MARTIN: The growth curve of Sorghum. J. Agr. Res. 57; 1938; 843-849.

BECKER, W. R.: Zaaitijdenproeven met mais. Verslag C.I.L.O. 1953: 113-117.

BECKER, W. R.: De daglengtereactie bij mais. Verslag C.I.L.O. 1954: 171-176.

BORODIN, I.: The influence of nitrogenous and mineral nutrition on the time of heading in barley and millet under the conditions of different day length. Bull. of Appl. Bot. of Gen. and Pl. Br. 27, 5; 1931.

BROOKE, C.: The Durra complex in the Central Highlands of Ethiopia. Ec. Bot. 12, 2; 1958: 192-204.

CERIGHELLI, R.: Cultures tropicales. I. Plantes vivrières. Paris 1955; 634 blz., waarvan: 173-243.

CHINOY, J. J. and K. K. NANDA: Effect of vernalization and photoperiodic treatments on growth and development of wheat. Nature 165; 1950: 882-883.

CHINOY, J. J. and K. K. NANDA: Effect of vernalization and photoperiodic treatments on growth and development of crop plants.
I. Varietal differences in flowering of wheat and its correlation with length of spike under varying photoinductive and post-photoinductive treatments.
Physiologia Plantarum 4; 1951: 209-223.
II. Varietal differences in stem elongation and tillering of wheat and their correlation with flowering under... enz. Phys. Plantarum 4; 1951: 427-436.
III. Rate of dry matter production, net assimilation rate, and water content under... enz.
Phys. Plantarum 4; 1951: 575-591.

COLEMAN, O. H. and B. A. BELCHER: Some responses of sorgho to short photoperiods and variations in temperature. Agr. J. 44; 1952: 35-39.

COOLHAAS, C. and T.M. WORMER: Developmental differences in rice plants in relation tot photoperiodism. Neth. J. Agr. Sc. 1; 1953: 202-216.
DALZIEL, J.M.: The useful plants of Tropical West Africa. London; 1937; 612 blz.
DOBBEN, W.H. van: Het voor photoperiodische inductie gevoelige stadium bij rogge, tarwe, maanzaad, wikke en vlas. Instituut voor Biologisch en Scheikundig onderzoek van Landbouwgewassen (I.B.S.), Med. 13, Jaarboek 1957: 57-64.
DOBBEN, W.H. van: Verslag van proefnemingen op het gebied van het fundamentele graanonderzoek. Versl. over het 4e jaar van het Tien-Jarenplan voor Graanonderzoek 1957: 81-101.
DOBBEN, W.H. van, en A.C. WIERSEMA: De daglengtereactie van haver. Verslag C.I.L.O. 1954: 164-166.
ENGLER, A. und K. PRANTL: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig, 2e druk; 1940; band 14e; 208 blz.
FORTANIER, E.J.: De beinvloeding van de bloei bij Arachis hypogaea L. Wageningen; 1957; 116 blz.
GALINAT, W.C. and A.W. NAYLOR: Relation of photoperiod to inflorescence proliferation in Zea mays L. Am. J. Bot. 38; 1951: 38-47.
GARNER, W.W. and H.A. ALLARD: Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. J. Agr. Res. 23; 1923: 871-920.
GFELLER, F. and C.H. GOULDEN: The effect of the intensity of artificial light on the growth of cereals. Canad. J. Bot. 32; 1954: 318-319.
GOTT, M.B., F.G. GREGORY and O.N. PURVIS: Studies in vernalisation of cereals. XIII. Photoperiodic control of stages in flowering between initiation and ear formation in vernalised and unvernalised Petkus winter rye. Ann. Bot. N.S. 19; 1955: 87-126.
KARPER, R.E. and J.R. QUINBY et. al.: Grain Sorghum date of planting and spacing experiments. Texas Agr. Exp. St., Bull. 424; 1931; 71 blz.
KIESSELBACH, T.A.: Progressive development and seasonal variations of the corn crop. Nebraska Coll. Agr. Res. Bull. 166; 1950; 49 blz.
LANG, A.: Physiology of flowering. Ann. Rev. Pl. Phys. 3; 1952: 265-306.
MARTIN, J.H.: Climate and Sorghum. Climate and men. U.S.D.A. Yearbook of Agr.; 1941: 343.

MATUSIEWICZ, E.: Photoperiodism in certain maize varieties cultivated in Poland. Roczniki Nauk Rolniczijch Tom. 74 Serie A - Roslinna no 1; 1956: 45-54. Summary blz. 54.

NANDA, K.K., R. GROVER and J.J. CHINOY: Some observations on lateral bud development in Panicum miliaceum and Setaria italica. Phyton 8, 2; 97-108.

NANDA, K.K., R. GROVER and J.J. CHINOY: Factors affecting growth and development of some millets. I. Stem elongation and its correlation with flowering as influenced by the time of sowing. Phyton 9, 1; 1957: 15-24.

NANDA, K.K.: Effect of photoperiod on stem elongation and lateral bud development in Panicum miliaceum and its correlation with flowering. Phyton 10, 1; 1958: 7-16.

PURVIS, O.N.: An analysis of the influence of temperature during germination on the subsequent development of certain winter cereals and its relation to the effect of length of day. Ann. Bot. 48; 1934: 919-955.

PURVIS, O.N. and F.G. GREGORY: Studies in vernalisation of cereals. I. A comparative study of vernalisation of winter rye by low temperature and by short days. Ann. Bot. N.S. 1; 1937: 569-592.

QUINBY, J.R. and KARPER, R.E.: The inheritance of three genes that influence time of floral initiation and maturity date in milo. J. Am. Soc. Agron. 37; 1945: 916-936.

QUINBY, J.R. and R.E. KARPER: The effect of short photoperiod on Sorghum varieties and first generation hybrids. J. Agr. Res. 75; 1947: 295-300.

ROD, J. and F. VRESKY: Vysettrovani svetelneho stadia ruznijch odrud ciroku. (The photoperiodic phase in different varieties of sorghum). Sbornik Csl. Akad. Zemed. (Ann. Acad. Csl. Agric.) Ser. Plant production 28, 1; 1955: 21-32. Eng. summ.

ROD, J. en J. ANDONOV: Studium svetelneho stadia u cukroveho ciroku. (Sorghum vulgare var. saccharatum)= (Study of the photoperiod in the Sorgho). Sborn. Csl. Akad. Zemed. Ved. Rostlinna vyroba, Praha 30, 12; 1957: 1209-1222. Eng + Duits summ.

ROELOFSEN, B.: Sorghum and the possibilities of this crop for Indonesia. Landbouw 24; 1952: 255-282.

SANDE BAKHUIZEN, H.L. van de: Bloei en bloeihormonen in het byzonder bij tarwe. Versl. Landb. Onderz. 53, 4B; 1947: 146-

SANDE BAKHUIZEN, H.L. van de: Flowering and flower-

ing hormones (one single scheme for both long-day and short-day plants).
IIIA. Photoperiodism in short-day plants. Proc. Kon. Ned. Ak. Wet. C56; 1953: 164-184.
SHARMAN, B. C.: Short nights, an unappreciated hindrance to maize cultivation in England. J. Roy. Hort. Soc. 72; 1947: 195-202.
SIEGLINGER, J. B.: Leafnumber of sorghum stalks. J. Am. Soc. Agron. 28; 1936: 636-642.
SIEV, D.: On the growth and developmental stages of wheat and sorghum. Palest. J. Bot. Reh. Ser., 8,1; 1951: 27-31.
SMID-WIERSEMA, A. C. en W. H. van DOBBEN: De betekenis van de basisbelichting voor de photoperiodische reactie. I. B. S. Wageningen, Med. 12, Jaarboek 1957: 51-55.
SMITH, D. L. and R. D. OSLER: Reaction of some tropical corn varieties and hybrids to different day lengths and temperatures. Agron. Abs. 1956: 80.
SNOWDEN, J. D.: The cultivated races of Sorghum. Adlard and Son. Ltd. London; 1936; 274 blz.
SYMPOSIUM: De betekenis van de photoperiodiciteit voor de practijk van land-, tuin- en bosbouw. 23 october 1957. Landb. Tdschr. 70; 1958: 15-20.
TEMPEL, A.: Fotoperiodiciteitsonderzoek bij granen (Literatuuroverzicht). Niet gepubliceerd; 1955; 54 blz.
VEEN, R. van der und G. MEYER: Licht und Pflanzen. Eindhoven, 1958; 164 blz.
VEENMAN's AGR. WINKLER PRINS; 1953, 1954, 1956.
VIGUIER, P.: Les sorghos et leur culture au Soudan Français. Dakar; 1947; 80 blz.
VINALL, H. N. and H. R. REED: Effect of temperature and other meteorological factors on the growth of sorghums. J. Agr. Res. 13; 1918: 133-148.
WELLENSIEK, S. J. en J. DOORENBOS: Grondslagen der tuinbouwplantenteelt. Haarlem, 1956; 229 blz.
WIERSEMA, A. C.: De invloed van de duur der basisbelichting en van de lichtintensiteit der aanvullende belichting bij daglengteproeven. Versl. C. I. L. O. 1955: 121-123.
WIERSEMA, A. C.: De invloed van de intensiteit van de aanvullende belichting bij daglengteproeven. Versl. C. I. L. O., 1954: 181-187.
WORMER, Th. M.: Morphologische waarnemingen aan rijstplanten gegroeid bij verschillende lengten van de

photoperiode. Wageningen, 1953, 153 blz.
ZEEVAART, J.A.D.: Flower formation as studied by grafting. Wageningen, 1958; 88 blz.

STELLINGEN.

1. Het is niet juist dat de belichtingsduur geen invloed meer heeft op de groei en ontwikkeling van de graanplant, nadat de bloeiwijze is aangelegd.

2. Enkele gierstsoorten vormen een goed aanvullend gewas voor het kleine bedrijf op de zandgronden in zuidelijk Nederland.

3. In semi-aride onderontwikkelde gebieden is sorghum een waardevol (nieuw) gewas; vervanging ervan door cassave is een stap terug met betrekking tot de voedingswaarde.

4. De regel, dat zaadvernalisatie slechts effect heeft indien er lange dagen op volgen, geeft een aanwijzing in welke richting een verklaring van het ontbreken van koudebehoefte bij rijst en andere tropische korte-daggranen gezocht kan worden.

5. Ook bij katoen moet hybrideteelt mogelijk worden geacht, doch toepassing ervan zou om kwaliteitsredenen niet wenselijk zijn.

6. Bij planten ter verbetering van landbouwmethoden in Afrika is tezeer uitgegaan van rationele vruchtwisseling naar Europees model en te weinig rekening gehouden met de waarde van het bestaande systeem van mengteelt.

7. De aantasting van een aantal gewassen door wortelschimmels wordt in sterke mate mede bepaald door de aanwezigheid van parasitaire wortelaaltjes.

8. Strategische, nationaal-economische en politieke overwegingen van de zijde der westerse landen hebben tot nu toe het op gang komen van een doeltreffende en grootscheepse hulpactie tot welvaartsverhoging der "low-income countries" ernstig belemmerd met gevolg dat het verschil in welvaart tussen eerst- en laatstgenoemde landen voortdurend toeneemt.

9. In het nieuwe studieprogramma van de Landbouwhogeschool is het universitaire ideaal nog verder opgeofferd aan overwegingen van utiliteit; uit academisch oogpunt bezien kan dit niet als winst worden beschouwd.

Diss. N. C. Keulemans
Wageningen, 1959.