

S-3334,6

**Ontwikkeling en groei van  
maïs (*Zea mays* L.)  
onder Nederlandse omstandigheden**

1310-260700

# Gewassenreeks 1

De Gewassenreeks behandelt de groei en ontwikkeling van gewassen die in Nederland verbouwd kunnen worden. De gegevens zijn afkomstig van waarnemingen die gedaan zijn bij het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO) te Wageningen en bij een aantal andere instellingen voor landbouwkundig onderzoek. In voorbereiding zijn deeltjes over de groei en ontwikkeling van produktiegras en gerst.

**L. Sibma**

**Ontwikkeling en groei van  
maïs (*Zea mays* L.)  
onder Nederlandse omstandigheden**



**Pudoc Wageningen 1987**

Ing L. Sibma is verbonden aan het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO), voorheen Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen. Hij heeft veel onderzoek verricht naar de potentiële groeimogelijkheden van gewasopervlakken in vergelijking tot de werkelijke groeisnelheden. Momenteel verricht hij hoofdzakelijk fysiologisch onderzoek aan maïs en suikerbieten. Van zijn hand verschenen onder andere publikaties over de maximale groeisnelheden van gewassen.

#### CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Sibma, L.

Ontwikkeling en groei van maïs (*Zea mays* L.) onder Nederlandse omstandigheden / L. Sibma. – Wageningen : Pudoc. – (Gewassenreeks ; nr. 1)

Met lit. opg.

ISBN 90-220-0918-1

SISO 632.4 UDC 633.15(492) NUGI 835

Trefw.: maïsteelt ; Nederland.

ISBN 90 220 0918 1

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie (Pudoc), Wageningen, 1987.

Niets uit deze uitgave, met uitzondering van titelbeschrijving en korte citaten ten behoeve van een boekbespreking, mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze ook zonder schriftelijke toestemming van de uitgever Pudoc, Postbus 4, 6700 AA Wageningen. Voor alle kwesties inzake het kopiëren uit deze uitgave: Stichting Reprorecht, Amsterdam.

Gedrukt in Nederland

# Inhoud

## Woord vooraf 7

### 1 Mais in Nederland 9

- 1.1 *Opkomst van de maïsteelt* 9
- 1.2 *Opkomst van de teelt van snijmaïs* 10

### 2 Morfologie en ontwikkeling 12

- 2.1 *Algemeen* 12
- 2.2 *Ontwikkelingsstadia* 15
- 2.3 *Ontwikkelingsnelheid, temperatuur- en warmtesommen* 16
- 2.4 *Zaai, kieming en vegetatieve ontwikkeling* 16
- 2.5 *Bebladeringsindex (LAI)* 19
- 2.6 *Bloei en de generatieve ontwikkeling* 20
- 2.7 *Beworteling, specifieke wortellengte en spruit/wortel-verhouding* 23

### 3 De groei van het gewas 26

- 3.1 *Zonlicht als bron en oorzaak van groei* 26
- 3.2 *Bebladering, lichtonderschepping en fotosynthese (assimilatie)* 26
- 3.3 *Onderhoudsrespiratie* 29
- 3.4 *Groeisnelheid en toename van de droge stof in de spruit* 29

### 4 Distributie en opslag van de droge stof over de organen 31

- 4.1 *Specifiek bladgewicht* 31
- 4.2 *Verdeling van de droge stof tijdens de vegetatieve ontwikkeling* 32
- 4.3 *Stofwisseling tijdens de kolfgroei* 34
- 4.4 *Hoeveelheid droge stof in de wortels* 37

### 5 Vocht- en mineralenhuishouding 38

- 5.1 *Vocht- en drogestofgehalte* 38
- 5.2 *Opname van N, P en K en gehalten in blad, stengel en kolf* 38
- 5.3 *Ruw-eiwit- en nitraatgehalte in het gewas* 39

### 6 Opbrengsten 42

- 6.1 *Rendement van lichtenergie bij optimale groei* 42
- 6.2 *Rendement van de fotosynthese* 42
- 6.3 *Proefvelden en praktijk* 44
- 6.4 *Oogstdatum, conserveringsverliezen en voederwaarde* 44

**7 De groei van maïs in vergelijking met Engels raaigras 46**

7.1 *Verloop gedurende het groeiseizoen 46*

7.2 *Verskil tussen C3- en C4-gewas 47*

7.3 *Drogestofopbrengst aan het eind van de groeiperiode 47*

**8 Invloed van teeltmaatregelen 49**

8.1 *Bemesting, drijfmest en opbrengst 49*

8.2 *Plantverband (standdichtheid) en opbrengst 50*

**Bijlagen 51**

*Bijlage 1 Bepaling van de bebladeringsindex (LAI) 51*

*Bijlage 2 Bepaling van bloeitijdstip en warmtesom 51*

*Bijlage 3 Bepaling van wortellengte en beworteling 52*

*Bijlage 4 Vuistgetallen 53*

**Literatuur 54**

**Trefwoordenlijst 57**

# Woord vooraf

Door verschillende instellingen voor landbouwkundig onderzoek die onder het Ministerie van Landbouw en Visserij ressorteren zijn in de loop van de jaren vele waarnemingen gedaan aan de groei en ontwikkeling van een aantal cultuurgewassen. Veel van deze observaties werden verwerkt in wetenschappelijke publikaties. Daarin is het oorspronkelijke uitgangsmateriaal, bestaande uit eenvoudige basisgegevens, soms niet of moeilijk te herkennen. Regelmatig blijkt dat hieraan in andere takken van onderzoek en bij het onderwijs wel behoefte bestaat. De oorspronkelijke gegevens van waarnemingen zijn in deze publikatie samengevat en op eenvoudige wijze gepresenteerd. Het betreft gegevens van het voormalige Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen (IBS), dat tegenwoordig deel uit maakt van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO). Bovendien werden bij het Proefstation voor de Akkerbouw en de

Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) en het Rijks Instituut voor het Rassenonderzoek van Cultuurgewassen (RIVRO) waarnemingen gedaan die in deze publikatie zijn verwerkt.

Bij het maïsonderzoek werd in hoofdzaak gebruik gemaakt van de rassen CIV 7 (ofwel Protor) en Caldera 535 (ofwel Capella). Deze rassen waren in de afgelopen jaren het meest gangbaar in de snijmaïsteelt. Vanwege de continuïteit in de proeven werden de rassen wat langer gehandhaafd dan in de praktijk. Op rasverschillen wordt echter niet ingegaan. De gegevens en resultaten tonen een min of meer gemiddeld beeld over de verschillende rassen, jaren en regio's van Nederland. In het algemeen gaat het om resultaten die verkregen zijn met een gezond gewas dat voldoende van water en mineralen is voorzien. Nadruk ligt op de zogenaamde snijmaïs waarvan de bovengrondse delen geschikt zijn voor het inkuilen (kuilvoer).

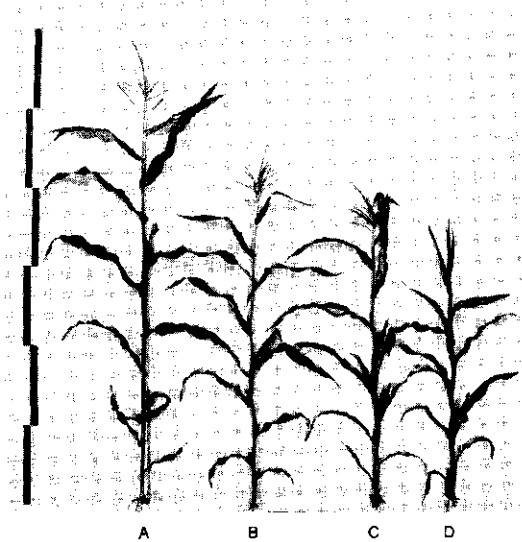
# 1 Maïs in Nederland

## 1.1 Opkomst van de maïsteelt

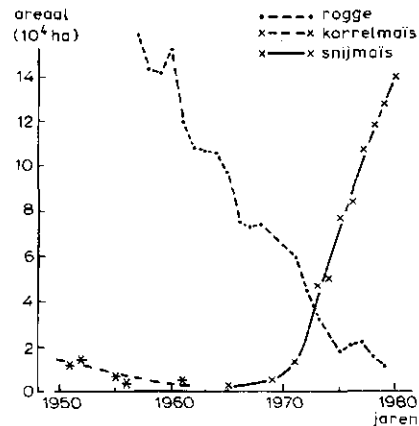
De verbouw van maïs (*Zea mays* L.) in Nederland is betrekkelijk nieuw in vergelijking met gebieden op aarde die dichter bij de evenaar liggen. Daar wordt maïs al lang en als hoofdgewas geteeld. Maïs is de graansoort die waarschijnlijk over het grootste scala aan groeimilieus voorkomt (Oram, 1976). In Latijns Amerika, waar maïs oorspronkelijk vandaan komt, gebruiken indianen maïs onder meer voor de bereiding van dranken ('chicha's'). Voorts zijn de korrels van sommige rassen geschikt voor de bereiding van 'popcorn'. Behalve als grondstof voor de bereiding van maïsmeel (maïzena) is maïs in Nederland vooral bekend als veevoeder, aanvankelijk voor pluimvee, maar tegenwoordig in hoge mate voor rundvee. In dit laatste geval kan bijna de hele plant (de totale hoeveelheid 'vastgelegde zonne-energie' in de vorm van droge stof) benut worden met uitzondering van wortels en stoppel. Enkele representatieve maïsplanten zijn weergegeven in figuur 1.

Kort na de tweede wereldoorlog stimuleerde de Nederlandse overheid in het kader van het Marshallplan de teelt van korrelmaïs. Mede daardoor werd een areaal van 4000 ha bereikt. Het betrof hoofdzakelijk vroeg rijpende, rondkorrelige rassen – de zogenaamde flintrasen – die tamelijk kouderesistent waren en sterk uitstoelden. De kolf had een vrij dikke kolfspil en slechts 8–10 rijen korrels per kolf. Het areaal korrelmaïs is nooit groot geweest en het verdween in de jaren 1950–1960 (figuur 2).

Na 1960 werden deze rassen gekruist met rassen waarvan de korrels paardetandvor-



Figuur 1. Habitus van snijmaïs (A), korrelmaïs (B), suikermaïs (C) en een inteeltlijn (D).



Figuur 2. Afname van de arealen korrelmaïs en rogge en de uitbreiding van snijmaïs in Nederland in de periode 1950–1980 (Centraal Bureau voor de Statistiek, 1970; Landbouwcijfers, Landbouw Economisch Instituut en Centraal Bureau voor de Statistiek, 1970–1980).



Tabel 1. De relatieve opbrengsten van maïsrassen in de periode 1954 – 1980, het aantal proefjaren en het jaar van introductie (Te Velde, 1983).

<i>Ras</i>	<i>Opbrengst relatief <sup>1)</sup></i>	<i>Aantal proefjaren</i>	<i>Jaar van introductie</i>
Goudster	9	(16)	1954
Protor (CIV 7)	103	(19)	1954
Capella (Caldera 535)	112	(14)	1966
LG 11	112	(13)	1969
Fronica	118	(9)	1973
Dorina	121	(5)	1977
RA 240	127	(2)	1979
Splenda	130	(2)	1980

1. 100 = gemiddelde opbrengst van de rassen in 1954.

mig zijn, de zogenaamde dentrassen. Deze waren van origine meer gevoelig voor lage temperaturen in het voorjaar en laat rijp. Ze stoelden minder uit, maar hadden 12–14 rijen korrels per kolf en een groter opbrengstvermogen in de vorm van totale hoeveelheid droge stof (Becker, 1976; Lackamp, 1982).

## 1.2 Opkomst van de teelt van snijmaïs

Na 1970 volgde een sterke uitbreiding van het areaal maïs tot ruim 160 000 ha. Deze uitbreiding viel samen met het verdwijnen van granen – met name rogge – uit het bouwplan op de zandgronden. Ruim driekwart van het totale areaal maïs ligt momenteel op de zandgronden. De snelle uitbreiding van maïs is onder meer toe te schrijven aan het verkregen inzicht dat maïs geschikt is om in te kuilen, de zogenaamde silage van maïs (Lackamp, 1982).

Door geringe ervaring en vooral door onvoldoende teelttechniek waren de opbrengsten aanvankelijk te laag. Door goede voorlichting is hierin verandering gekomen en zijn de opbrengsten verbeterd. De loonwerkers die vaak zelf afkomstig zijn van het boerenbedrijf hebben een groot aandeel gehad in de mechanisatie. Daardoor kunnen de werkzaamheden vanaf het zaaien tot en met het oogsten vrijwel geheel door gespecialiseerde loonwerkers worden uitgevoerd.

Andere oorzaken van de snelle uitbreiding van het areaal snijmaïs zijn de verdere verbetering van de rassen en de tolerantie van maïs tegen het dumpen van grote hoeveelheden drijfmest. De rassenverbetering uit zich in aanpassing aan de daglengte, verhoging van het drogestofgehalte aan het eind van de groei, hogere drogestofopbrengsten en een gunstiger kolf/stro-verhouding (Struik, 1983c). De relatieve opbrengsten van de belangrijkste snijmaïsrassen in de periode 1954–1980 op proefvelden van het RIVRO tonen de opbrengstverbetering door de introductie van nieuwe rassen (tabel 1).

De jaarlijkse toename in de drogestofopbrengsten bedraagt 1%. Naar schatting 0,54% wordt door rassenverbetering veroorzaakt en de rest door een verbeterde teelttechniek (Te Velde, 1983). Verbetering van de maïsrassen in de zin van grotere koudetolerantie in het voorjaar gaat langzaam (Miedema, 1982).

Van belang voor de uitbreiding van het areaal is de gunstige verhouding tussen de ingebrachte fossiele energie en de energiehoeveelheden die daaruit resulteren in de vorm van voederwaarden. Deze verhouding – de zogenaamde input-output-verhouding – was onder Engelse bedrijfsomstandigheden 0,28 voor de teelt van maïs tegen 0,45 voor de teelt van gras (Wilkinson, 1981). Bij een hogere input van energie was de verhouding 0,20 voor maïs en 0,43 voor ingekuuld

gras (Nortier, 1982). De waarden tonen aan dat in dit opzicht de teelt van maïs voordelig is, ongeacht het niveau van inputs. De rassen worden op grond van het drogestofgehalte bij afrijping ingedeeld in vroeg, vrij vroeg en middenvroeg (Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen, 1984).

Sinds een aantal jaren wordt maïs in Nederland ook als tuinbouwgewas geteeld, de zogenaamde suikermaïs. Genetisch is het verschil tussen snijmaïs en suikermaïs klein. Bij suikermaïs gaat het om de opbrengst van de kolven. Bestuiving van suikermaïs door snijmaïs kan de kwaliteit van de kolven aanzienlijk aantasten.

## 2 Morfologie en ontwikkeling

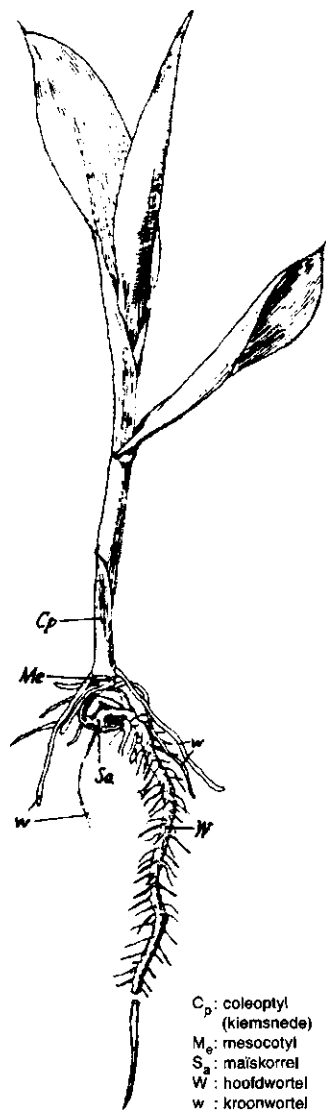
### 2.1 Algemeen

Het geven van een algemeen beeld van de morfologie en de ontwikkeling van een plant of gewas wordt in dit hoofdstuk vooropgesteld. Verschillen tussen rassen, regio's of jaren zijn voor een groot deel buiten beschouwing gelaten. Soms is nog gebruik gemaakt van de inmiddels verouderde rassen CIV 7 en Caldera 535.

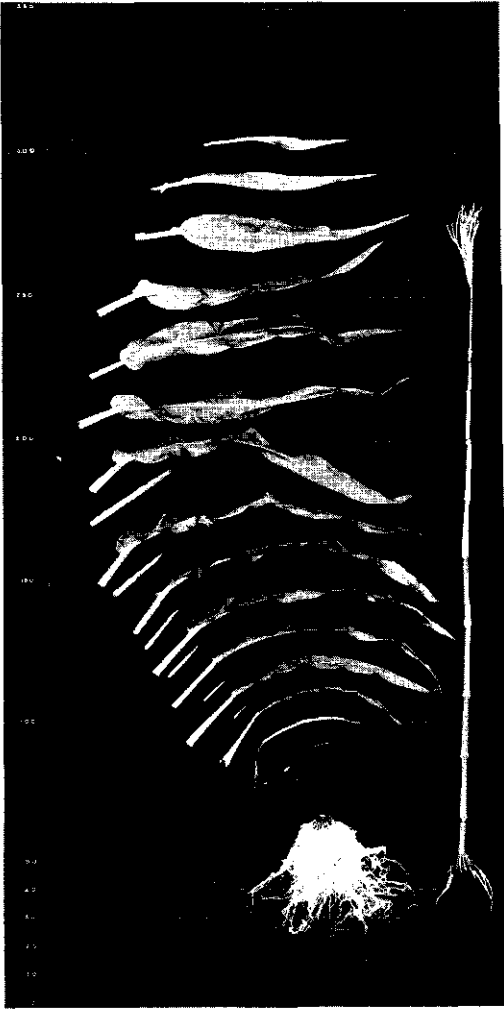
Een maïsplant vormt bij de kieming eerst één of meer kiemwortels of hoofdwortels (figuur 3). Kort daarna verschijnt de kiemschede (coleoptyl) waarin zich het vegetatiepunt bevindt.

Na het verschijnen van de kiemschede ontstaan vanuit de stengelbasis (mesocotyl) kroonwortels. Beide soorten wortels vormen zijwortels. Het vegetatiepunt vormt aanvankelijk bladeren die bestaan uit een bladschijf en een bladschede. De bladschijven en bladscheden staan ingeplant op een knoop in de stengel en groeien aan de basis, d.w.z. in het gedeelte dat nog niet te voorschijn is gekomen. De stengelgedeelten tussen twee knopen in de stengel worden internodiën genoemd. In een wat verder ontwikkelde vegetatieve fase vormen de bladeren en de bladscheden als het ware een koker rondom en boven het vegetatiepunt. Tijdens de vegetatieve ontwikkeling komt het vegetatiepunt omhoog door de vorming van een stengel onder het vegetatiepunt.

Bij het generatief worden van de plant vormt zich de mannelijke bloeiwijze (de pluim) uit het uiteinde van de stengel. Gelijktijdig worden gesteelde zij-assen gevormd die de vrouwelijke bloeiwijze (de kolven) dragen. Kort vóór en tijdens de ge-



Figuur 3. Jonge maïsplant (naar Bluemink & De Hullu, 1980).

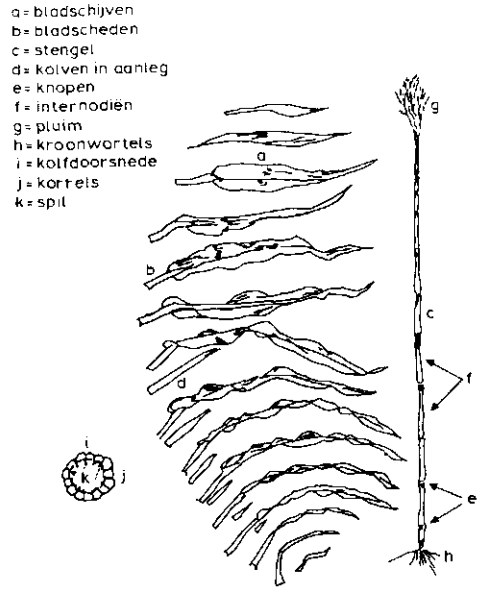


Figuur 4. Maïsplant in stadium 5 van Groot et al. (1986), in onderdelen (bladeren met bladschede, kolven in aanleg, stengel en wortels) uiteengelegd.

neratieve ontwikkeling worden uit de onderste stengelknopen adventiefwortels gevormd die voor de mineralenopname echter van ondergeschikte betekenis zijn.

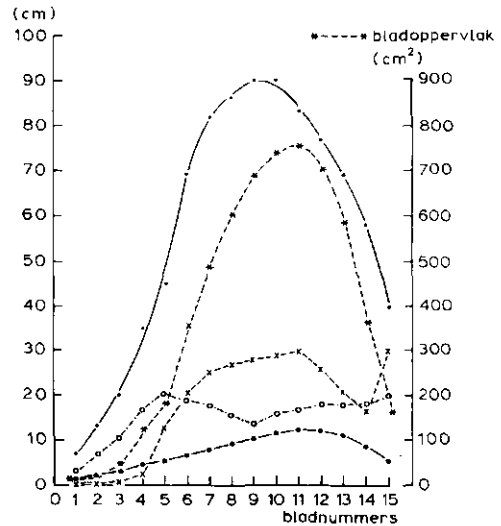
Figuur 4 en figuur 5 geven de situatie weer van een plant in het begin van de generatieve fase.

Het volledige aantal bladeren is aanwezig en de plant heeft zijn uiteindelijke lengte bereikt. De generatieve organen zijn in het begin van hun ontwikkeling. In figuur 6 zijn



Figuur 5. Aanduiding van de onderdelen van een vrijwel volgroeide plant uit een normale monocultuur.

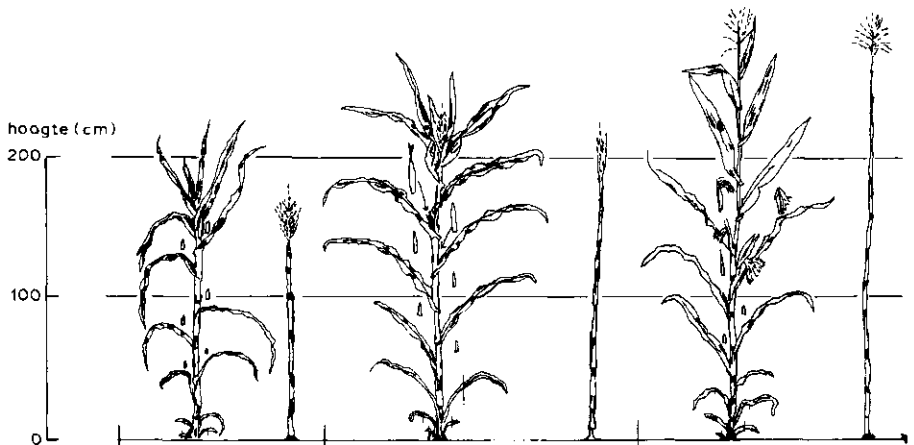
- breedte bladschijven
- lengte bladschijven
- lengte bladscheden
- lengte internodiën



Figuur 6. Onderlinge afmetingen van een vrijwel volgroeide plant uit een monocultuur.



aantal bladeren	2	4	6	8	10
dagen na opkomst	12	25	37	49	61
data	25/5	7/6	19/6	1/7	13/7
droge stof ( $10^3 \text{ kg ha}^{-1}$ )		0,2	0,7	2,5	5,0
T som	60	110	170	230	310
warmtesom (CHU)	320	500	720	900	1190
Stadia { Hanway	0,5	1	1,5	2	2,5
Groot e.a	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50



aantal bladeren	12	14	16
dagen na opkomst	71	81	91
data	23/7	2/8	12/8
droge stof ( $10^3 \text{ kg ha}^{-1}$ )	7,5	10,0	12,5
T som	390	440	520
warmtesom (CHU)	1370	1540	1750
Stadia { Hanway	3	3,5	4
Groot e.a	4,00	4,50	± 5,00

*Figuur 7. Ontwikkeling betreffende de hoogte, het aantal ontwikkelde bladeren, dagen na opkomst, data, gewicht, warmtesommen en de ontwikkelingsstadia van Hanway (1966) en Groot et al. (1986). Als zaaidatum is 20 april aangenomen en als datum van opkomst 13 mei. De kolven in aanleg zijn getekend. In regel 1 is aangegeven, dat van links naar rechts bij elke plant twee bladeren meer aanwezig zijn. In regel 2 is het gemiddeld aantal dagen na opkomst vermeld. In regel 3 de werkelijke*

*data waarop het aantal bladeren aanwezig kan zijn. In regel 4 staan de hoeveelheden droge stof van een goed verzorgd gewas op dat moment in kg per ha. In regel 5 is de T-som vermeld. In regel 6 is de warmtesom gegeven, berekend volgens de methode van Brown en uitgedrukt in Corn Heat Units (CHU). In regel 8 de stadia naar Hanway (1966). En in regel 9 tenslotte de primaire stadia van Groot et al. De linker as is een maat voor de gewashoogte, zodat voor elk stadium deze waarde te herleiden is.*

de gemiddelde afmetingen van de lengte, de breedte en het bladoppervlak van de bladeren gegeven, alsmede de lengte van de bladscheden en de internodiën.

De waarden zijn uitgezet tegen de achterevolgende blad- of internodiumnummers, die – omdat telkens één bladschede aan een internodium bevestigd is – aan elkaar gelijk zijn.

## 2.2 Ontwikkelingsstadia

Voor Westeuropese omstandigheden ontbrak het tot dusver aan goede criteria om de ontwikkeling van maïs aan te geven. Het blijkt moeilijk te zijn om criteria aan te geven die eenvoudig en in het veld bruikbaar zijn en waarmee de ontwikkeling van het gewas tijdens de groeicyclus zonder misverstanden beschreven kan worden. Verschillende auteurs hebben aan de hand van

uiteenlopende criteria schalen ontworpen (Batchelder, 1949; Hanway, 1966; Schutte & Meier, 1981; Groot et al., 1986).

In aansluiting op de door Feekes (1941) en Zadoks et al. (1974) gegeven decimale code voor granen, ontwikkelden Groot et al. (1986) een decimale schaal voor maïs om daarmee op elk tijdstip in het groeiseizoen aan te kunnen geven hoever het gewas ontwikkeld is. Uit een combinatie van de schaal van Hanway (1966) en die van Schutte & Meier (1981) werd een schaal met tien primaire stadia ontworpen. Alle primaire stadia zijn weer onderverdeeld in secundaire stadia.

De nauwkeurige criteria en de aanpassing aan Nederlandse groeiomstandigheden en rassen maken de schaal van Groot et al. waarschijnlijk tot de meest bruikbare. In de stadia 0 tot 4 is het aantal aanwezige bladeren bepalend. Een blad wordt geacht aan-

Tabel 2. Samenvatting van de kenmerken bij de ontwikkeling van snijmaïs. Deze tabel geeft alleen de stadia van Groot et al. (1986) en van Hanway (1966).

<i>Stadia Groot</i>	<i>Stadia Hanway</i>	<i>Aantal bladeren kieming opkomst</i>	<i>Kolfontwikkeling</i>
0,00			
1,00	0		
1,50	0,5	2	
2,00	1	4	
2,50	1,5	6	
3,00	2	8	
3,50	2,5	10	
4,00	3	12	
4,50	3,5	14	
	4	15 – 16	
5,00	5		de stempeldraden van de kolf worden zichtbaar
	6		kolf en schutblad hebben volledige afmetingen
			maar korrels nog niet gevuld
7,00	7	melkrijp	korrels geel met melkrijpe inhoud
7,25	8		bij de dents kleine indeukingen op de buitenkant
			van de korrels zichtbaar na verwijdering van het
			schutblad
8,00	9	droogrijp	bij de dents hebben vrijwel alle korrels indeukingen;
			drogestofgehalte 60%
9,00	10	volrijp	drogestofgehalte in de korrel 60 %

wezig te zijn als de scheiding tussen blad-schijf en bladschede zichtbaar is. Na stadium 4 is de kolfontwikkeling bepalend voor het stadium.

In figuur 7 zijn enkele representatieve planten weergegeven in stadia tot en met de bloei. De geschetste ontwikkeling komt overeen met die van een goed gewas in een normaal jaar in het midden van Nederland. Het gehele verder verloop van de generatieve ontwikkeling is samengevat in tabel 2. Voor een volledig overzicht van de stadia wordt verwezen naar de beschrijving van Groot et al. (1986).

### 2.3 Ontwikkelingssnelheid, temperatuur- en warmtesommen

De snelheid waarmee de ontwikkelingsstadia van maïs tot de bloei worden doorlopen, hangt samen met het verloop van de temperatuur. Er zijn diverse grootheden voor de dagelijkse ontwikkelingssnelheid voorgesteld. Met dergelijke grootheden kan het ontwikkelingsstadium ook gekarakteriseerd worden als een som van dagelijkse ontwikkelingssnelheden. De hier gehanteerde grootheden zijn:

- de temperatuur- of T-som en
- de warmtesom naar Brown (1978).

Een eenvoudige maat voor de dagelijkse ontwikkelingssnelheid van maïs is:

$$(T_{\max} + T_{\min})/2 - \text{basistemperatuur}$$

waarin  $T_{\max}$  de dagelijkse maximumtemperatuur is en  $T_{\min}$  de dagelijkse minimumtemperatuur. De basistemperatuur is voor maïs 10°C. Hieruit kan de zogenaamde temperatuur- of T-som voor een willekeurige dag in het groeiseizoen worden berekend door de dagelijkse waarden te sommeren over alle dagen vanaf het inzaaien. Dagen waarop de uitkomst kleiner is dan 10°C tellen niet mee in de sommatie. Ze leveren dus geen negatieve bijdrage. Figuur 7 toont de relatie tussen de T-som en de ontwikkelingsstadia.

Brown (1978) stelde een andere grootte voor als maat voor de dagelijkse ontwikkelingssnelheid van maïs:

$$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$$

Deze grootte wordt uitgedrukt in zogenaamde 'Corn Heat Units' (CHU).

$Y_{\min}$  is een waarde voor de ontwikkelingssnelheid gedurende de nacht, die berekend wordt als:

$$1,8 (T_{\min} - 4,4)$$

waarin:  $T_{\min}$  = de minimumtemperatuur (nachttemperatuur) in °C. Voor de ontwikkelingssnelheid gedurende de dag  $Y_{\max}$  geldt:

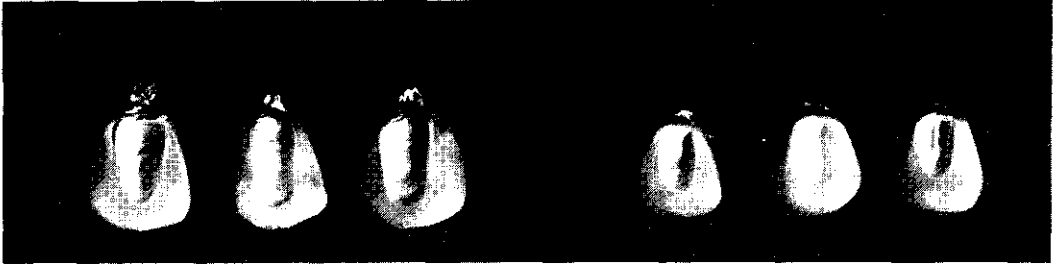
$$3,33 (T_{\max} - 10,0) - 0,084 (T_{\max} - 10,0)^2$$

waarin:  $T_{\max}$  = de maximumtemperatuur (dagtemperatuur) in °C. De dagelijkse te berekenen waarden kunnen gesommeerd worden over alle dagen vanaf het zaaien en dit wordt de warmtesom (voor maïs) genoemd. Ontwikkelingsstadia kunnen zo worden gerelateerd aan CHU-waarden (figuur 7).

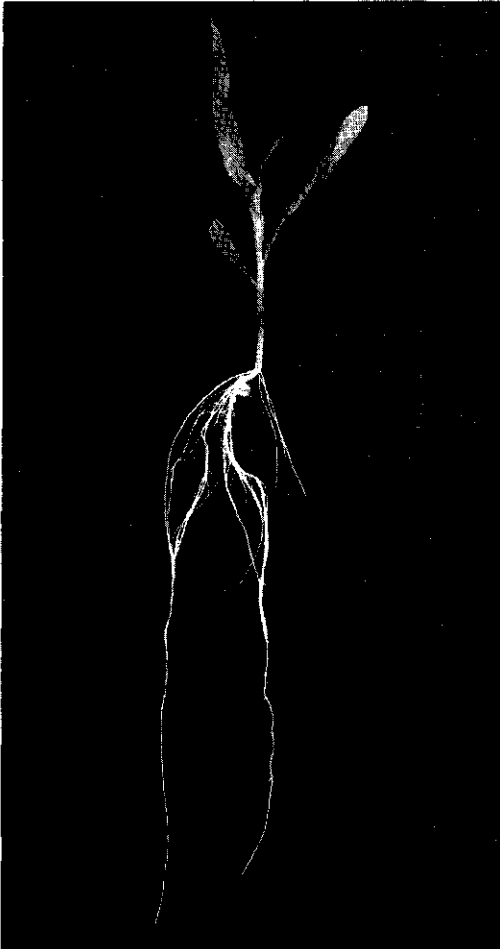
### 2.4 Zaai, kieming en vegetatieve ontwikkeling

Maïs wordt gezaaid in een geringe plantdichtheid van ongeveer 10 planten per m<sup>2</sup>. Toch is er een vrij grote hoeveelheid zaad (circa 35 kg per ha) nodig vanwege het hoge 1000-korrelgewicht (ongeveer 300 g). Dit komt door de grote hoeveelheid endosperm in maïskorrels vergeleken met andere granen. In de korrel is de kiem die tegen het endosperm ligt, aan één kant duidelijk zichtbaar (figuur 8).

Maïs heeft een vrij hoge temperatuur nodig voor de kieming. De kieming verloopt het snelst bij 30–32°C. De meeste rassen kiemen niet bij temperaturen beneden 6–8°C.



*Figuur 8. Maïskorrels van een denttype (links) en een flinttype (rechts). De kiemen zijn zichtbaar onder de zaadhuid.*



*Figuur 9. Kiemplant met kiem- en kroonwortels en twee volgroeide bladeren (stadium 1,5 naar Groot et al.), gekweekt op voedingsoplossing.*

Direct na de opkomst bestaat de plant uit bladschijven en bladscheden en is er nog geen duidelijke groei van de stengel waarneembaar (figuur 9).

De jonge planten zijn na opkomst gevoelig voor lage temperaturen (Miedema, 1982). Dat verklaart de late zaaidatum in vergelijking met veel andere (akkerbouw)gewassen. De optimale zaaidatum ligt op 20 april of zo spoedig mogelijk daarna (tot 5 mei). Bij lage temperaturen die tijdens de eerste ontwikkelingsstadia van maïs in mei kunnen voorkomen worden de bladeren geheel of gedeeltelijk geel, doordat niet of onvoldoende chlorofyl (bladgroen) gevormd wordt. Dat kan er toe leiden dat de eerst gevormde punten van bladeren groen zijn, terwijl later bij lage temperaturen verschijnende delen aan de basis van het blad geel zijn. In mei 1985 was 50% van het bladoppervlak geel geworden en metingen toonden aan dat de assimilatie hierin zeer laag was, terwijl groene bladgedeelten normale assimilatie vertoonden. Na enkele dagen met hogere temperaturen werd het gele blad weer groen. De tijdelijke vermindering van de assimilatie-capaciteit tot 50% en het na-effect ervan zijn een verklarend element voor de trage begingroei van maïs in het voorjaar.

Het achterwege blijven van stengelstrekking in de eerste stadia heeft tot gevolg dat er boven de kroonwortels die daarna gevormd worden een zogenaamde 'knopenstapel'



ontstaat. De stengelstrekking begint na stadium 2 van Groot, als er een viertal bladeren gevormd is. Vanaf het moment van de vorming van kroonwortels neemt de internodiënlenkte tot en met het elfde internodium toe en daarboven af tot aan het laatste internodium dat de manlijke bloeiwijze draagt (figuren 5 en 6).

De lengte van de internodiën is maximaal waar de bladlengte (niet de bladschede) ook maximaal is, maar het laatste internodium is sterk verlengd in een rijp gewas. Het laatste internodium met daarop de pluim is het meest gestrekt waardoor de pluim ongeveer 50 cm boven het bladerdek uitsteekt.

Onder het blad wordt hier uitsluitend de bladschijf verstaan. Een blad wordt geacht aanwezig te zijn na het zichtbaar worden van de scheiding tussen bladschijf en bladschede.

De bladeren verschijnen in een regelmatig tempo. In de vegetatieve fase verschijnt ongeveer elke zes dagen een volgend blad boven de reeds bestaande bladeren. Naar de indeling van Groot et al. (1986) en Hanway (1966) bereikt de plant met elke vier opeenvolgende bladeren een volgend stadium (figuur 7, tabel 2). De bladeren nemen weinig meer in lengte toe na het zichtbaar worden van de scheiding tussen bladschijf en bladschede. De bladeren worden in de regel genummerd in de volgorde waarin ze ontstaan. Het eerstgevormde blad – het onderste in figuur 5 – is ovaal. De volgende bladeren zijn lijnvormig, zitten afwisselend en komen gerold te voorschijn. Het aantal bedraagt bij de Nederlandse snijmaïsrassen 15 of 16, met weinig variatie binnen het ras en tussen de rassen onderling. Mais is een zogenaamde korte-dagplant, d.w.z. dat ze sneller in bloei komt bij korte dagen dan bij lange. Lange dagen vertragen de overgang van de vegetatieve naar de generatieve fase. Daardoor kan het totaal aantal bladeren per plant en de planthoogte positief beïnvloed worden door verlenging van de daglengte tijdens de stadia vóór het ver-

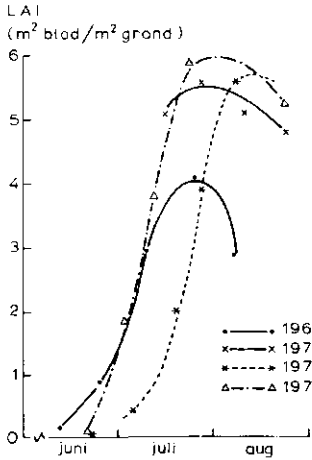
schijnen van het vijfde blad. Een langere dag heeft dus een positieve invloed op het aantal bladeren beneden de uitgroeiende kolf (Hesketh et al., 1969; Struik, 1983b). Later zaaien kan een langer gewas met één of twee bladeren meer tot gevolg hebben. In Nederland zijn de genotypen aan dit gegeven aangepast.

Tijdens het verschijnen van nieuwe bladeren sterven de eerstgevormde af. Om aan te geven welke bladeren in ieder stadium verdwenen zijn, zijn de eerstgevormde bladeren in de figuur 7 wel getekend, maar weer doorgestreept. Dit verdwijnen moet niet absoluut gezien worden, omdat het afsterven onder andere sterk bepaald wordt door de groeiomstandigheden.

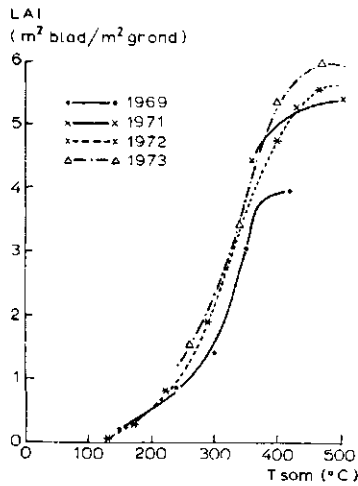
De lengte van de bladeren is maximaal bij het negende of het tiende blad (figuur 6), de maximale breedte wordt aangetroffen bij het elfde of twaalfde blad. Weliswaar zijn het negende en tiende blad absoluut het langst, maar in verhouding tot hun breedte zijn het zesde en zevende blad het langst.

De lengte van de bladscheden vertoont geen overeenkomst met die van de bijbehorende bladschijven. Bij de bladscheden wordt de grootste lengte bij het vijfde blad bereikt. De open bladscheden omsluiten in de generatieve fase de stengel. Bij het negende of tiende blad, waar zich de uitgroeiende kolf bevindt, is de bladschede veelal sterk verkort (figuur 6). De lengte van de bladscheden lijkt beïnvloed te worden door de mate van ontwikkeling van de kolf. Op de plaats waar een fertiele kolf tot ontwikkeling komt is de lengte van de bladscheden iets geringer.

De bladeren met het grootste oppervlak groeien ter hoogte van de bovenste kolf. Het oppervlak van de bladeren die daarboven geplaatst zijn – dat zijn er 6 of 7 – neemt naar boven toe af.



Figuur 10. LAI-waarden in 1969, 1971, 1972 en 1973 in afhankelijkheid van de tijd.

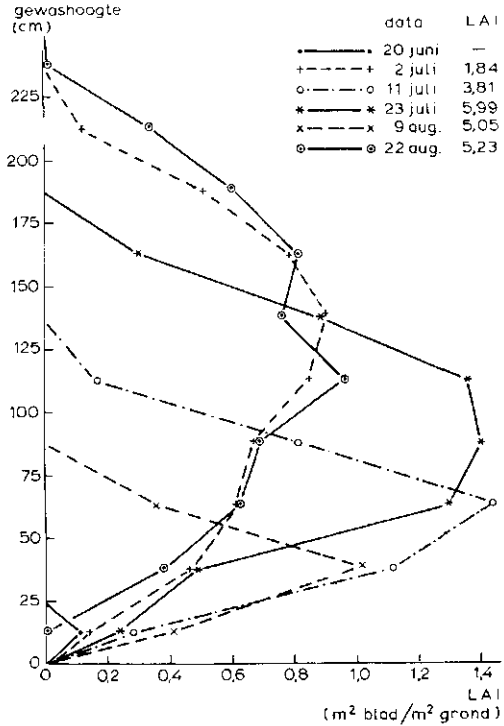


Figuur 11. LAI-waarden in 1969, 1971, 1972 en 1973 in afhankelijkheid van de T-som.

## 2.5 Bebladeringsindex (LAI)

De bebladeringsindex *LAI* (Leaf Area Index) is de verhouding tussen het totale bladoppervlak in  $m^2$  en het grondoppervlak in  $m^2$ . Het duurt in de regel tot enkele weken na de langste dag voordat de *LAI* groter is dan 3 en een gesloten gewasoppervlak is gevormd (figuren 10 en 11).

Vanaf opkomst tot de tijd dat de *LAI* maxi-



Figuur 12. LAI per gewaslaag van 25 cm op 6 tijdstippen.

maal is, treedt er een verandering op in de verdeling van de *LAI* over het in hoogte toenemende gewas (figuur 12).

De toename van de *LAI* manifesteert zich hoofdzakelijk doordat er steeds in de hogere lagen nieuwe bladeren bij gevormd worden.

Doordat de stengelstrekking langer doorgaat dan de vorming van nieuwe bladeren, wordt na het bereiken van het maximum van de *LAI* op ongeveer 23 juli het blad over nog meer lagen verdeeld zonder dat de *LAI* toeneemt. In het laatst van de groeiperiode neemt het bladoppervlak in de onderste lagen af door afsterving. Hieruit blijkt dat bij een gegeven *LAI* de verdeling van de bladeren over de verschillende gewaslagen geen vast gegeven is, maar samenhangt met de ontwikkeling. Het maximum van de *LAI* wordt in alle jaren bereikt bij

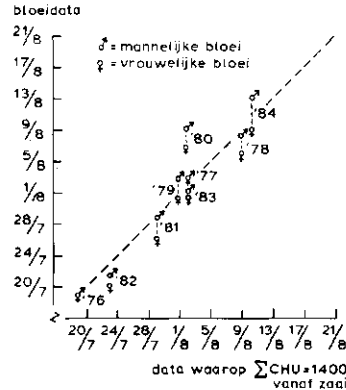
een temperatuursom (T-som) van ongeveer 450 (figuur 11). Na een late voorjaarsontwikkeling valt ook het maximum van de LAI op een later tijdstip, zij het met een geringer verschil. Door de LAI-waarden uit te zetten tegen de berekende T-som vanaf 20 april wordt een latere ontwikkeling door lage temperaturen volledig gecorrigeerd (figuur 11), bij voorbeeld in 1972.

Dat het verschil in het tijdstip of hoogte van het maximum van de LAI samenhangt met de plantdichtheid door een goede of minder goede opkomst is niet aannemelijk. In proeven waarin de standdichtheid varieerde van 5 tot 40 planten per m<sup>2</sup> werden het tijdstip en de hoogte van het maximum van de LAI nauwelijks beïnvloed. De van jaar tot jaar betrekkelijk geringe verschillen in de standdichtheid kunnen daarom geen overwegende invloed hebben op de resultaten (figuur 10).

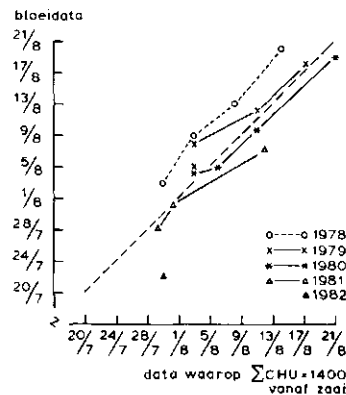
## 2.6 Bloei en de generatieve ontwikkeling

De bloei markeert de overgang van de vegetatieve naar de generatieve fase. De groei van het blad en de stengel is dan voltooid. Vanaf de bloei neemt het drogestofgewicht van de stengels en de bladeren niet meer toe, maar is alle gewichtstoename geconcentreerd in de kolf. Dit betekent dat er bij de bloei een sterke verandering in de drogestof distributie plaatsvindt. Hoewel de daglengte de ontwikkeling beïnvloedt in de zin dat korte dagen de ontwikkeling versnellen is er toch op onze breedtegraad nooit sprake van onvoldoende bloeiïnductie.

Uit gegevens van proefvelden van het RIVRO in de periode 1976–1984 werd de datum afgeleid waarop mannelijke en vrouwelijke bloei aanwezig was bij 50% van de planten (Heusinkveld, pers. mededeling). Vergelijking van de berekende warmtesommen volgens de methode van Brown (1978) op de bloeidata leerde dat het tijdstip waarop maïs bloeit van jaar tot jaar ongeveer drie weken blijkt te kunnen verschillen en

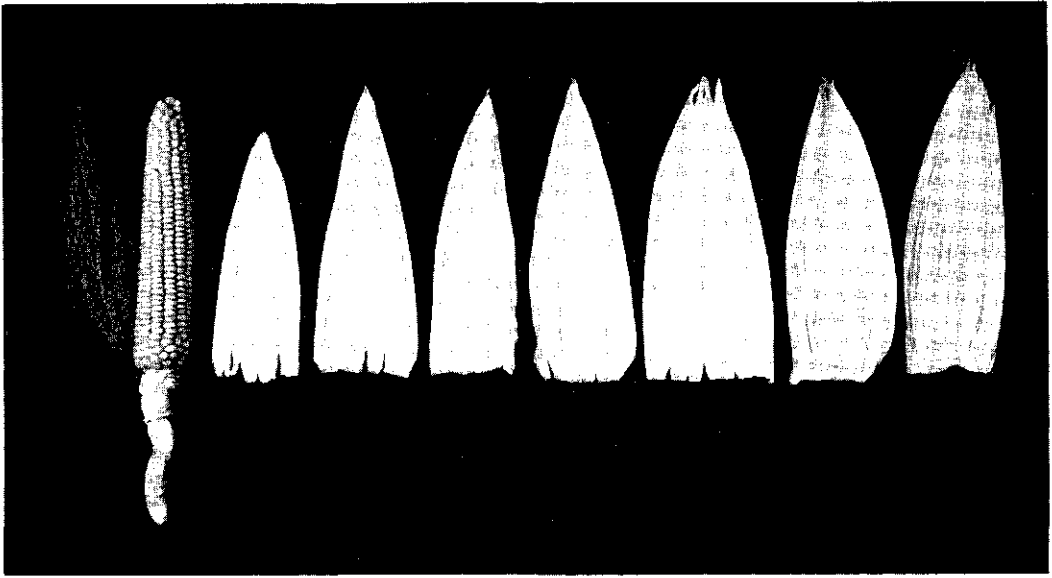


Figuur 13. Bloeidata van mannelijke en vrouwelijke bloemen van het ras LG 11 in proeven van het RIVRO te Wageningen, uitgezet tegen de data waarop 1400 CHU werd bereikt.



Figuur 14. Bloeidata in zaaitijdenproeven van het PAGV te Lelystad, uitgezet tegen de data waarop 1400 CHU werd bereikt.

samen te vallen met de datum waarop de warmtesom CHU=1400 bereikt wordt (figuur 13). Ook het bereiken van deze warmtesom kan van jaar tot jaar ongeveer drie weken verschillen. Later zaaien kan ook een oorzaak zijn voor een latere datum voor het bereiken van de vereiste warmtesom, bij voorbeeld in proeven van het PAGV (figuur 14). Uit de figuur blijkt dat in beide gevallen een constante relatie bestaat tussen het tijdstip van bloei en het bereiken van de warmtesom, gezien de geringe afwijking van de 45°-lijn.



In het extreem warme jaar 1976 werd 1400 CHU bereikt op 19 juli en bloeide maïs ook op die datum. In het extreem koude jaar 1984 daarentegen werd de waarde 1400 CHU pas drie weken later op 10 augustus bereikt. De maïs bloeide in dat jaar op 9 augustus, ook drie weken later. De bloeidata voor de andere jaren liggen er tussen in met in 1980 de grootste afwijking van vijf dagen.

Het in figuur 13 gemaakte onderscheid tussen mannelijke en vrouwelijke bloei toont in het algemeen een geringe voorsprong in de tijd van de vrouwelijke bloei. Bij elk puntenpaar is het jaar vermeld, zodat voor de jaren 1976–1984 de bloei van maïs voor Midden-Nederland te reconstrueren is.

De vrouwelijke bloei die vaak een paar dagen eerder begint dan de mannelijke (figuur 13) is te herkennen aan het tevoorschijnkomen van de stempels aan de vrouwelijke bloeiwijzen (figuur 15).

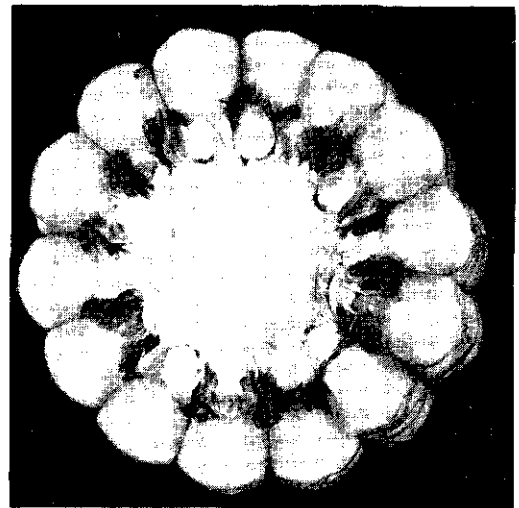
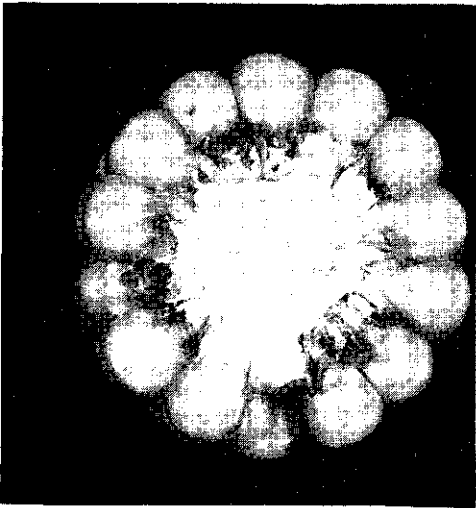
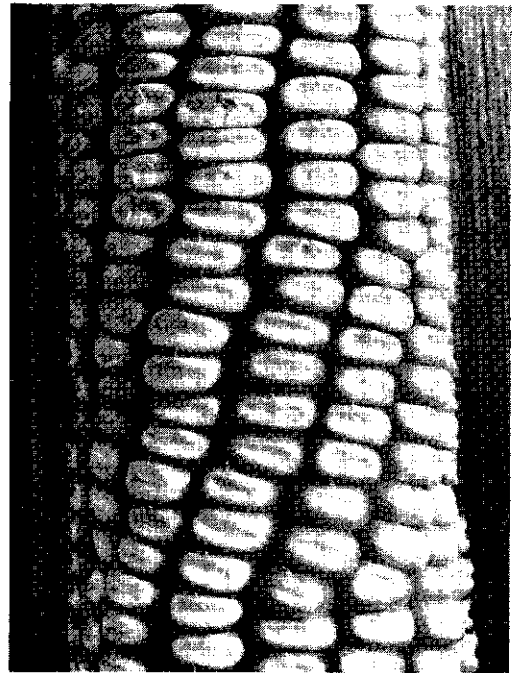
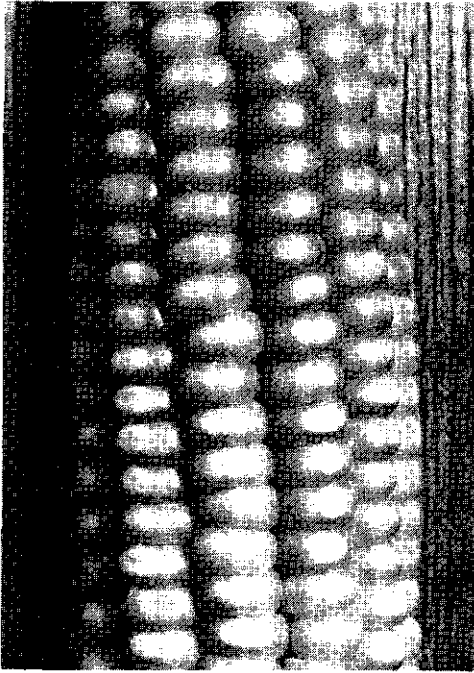
De vrouwelijke bloeiwijze (de kolf) bevindt zich op een korte steel – het is eigenlijk een kortgesteelde zijas van de hoofdstengel – in de oksel van de bijbehorende bladschede en bestaat uit een spil die bezet is met korrels. Op de spil bevinden zich evenwijdig

*Figuur 15. Kolf (links) en van links naar rechts binnenste en buitenste schutbladeren. Onder de kolf de zij-as waarmee de kolf aan de stengel bevestigd is en aan de kolf de stempeldraden die kort voor de bloei zichtbaar worden (stadium 5 Groot et. al., 1986).*

aan de lengte-as een even aantal rijen korrels (figuur 16).

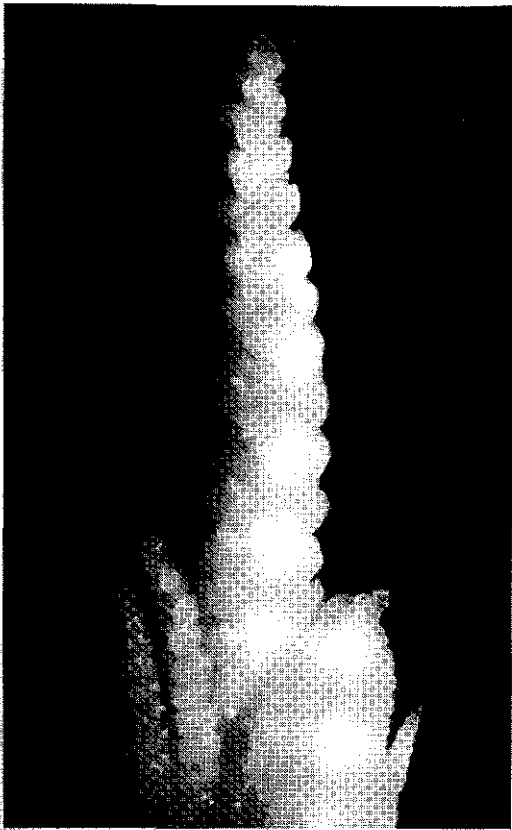
Het aantal rijen varieert iets, afhankelijk van de omstandigheden tijdens de aanleg van de kolf (Duncan, 1975). Naast de lengte is het aantal rijen bepalend voor de grootte van de kolf. Het aantal rijen bedraagt bij de huidige snijmaïsrassen maximaal 14–16. De kolf is omgeven door een aantal schutbladeren. In het algemeen ontwikkelt zich in de schede van het negende of tiende blad een fertiele kolf. Dit is op een hoogte van circa 150 cm boven het maaiveld. Dit verschilt wel per ras. De lager aan de stengel bevestigde kolven komen in een normale monocultuur met ongeveer 10 planten per m<sup>2</sup> niet tot ontwikkeling.

De mannelijke bloei is herkenbaar aan het zichtbaar worden van de meeldraden op de mannelijke bloeiwijzen. De mannelijke bloeiwijze (de pluim) vormt het uiteinde van de stengel. Figuur 17 geeft de pluim



*Figuur 16. Kolven van het dent- en flinttype die tonen hoe de korrels in evenwijdige rijen aan de kolf bevestigd zijn. Links detail van een kolf van het flinttype en rechts van het denttype dat geken-*

*merkt wordt door de typische indeukingen. Op de dwarsdoorsneden is te zien hoe de korrels in een even aantal rijen op de spil staan bij zowel flint- als denttype.*



*Figuur 17. Pluim in stadium 3 van Groot et al. (1986), vergroot.*

weer in stadium 3.

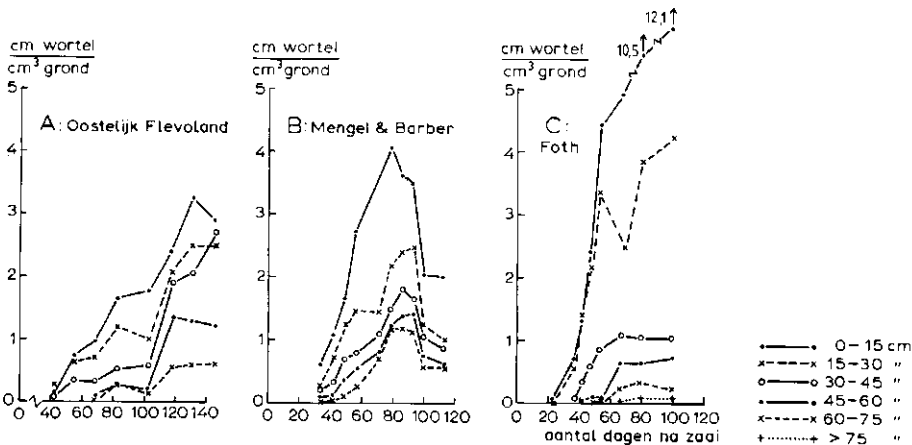
De pluim sterft kort na de bloei af (Struik, 1983c). In dit orgaan is uit een oogpunt van produktie een verwaarloosbaar kleine hoeveelheid droge stof geïnvesteerd.

Na de bloei is de ontwikkeling van de kolf een duidelijker criterium voor de ontwikkeling dan het aantal bladeren, omdat er in dat deel van de groeiperiode geen bladeren meer verschijnen en in de kolf de grootste veranderingen plaatsvinden.

## 2.7 Beworteling, specifieke wortellengte en spruit/wortel-verhouding

Onder bewortelingsintensiteit, of kortweg beworteling, wordt de totale lengte aan wortels per volume-eenheid grond verstaan. De beworteling is in de laag 0–15 cm het grootst en neemt af naar de diepere lagen (figuur 18). Overigens heeft onderzoek tot uiteenlopende conclusies over de beworteling geleid.

Figuur 18 geeft gegevens uit Oostelijk Flevoland, de resultaten van Mengel & Barber (1974b) en van Foth (1962) weer. Bij de gegevens van Mengel & Barber (1974b) is de aanvang van de beworteling in de dieper gelegen lagen minder duidelijk te onderscheiden. Terwille van de overzichtelijkheid en de vergelijkbaarheid van de gegevens van het CABO (figuur 18A) met gegevens uit andere bronnen is de beworteling gegeven in lagen van 15 cm over een diepte van 75 cm vanaf 40 dagen na de zaaidatum (20 april). De resultaten in Oostelijk Flevoland en van Mengel & Barber komen in zoverre met elkaar overeen dat ze in dezelfde orde van grootte liggen, maar in Oostelijk Flevoland werd meer dan 100 dagen een toename waargenomen, terwijl bij Mengel & Barber (1974a en b) na 80–90 dagen een duidelijke vermindering van de worteldichtheid waarneembaar werd (figuur 18A en 18B). Dit kan deels worden toegeschreven aan het feit dat de ontwikkeling van maïs bij hogere temperaturen sneller verloopt. De door Mengel & Barber waargenomen en in figuur 18B weergegeven afname werd door hen echter in het voorafgaande jaar niet gevonden. In Oostelijk Flevoland werd 60–80 dagen na zaai een tijdelijke stagnatie in de worteltoename gemeten die samenviel met een droogteperiode. Droogte zou in de resultaten van Mengel & Barber, gegeven het landklimaat en de ligging op 40°NB in Indiana (VS), een oorzaak kunnen zijn van verminderde groei, versnelde afsterving, of beide.



**Figuur 18.** Worteldichtheden in grondlagen van 15 cm:

- A. in 1971 op kleigrond in Oostelijk Flevoland;  
 B. beschreven door Mengel & Barber (1974);  
 C. berekend naar gegevens van Foth (1962).

De hoge waarden in de lagen 0–15 cm en 15–30 cm in de gegevens van Foth (1962) zijn niet in overeenstemming met de gegevens in figuur 18A en 18B, maar ook niet met de beworteling in de diepere lagen van figuur 18C, zodat het aannemelijk lijkt dat de waarden in figuur 18C voor de twee bovenste lagen een overschatting zijn van de werkelijkheid. Dit geldt vooral voor de laag 0–15 cm waarin meer dan 10 cm wortels per  $\text{cm}^3$  grond werd berekend. Robertson et al. (1980) vonden op zandgrond maximaal 7 cm per  $\text{cm}^3$  in de laag 0–15 cm.

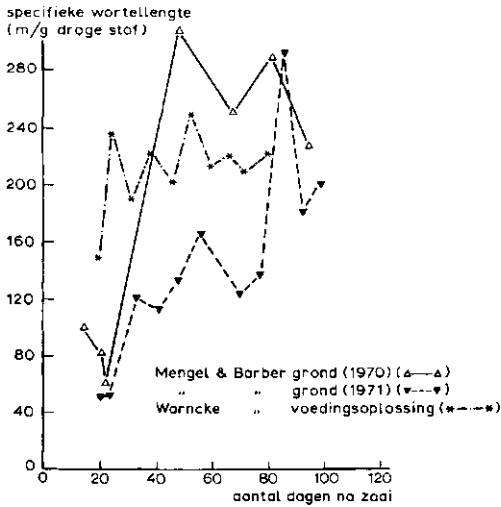
Wel dient hierbij vermeld te worden dat Taylor et al. (1970) in een rizotron aantoonde dat aan het eind van de groeiperiode een dichtheid van meer dan 10 cm wortels per  $\text{cm}^3$  grond kan voorkomen. Gunstige omstandigheden in het rizotron kunnen daar aan hebben bijgedragen. Door Taylor et al. (1970) werd geen afname in de hoeveelheid wortels waargenomen. Dit kan worden toegeschreven aan de veel gunstiger groeivoorwaarden voor de wortels in een rizotron waarin de ruimte voor de wortels meer dan het tienvoudige van normaal was. Onder de specifieke wortellengte wordt ver-

staan: de wortellengte per gram droge stof in de wortels. Als vuistregel kan aangenomen worden dat een gram verse (vochtige) wortels van een gewas op gronden met normale weerstand een lengte heeft van ongeveer 14 meter. Omdat groeiende wortels in de regel 7% droge stof bevatten (B.W. Veen, persoonlijke mededeling) komt dit overeen met een specifieke wortellengte van 200 meter per gram droge stof.

Tijdens de toename van de beworteling neemt de specifieke wortellengte toe door de vertakking van de wortels.

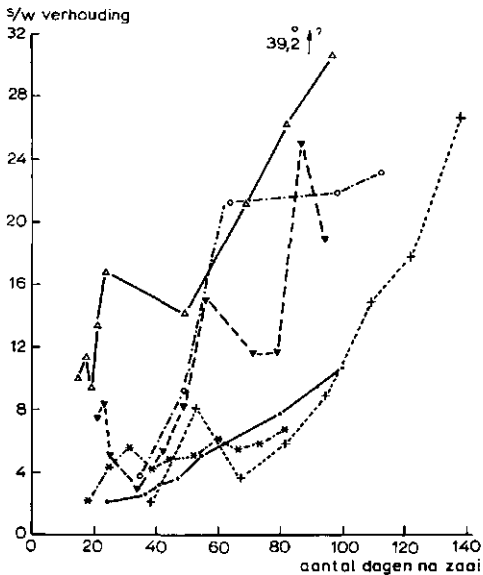
Figuur 19 geeft de specifieke wortellengten zoals die zijn afgeleid uit gegevens van Mengel & Barber (1974b) onder aanname dat het percentage droge stof 7% was, alsmede uit omgerekende gegevens van Warncke & Barber (1974) van maïs op een voedingsoplossing. De grotere lengte op voedingsoplossing na ongeveer 20 dagen is een gevolg van de verdere ontwikkeling van het wortelstelsel. Bij Warncke & Barber (1974) was er na 20 dagen 24 meter per plant aanwezig, terwijl dit bij Mengel & Barber (1974) nog slechts 4 meter per plant was.

De specifieke wortellengte neemt toe met het ouder worden van het wortelstelsel doordat de wortels zich vertakken en gemiddeld dunner worden. Aan het einde van de groeiperiode is de specifieke wortellengte



**Figuur 19.** Specifieke wortellengte in grond en voedingsoplossing berekend uit gegevens van verschillende auteurs.

Oostelijk Flevoland o—o 1971  
Foth — 1960  
Bodlaender +—+ 1970  
Mengel & Barber ▲—▲ 1970  
" " ▼—▼ 1971  
Warncke & Barber x—x 1971



**Figuur 20.** Spruit/wortel-verhouding in 1971 in Flevoland en schattingen uit gegevens van andere auteurs.

ongeveer 240 meter per gram droge stof. Deze gegevens lijken bruikbaar voor de omrekening van de hoeveelheden droge stof naar wortellengten en andersom.

Wanneer de hoeveelheid droge stof in de wortels en de bovengrondse delen van Oostelijk Flevoland en van Mengel & Barber (1974b) in spruit/wortel-verhoudingen worden uitgedrukt, resulteert dit in hoge verhoudingen (figuur 20).

Dit wijst erop dat de totale wortelhoeveelheden vermoedelijk onderschat werden, doordat alleen de lengte van de nieuw gevormde wortels werd gemeten. Bodlaender (persoonlijke mededeling) vond in het veld 120 dagen na zaai in 1970 ook zulke hoge spruit/wortel-verhoudingen. Verschillen in temperatuur en stikstofvoorziening zouden ook invloed kunnen hebben op deze spruit/wortel-verhoudingen, omdat hoge temperatuur en een ruime stikstofvoorziening de spruit/wortel-verhouding vergroten. Warncke & Barber (1974) toonden tijdens de groeiperiode een toename aan in deze verhouding van 2 naar 7 voor maïs gekweekt op een voedingsoplossing, wanneer alle wortels gewogen werden (figuur 20). De gegevens van Foth (1962) die de spruit/wortel-verhoudingen in het veld bepaalde, komen hier redelijk mee overeen.



# 3 De groei van het gewas

## 3.1 Zonlicht als bron en oorzaak van groei

Planten zijn in staat om met zonlicht koolzuur en water te binden en om te zetten in koolhydraten (waaronder suikers). Dit proces heet fotosynthese of (koolzuur)assimilatie. Om een cultuurgewas optimaal te laten groeien moet gezorgd worden voor een maximale benutting van het zonlicht. Dit wordt nagestreefd door te zorgen dat de bodem van het veld zo lang mogelijk bedekt wordt met een gezond, groen gewasoppervlak.

Zolang de grond niet volledig bedekt is, wordt de groeisnelheid, uitgedrukt in kg droge stof per ha per dag, ongeveer evenredig groter met de bedekkingsgraad. De totale opbrengst uitgedrukt in kg droge stof per ha neemt niet alleen evenredig met de groeisnelheid toe, maar is ook afhankelijk van de duur dat een gewas de grond bedekt. Toch wordt niet altijd gekozen voor een gewas met een zo lang mogelijke groeiperiode. Dit heeft te maken met verschillen zoals voedingswaarde en smakelijkheid. Zo levert snijmaïs een hoge opbrengst aan voederwaarde voor het vee, maar is vrijwel ongeschikt voor menselijke consumptie. Anderzijds is de opbrengst van suikermaïs uitgedrukt in kg droge stof per ha lager, omdat alleen de kolven en de kwaliteit daarvan (suikergehalte) meetellen.

## 3.2 Bebladering, lichtonderschepping en fotosynthese (assimilatie)

Het tijdstip van het begin van de groei is niet in alle jaren gelijk. Zo was het gewas in



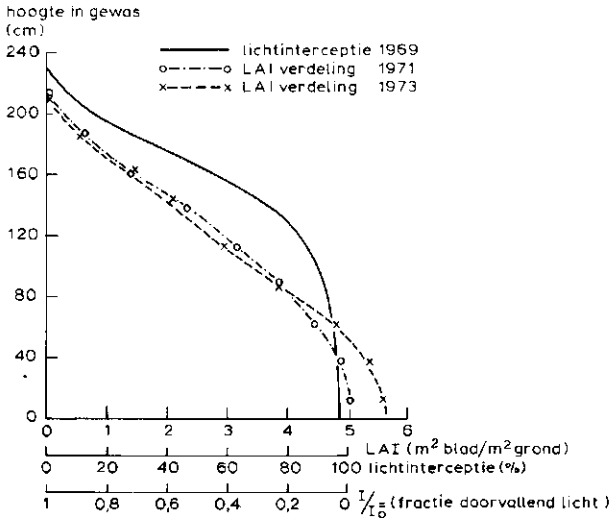
*Figuur 21. Bladerdek van onderaf gezien. De verschillen in donkertint zijn het gevolg van het aantal bovenliggende bladlagen.*

1976 ruim 20 dagen vroeger dan in het extreem late jaar 1972 bij gelijke zaaidatum (20 april). Na kieming en opkomst van de maïs in het voorjaar is eerst vooral het geringe bladoppervlak een beperking voor de fotosynthese en groeisnelheid: het jonge gewas kan nog niet alle zonlicht onderscheppen.

Als het gewas de grond geheel bedekt, wordt de hoeveelheid zonlicht die het gewas bereikt ( $I_0$ ) van boven naar beneden voor een gedeelte geabsorbeerd door elke bladlaag en zo uitgedoofd door de lagen van bladeren (figuur 21).

Volgens De Wit (1965) kan voor elke gewaslaag de fractie doorvallend licht beschreven worden door:

$$I/I_0 = e^{-k \times LAI}$$



Figuur 22. LAI op 27 juli 1971 en op 9 augustus 1973 van boven naar beneden en de lichtinterceptie op verschillende hoogte.

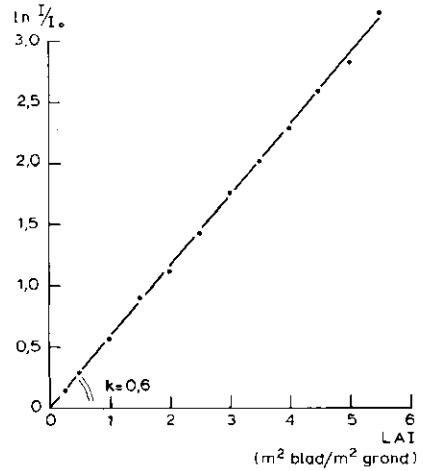
waarin:  $I/I_0$  = fractie doorvallend zonlicht van het in verticale richting op het gewas vallende licht (dimensieloos);  $k$  = uitdovings- of extinctiecoëfficiënt (dimensieloos);  $LAI$  = bebladeringsindex van de gewaslaag, die  $(I_0 - I)$  absorbeert (dimensieloos).

Figuur 22 berust op metingen van de  $LAI$  en lichtonderschepping door het gewas op verschillende hoogten (40 cm, 80 cm, enz.) boven de grond. Dat de doorgelaten hoeveelheid zonlicht dicht bij de grond kleiner wordt, is af te lezen aan de toename van de lichtinterceptie in procenten van het totaal op het gewas vallende licht en aan de afname van  $I/I_0$ . De lichtinterceptie is gelijk aan  $(1 - I/I_0) \times 100$ .

Voor een schatting en evaluatie van de extinctiecoëfficiënt  $k$  kan gebruik gemaakt worden van de logaritmische vorm van dezelfde formule (figuur 23):

$$\ln(I/I_0) = -k \times LAI$$

Uit de helling van de lijn (het differentiaalquotiënt) volgt de waarde van  $k$ . Aangezien het verband tussen  $\ln(I/I_0)$  en de  $LAI$  on-



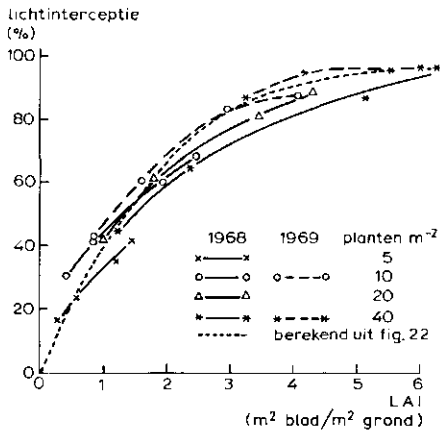
Figuur 23. Relatie tussen de LAI op verschillende hoogten in het gewas en de natuurlijke logaritme van  $I/I_0$  resulterend in een uitdovingscoëfficiënt  $k = 0,6$ .

geveer lineair blijkt te zijn, is  $k$  voor alle gewaslagen ongeveer even groot:

$$k = 0,6 \text{ (voor een 'gesloten' maïsgewas)}$$

Wanneer de  $LAI$ -waarden groter dan 3 worden, neemt de lichtinterceptie weinig meer toe. De lichtinterceptie door een maïsgewas bereikt nooit 100% en ligt maximaal in de orde van grootte van 95%.

Het geabsorbeerde licht is een vorm van energie die gedeeltelijk gebruikt wordt voor de chemische reactie waarbij water (uit de bodem) en koolzuur (uit de lucht) worden gesynthetiseerd tot koolhydraten. Voor deze fotosynthese is relatief veel energie per gram gevormde droge stof nodig. De koolhydraten – het produkt van de assimilatie – kunnen verder omgezet worden in andere (organische) stoffen, maar de hoeveelheid vastgelegde energie per gram biomassa (droge stof) verandert daarbij weinig in verhouding tot de energie die door het fotosyntheseproces wordt vastgelegd. Daarom kan de totale hoeveelheid droge stof zowel uitgedrukt worden in massa als in vastgelegde zonne-energie, uitgedrukt in MJ (1 Mega-



*Figuur 24. Lichtinterceptie in 1968 en 1969 in afhankelijkheid van de LAI, verschillend door leeftijd van het gewas, standdichtheid en hoogten in het gewas.*

Joule =  $10^6$  Joule).

De fotosynthese vindt bij maïs hoofdzakelijk in het blad plaats. Wanneer de stengel en de bladscheden die de stengel omsluiten fotosynthetisch actief zouden zijn, zouden deze onderdelen ook aanzienlijk aan de totale fotosynthese kunnen bijdragen, omdat het totale oppervlak van de stengels overeenkomt met circa 1 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> bodem. Metingen van de fotosynthese van het stengeloppervlak zijn niet bekend. Analyses die met simulatiemodellen werden uitgevoerd, toonden weinig effect van de fotosynthese in bladscheden op de groeisnelheid.

Maïs is een zogenaamd C<sub>4</sub>-gewas en heeft als bijzondere eigenschap dat het hoge lichtintensiteiten nog efficiënt kan gebruiken. Alle andere landbouwgewassen uit de gematigde gebieden zijn zogenaamde C<sub>3</sub>-gewassen die de eigenschap hebben dat bij hoge lichtintensiteiten lichtverzadiging optreedt.

De standdichtheid en leeftijd van het gewas hebben weinig invloed op de relatie tussen de LAI en de lichtinterceptie, wat blijkt uit de geringe hoogteverschillen tussen de lijnen die de verschillende standdichtheden (plantverbanden) en leeftijden weergeven in figuur 24.



*Figuur 25. Lichtdoorval door het bladerdek als de LAI maximaal is. De lichte plekken op de grond tussen de rijen tonen dat zelfs bij een volledig uitgegroeid bladerdek de lichtinterceptie nooit 100% is.*

In deze figuur is het verband tussen lichtinterceptie en LAI op twee manieren verkregen:

- in het eerste geval is het verband gemeten bij verschillende standdichtheden in groeiende gewassen;
- in het tweede geval is het verband berekend uit metingen op verschillende hoogten in een volgroeid gewas.

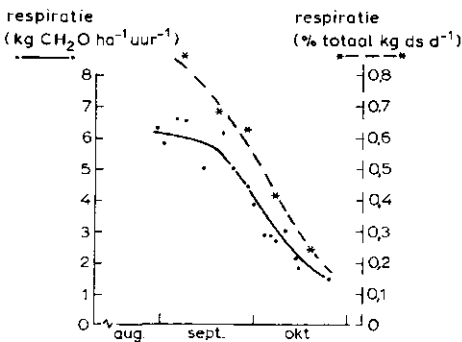
Er blijkt een goede overeenstemming te bestaan tussen beide benaderingen.

In figuur 22 is de relatieve hoeveelheid onderschept licht tijdens de bloei weergegeven, samen met de LAI-waarden in de jaren 1971 en 1973. De curve voor de lichtinterceptie is meer S-vormig dan die voor de LAI-waarden. De gewaslagen boven 130 cm onderscheppen meer licht dan in evenredigheid met de LAI-waarden te verwachten zou zijn en de oudere bladeren en de stengels minder dan evenredig met de LAI-waarden. Met andere woorden: de bladeren in de gewaslagen boven 130 cm onderscheppen het grootste deel van het daglicht (figuur 25).

### 3.3 Onderhoudsrespiratie

Als een gewas aan het zonlicht is blootgesteld vindt er onder normale omstandigheden vastlegging van energie plaats. Deze totale vastlegging van energie wordt de bruto-fotosynthese genoemd. Gelijktijdig wordt een deel van deze energie verademd. Dit wordt respiratie genoemd. De totale respiratie tijdens belichting van het gewas (de zogenaamde fotorespiratie) is groter dan de respiratie die enkele uren na zonsopgang bereikt wordt (de zogenaamde onderhoudsrespiratie). De ademhalingsnelheid van een gewas hangt bovendien samen met de leeftijd, de hoeveelheid en de samenstelling van het materiaal die op het veld aanwezig is.

Voor zover bekend ontbreken waarden voor de onderhoudsrespiratie van een volwassen maïsgewas. Voor een jong gewas zijn waarden gevonden van 0,50–0,75% per dag van de drogestofmassa. Laboratoriummetingen door het CABO wijzen op een onderhoudsrespiratie voor een volwassen gewas van 0,25% per dag van de drogestofmassa. Dit is slechts de helft tot een derde van de waarden die voor een jong gewas gevonden worden. Door Louwerse & Van Kleef (CABO)



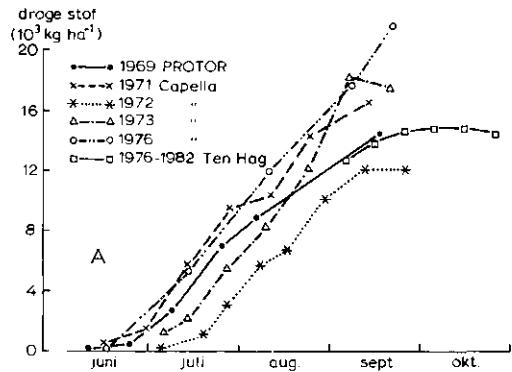
Figuur 26. Totale respiratie van een maïsgewas in  $\text{kg CH}_2\text{O}$  per ha per uur en per dag als percentage van het totale drogestofgewicht bij  $20^\circ\text{C}$ . De linker Y-as vermeldt de totale respiratie in  $\text{kg CH}_2\text{O}$  per ha per uur en de rechter Y-as de respiratie als percentage van de drogestofmassa per dag.

zijn in 1983 respiatiemetingen gedaan in een maïsgewas bij  $20^\circ\text{C}$  (figuur 26). Aangenomen wordt dat de helft van de gemeten totale respiratie onderhoudsrespiratie is.

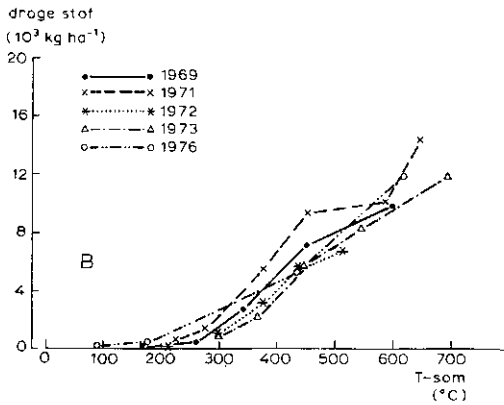
### 3.4 Groeisnelheid en toename van de droge stof in de spruit

Figuur 27 geeft de hoeveelheid droge stof gedurende de groeiperiode op een aantal proefvelden in de jaren 1969 tot en met 1976. Ter vergelijking van de hoeveelheid en als indicatie voor een te verwachten verder verloop bij latere oogstdata, werd een gemiddelde curve van proeven van Ten Hag toegevoegd.

Ook bij een goede verzorging van het gewas blijkt dat zowel op een bepaald tijdstip van de groei als in de jaarlijkse eindopbrengst grote verschillen kunnen voorkomen. In 1976 was de toename van de droge stof over 96 dagen van 19 juni tot 21 september 21 400  $\text{kg}$  per ha, wat overeenkomt met een groeisnelheid van 220  $\text{kg}$  per ha per dag. In 1972 was de groeisnelheid van 19 juli tot 12 september 200  $\text{kg}$  droge stof per ha per dag, een verschil van 10% in groeisnelheid in vergelijking met 1976. Het jaar 1971 kan



Figuur 27. Droge stof in  $\text{kg}$  per ha in 1969 bij Veghel, in 1971, 1972 en 1973 in Oostelijk Flevoland en in 1976 bij Wageningen in vergelijking met het gemiddelde van 23 proeven van Ten Hag (PAGV, persoonlijke mededeling) uitgezet tegen de tijd.



Figuur 28. Droge stof in kg per ha in 1969 bij Veghel, in 1971, 1972 en 1973 in Oostelijk Flevoland en in 1976 bij Wageningen in afhankelijkheid van de gemiddelde dagtemperatuur met 10°C als basistemperatuur, gesommeerd vanaf 20 april.

wat betreft de toename van de droge stof als een redelijk gemiddeld jaar worden beschouwd (figuur 27).

In figuur 28 zijn de hoeveelheden droge stof uitgezet in afhankelijkheid van de temperatuursom (T-som). De opbrengstlijnen zijn

hierdoor dichter bijeengekomen waaruit volgt dat de temperatuur in het eerste deel van de groeiperiode een belangrijke factor is voor de vorming van droge stof. Dit is in overeenstemming met gegevens van Struik (1983a) en van Bunting (1976), die tot de conclusie kwam dat in Engeland de T-som een betere relatie geeft met de toename van de droge stof dan het aantal kalenderdagen.

De totale opbrengst was in 1972 ongeveer 12 ton per ha en in 1976 ongeveer 22 ton per ha. Dit grote verschil kan niet het gevolg zijn van verschil in groeisnelheid en moet dus worden toegeschreven aan de vroegheid van het gewas, d.w.z. het tijdstip waarop een gesloten gewas op het veld aanwezig is. Met andere woorden: een laat begin van de groei in het voorjaar leidt tot een lagere drogestofopbrengst.

Het gemiddeld verloop van de drogestofmassa aan het eind van de groeiperiode vastgesteld door Ten Hag geeft aan dat de drogestofmassa maximaal is in de eerste decade van oktober.

## 4 Distributie en opslag van de droge stof over de organen

### 4.1 Specifiek bladgewicht

De bladdikte, of beter gesteld de droge stof die per eenheid van bladoppervlak is geïnvesteerd, wordt op twee manieren uitgedrukt:

- als de *SLW* (Specific Leaf Weight), dit is de droge stof uitgedrukt in gram droge stof per m<sup>2</sup> blad;
- als de *SLA* (Specific Leaf Area), dit is de bladoppervlakte uitgedrukt in dm<sup>2</sup> blad per gram droge stof.

Behaeghe et al. (1982) hebben de relatie van de *SLA* met de *LAI*, de groei van de onderdelen en het totaal gegeven. Hier wordt het specifieke bladgewicht (*SLW*), de omgekeerde waarde van de *SLA*, gehanteerd.

In de figuren 29, 30 en 31 is af te lezen dat de bladdikte toeneemt in de tijd. In de figuren 29 en 30 is dat een gevolg van gewichtstoename van de bestaande bladeren en het erbij komen van de dikkere bladeren in de bovenste gewaslagen.

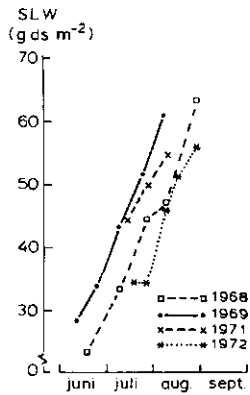
Figuur 29 geeft het specifieke bladgewicht (*SLW*) weer gemiddeld over alle aanwezige bladeren op achtereenvolgende tijdstippen. In 1968 en 1972 ontwikkelde de maïs zich laat door lage voorjaarstemperaturen, in tegenstelling tot 1969 en 1971 (figuur 27). Voor welk deel het verschil in specifiek bladgewicht op een zelfde datum moet worden toegeschreven aan verschil in fysiologische ouderdom van het gewas of aan andere oorzaken is uit deze gegevens niet af te leiden.

Figuur 30 toont de toename van het specifiek bladgewicht tijdens het groeiseizoen bij extreme standdichtheden. Ter wille van de overzichtelijkheid werden de resultaten van

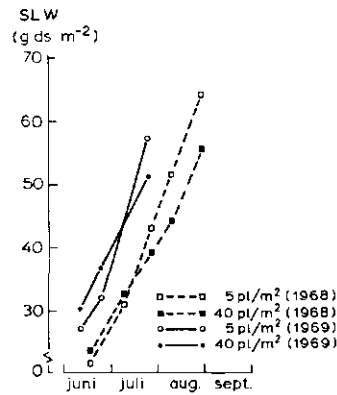
de tussenliggende standdichtheden niet in figuur 30 vermeld. Zowel in 1968 als 1969 was er sprake van een interactie tussen de bladgewichten en de standdichtheden van 5 en 40 planten per m<sup>2</sup>. Het blad was bij een standdichtheid van 40 planten per m<sup>2</sup> aanvankelijk iets zwaarder, waarschijnlijk door een vlottere voorjaarsontwikkeling door een wat gunstiger microklimaat. Aan het eind van de periode van de bladgroei daarentegen is het blad iets dunner door meer onderlinge beschaduwing. Gezien de extreme standdichtheden zijn de verschillen niet groot. Het is duidelijk dat geringere verschillen in standdichtheid door onder meer kiemkrachtverschillen nauwelijks consequenties kunnen hebben voor het specifieke bladgewicht. Duidelijk is ook, dat de later ontstane bladeren dikker zijn dan de eerstgevormde.

De bladeren onderin het gewas zijn anders gevormd dan de later ontstane bladeren (figuur 31). Ter wille van de overzichtelijkheid werden de bladgewichten om de andere bladlaag van 25 cm in figuur 31 weggelaten. Vooral de bovenste bladeren nemen bovendien sneller toe in specifiek bladgewicht. Dit is waarschijnlijk mede het gevolg van geringere onderlinge beschaduwing. Hierdoor bevatten de bovenste bladeren aan het eind van de groeiperiode anderhalf maal zoveel gram droge stof per vierkante meter als de onderste.

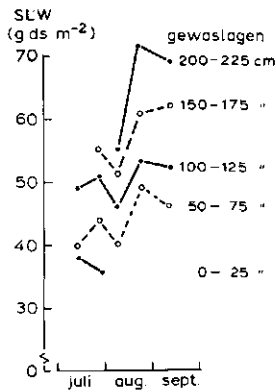
Figuur 32 toont dat de invloed van N-giften op het specifiek bladgewicht minimaal is. Ondanks een toename van 1600 naar 3100 kg droge stof per ha door meer stikstof, veranderde het specifiek bladgewicht nauwelijks.



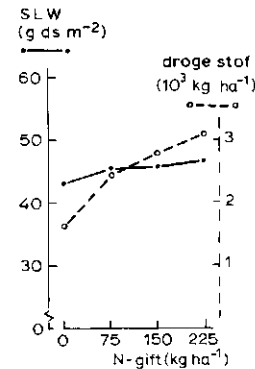
Figuur 29. Specifiek bladgewicht (SLW) (g ds per m<sup>2</sup> blad) in 1968, 1969, 1971 en 1972.



Figuur 30. Specifiek bladgewicht (SLW) bij 5 en 40 planten per m<sup>2</sup> in 1968 en in 1969.



Figuur 31. Specifiek bladgewicht (SLW) op verschillende hoogten in het gewas.



Figuur 32. Specifiek bladgewicht (SLW) en het bijbehorend gewasgewicht bij verschillende N-giften.

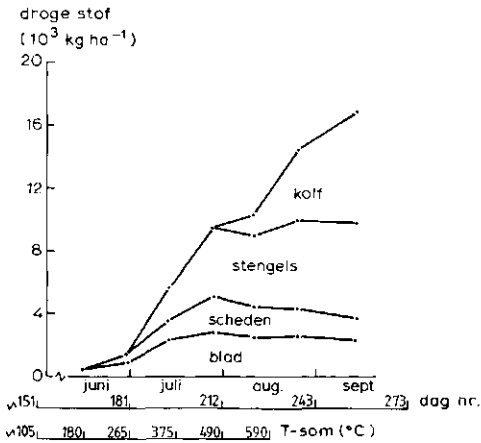
#### 4.2 Verdeling van de droge stof tijdens de vegetatieve ontwikkeling

Tijdens de groei treedt er verandering op in de distributie van de droge stof over de organen. Figuur 33 geeft weer hoe dit in 1971 verliep en figuur 34 hoe dit in het algemeen verloopt. Vergelijking van figuur 33 met figuur 34 leidt tot de conclusie dat de drogestof distributie in 1971 zich vroeg in de tijd wijzigde en iets voorop liep bij het gemiddelde. Tot juli werd vrijwel alle droge stof van de spruit in de bladeren geïnvesteerd en waren er, hoewel in principe aanwezig, nog geen stengels te onderschei-

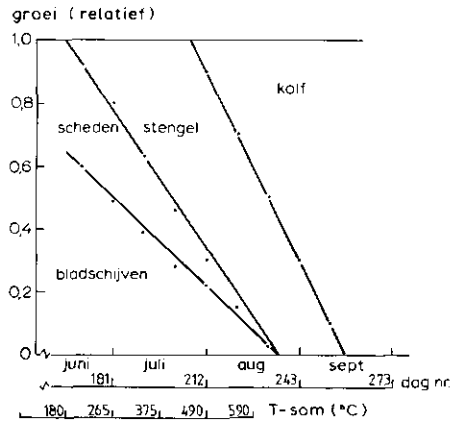
den. Pas vanaf ongeveer 1 juli – in stadium 3.00 van Groot – begint de hoeveelheid droge stof in de stengel merkbaar toe te nemen.

Bij de meting in de tweede decade van juli werden ook de stengels meegeteld, terwijl vanaf de vierde waarneming kolven inclusief schutbladeren aanwezig waren. De groei van de stengels is aanvankelijk zo gering, dat in mei en juni vrijwel alle droge stof geïnvesteerd wordt in de bladschijven en de bladscheden, in juli grotendeels in de stengels en vanaf de eerste decade van augustus in de kolven.

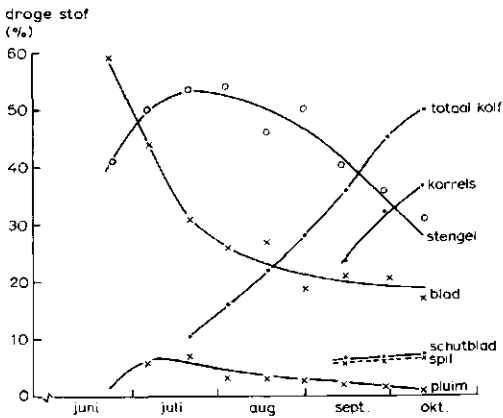
Volgens figuur 33 eindigde in 1971 de groei



Figuur 33. *Patroon van de drogestofverdeling over de organen, uitgezet tegen de tijd, dagnummers en de gemiddelde temperatuursom. Terwille van de volledigheid is de dagnummering aan het eind van elke maand gegeven en de T-som gemiddeld per halve maand over de jaren 1969, 1970, 1971, 1972 en 1976.*



Figuur 34. *Relatieve verdeling van de groei over de organen, uitgezet tegen de tijd, dagnummers en de gemiddelde temperatuursom. De groei van elk orgaan is uitgedrukt als een fractie van de totale groei in de periode tussen twee waarnemingen (punten). Voor de berekening van de lijnen werd een gemiddelde genomen van de gegevens, verkregen in de jaren 1968, 1969, 1971, 1972 en 1973. Terwille van volledigheid is de dagnummering aan het eind van elke maand en de T-som gemiddeld per halve maand over de jaren 1969, 1970, 1971, 1972 en 1976 gegeven.*



Figuur 35. *Droge stof in de organen als percentages van het totaal drogestofgewicht tijdens de groei-periode.*

van bladschijven en bladscheden in de laatste decade van juli, terwijl figuur 34 aangeeft dat een deel van de gevormde droge stof – zij het voor een gering deel – tot de derde decade van augustus over deze organen verdeeld wordt.

Door Bodlaender (persoonlijke mededeling) werd in 1970 de groei van een maïsgewas geanalyseerd. Met die gegevens werd in figuur 35 de onderlinge samenhang van de

onderdelen ten opzichte van de totale hoeveelheid droge stof gegeven vanaf juni tot oktober.

Op 1 juli is de droge stof gelijk verdeeld over blad en stengel en een gering deel in de pluim. Het blad vertoont als percentage van het totaal de grootste afname. De fractie stengel neemt aanvankelijk nog iets toe door de snelle groei tijdens de stengelstrekking.

De drogestof distributie verandert in de tijd ook over de plant in verticale richting.

Figuur 36 toont de hoeveelheden droge stof in de verschillende gewaslagen op achtereenvolgende tijdstippen van het groeiseizoen. Aanvankelijk is er vanaf het grondoppervlak naar boven een regelmatige afname van de hoeveelheden droge stof per gewaslaag. In juni neemt de hoeveelheid droge stof vooral in de onderste gewaslagen toe door de gewichtstoename onderin de stengel.



### 4.3 Stofwisseling tijdens de kolfgroei

In augustus en september nemen de kolven snel toe in gewicht, terwijl in dezelfde periode het gewicht van de stengel afneemt. De drogestofmassa van het blad verandert weinig (figuur 33).

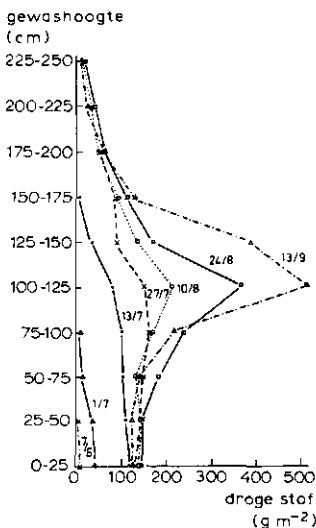
Door de gewichtstoename van de kolf ontstaat vanaf medio augustus een sterke toename in de lagen 75–150 cm (figuur 36). Van de laatste waarneming in figuur 36 medio september is in figuur 37 per laag de verdeling over de organen uitgezet, waaruit blijkt in welke mate de kolven deze gewichtconcentratie veroorzaken. In de onderste laag werd geen droge stof in de vorm van blad en bladschede meer gemeten.

Door de kolfgroei wordt het aandeel van de stengel relatief kleiner (figuur 35). De pluim blijkt een gering, afnemend percentage te vertegenwoordigen. Aan het eind van de groeiperiode zijn ook de in de spil en de schutbladeren geïnvesteerde fracties droge stof van geringe betekenis, namelijk beide ongeveer 7%, en is het aandeel korrels 35% van het totaal, dat wil zeggen dat 70% van

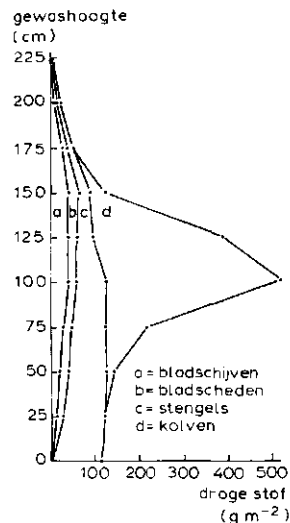
het kolfgewicht uit korrels bestaat. Opgemerkt moet worden dat het kolfpercentage in het algemeen wat hoger is dan in dit voorbeeld.

Aangenomen mag worden, dat het een algemeen verschijnsel is dat aan het eind van de groeiperiode de kolven niet alleen groeien door fotosynthese, maar dat een deel van de gewichtstoename het gevolg is van verplaatsing van substraat uit de stengeldelen naar de kolf. Waarnemingen van Duncan (1975), Daynard et al. (1969) en Struik (1982) aan maïs wijzen hierop en zijn analoog aan de waarnemingen bij tarwe (Stoy, 1963; Spiertz & Ellen, 1978). Deze stofwisseling is te kwantificeren met gewichtsveranderingen in het gewas zoals ze werden waargenomen door Ten Hag en De Haan (De Haan, intern verslag, 1973). Op basis van onderzoek van Penning de Vries et al. (1983) wordt aangenomen dat bij translokatie van substraat 35% hiervan voor omzetting en transport gebruikt wordt en 65% in de kolf komt.

De gegevens van figuur 33 en het gemiddelde van de waarnemingen in figuur 34 tonen niet dat aan het eind van de groeiperiode



Figuur 36. Drogestofhoeveelheden per gewaslaag van 25 cm op een aantal tijdstippen tussen 7 juni en 13 september.



Figuur 37. Drogestofhoeveelheden, onderverdeeld per orgaan op 13 september.

Tabel 3. Waarden voor bruto- en netto-fotosynthese en de verplaatsing van droge stof uit de stengel naar de kolf in september en oktober, het gemiddelde en de hoeveelheden relatief berekend uit gegevens van vijf proefvelden van Ten Hag & De Haan in 1972 en 1973 (De Haan, 1973). Terwille van de overzichtelijkheid zijn rechts het gemiddelde van de vijf proeven en de relatieve waarden daarvan gegeven waarbij de totale bruto-fotosynthese op 100 werd gesteld.

		5/9-16/10	5/9-16/10	5/9-12/10	6/9-12/10	6/9-12/10	Gemiddeld	Rel.
a.	Aantal dagen	41	41	37	36	36		
b.	Toename kolf <sup>1)</sup>	4380	3910	4670	3290	2850	3820	57
c.	Afname blad + stengel	1480	1410	1570	990	1540	1398	21
d.	Groei uit translokatie (c × 0,65)	965	917	1021	644	1001	945	14
e.	Netto-groei uit foto-synthese (b-d)	3415	2993	3649	2646	1849	2911	43
f.	Bruto-fotosynthese voor groei (e/0,65)	5200	4600	5600	4000	2800	4440	66
g.	Onderhouds-respiratie <sup>2)</sup>	2500	2500	2400	2700	1700	2360	35
h.	Totaal bruto-fotosynthese (f + g)	7700	7100	8000	6700	4500	6760	100
i.	Bruto foto-synthese <sup>3)</sup>	180	180	210	190	125	170	

1. Droge-stofgewichten in regel b – h in kg per ha. 2. 0,5% per dag van drooggewicht.  
3. In kg per ha per dag.

Toelichting op de regels in tabel 3 en 4:

- De periode en het aantal dagen waarover de metingen plaatsvonden.
- De toename in kolfgewicht in kg droge stof per ha over de betreffende periode.
- De afname van het blad- en stengelgewicht in kg droge stof per ha over de periode.
- De groei uit translokatie.
- De netto groei uit fotosynthese. Deze is gelijk aan de gewichtstoename in regel b verminderd met de berekende translokatie in regel d.
- De bruto-fotosynthese. Deze is berekend met de aanname dat ook 35% van de bruto-fotosynthese nodig is voor respiratie voor onderhoud, transport en omzettingen.
- De onderhoudsrespiratie. Voor tabel 3

- werd aangenomen dat de onderhoudsrespiratie voor het hele gewas gelijk is aan 0,5% per dag van de totale drogestofmassa. Dit is een te eenvoudige aanname voor het weergeven van de werkelijkheid. In tabel 4 is gebruik gemaakt van de voorlopige resultaten van Louwerse & Van Kleef (figuur 26), waaruit voor elke tiendaagse periode de totale respiratie is afgelezen en is aangenomen dat de helft hiervan onderhoudsrespiratie is.
- De bruto-fotosynthese. Dit is de som van de bruto-fotosynthese berekend uit de groei (regel f) en de respiratie in regel g.
- De gemiddelde bruto-fotosynthese in kg CH<sub>2</sub>O per ha per dag, die werd berekend door deling van de totale bruto-fotosynthese door het aantal dagen in regel a.

droge stof uit de stengel naar de kolf verplaatst wordt. Om te bepalen of dit optreedt is een nauwkeuriger observatie vereist aan het eind van de groeiperiode, dan in deze proeven gedaan werd.

Struik (1982) toonde aan dat er onder normale Nederlandse omstandigheden ongeveer 1500 kg droge stof per ha herverdeeld kan worden door verplaatsing van de stengel naar de kolf.

Een aantal waarnemingen en berekeningen in de periode 1972–1973 geeft een indruk van deze verplaatsing (translokatie), respiratie, fotosynthese en groei (tabellen 3 en 4). Tabel 3 geeft waarden over de periode van korrelvulling van vijf proefvelden op diverse plaatsen en grondsoorten met verschillende rassen in 1972 en 1973. Tabel 4 geeft de waarden van een proefveld in 1973 bij Lelystad met het ras LG 11.

Uit tabel 3 kunnen de volgende conclusies getrokken worden. In de periode dat de droge stof in de kolven toeneemt met 3000–4000 kg per ha (regel b) is er sprake van een afname in het stengelgewicht van 1000–1500 kg per ha (regel c). Dit leidt tot een berekende groei uit translokatie van 600–1000 kg per ha (regel d) zodat een groei door fotosynthese resteert van 2000–3000 kg per ha (regel e). Weliswaar

wordt de gewichtstoename van de kolf voor 43% veroorzaakt door de fotosynthese, maar de translokatie levert toch met 14% een niet onaanzienlijke bijdrage. De regels f, g en h tonen dat rond tweederde deel van de totale bruto-fotosynthese gebruikt wordt voor de groei en een derde deel voor onderhoud.

Uit tabel 4 kan het volgende worden geconcludeerd. De grote toename van de kolf en afname van het stengelgewicht in de laatste periode is waarschijnlijk toe te schrijven aan afwijkingen in de bepalingen. Vergelijking van regel f met h leert dat van de afnemende totale bruto-fotosynthese een evenredig deel bestemd is voor groei. Regel h toont als bruto-fotosynthese voor de vier perioden 300, 290, 130 en 80 kg CH<sub>2</sub>O per ha per dag. De met gegevens van De Wit (1965) berekende bruto-fotosynthese voor een standaardgewas onder Nederlandse omstandigheden bij gemiddelde stralingswaarden bedraagt voor dezelfde perioden 270, 250, 220 en 180 kg CH<sub>2</sub>O per ha per dag (Sibma, 1977). De eerste waarden stemmen redelijk met elkaar overeen. De in tabel 4 vermelde waarden vertonen echter een snellere daling. Het is niet nagegaan of dit toegeschreven zou kunnen worden aan de omstandigheden van het betreffende jaar.

Tabel 4. Waarden voor de bruto- en netto-fotosynthese en de verplaatsing van droge stof in september en oktober van een proefveld van Ten Hag en De Haan in 1973 met een vergelijking over korte perioden. De regels a-h vermelden dezelfde eigenschappen als tabel 3 met dit verschil dat hier de waarden zijn uitgedrukt in kg per ha per dag voor elke periode van tien dagen.

	4/9-14/9	14/9-24/9	24/9-2/10	2/10-12/10
a. Aantal dagen	10	10	8	10
b. Toename kolf <sup>1)</sup>	170	160	70	80
c. Afname blad + stengel	30	20	30	80
d. Groei uit translokatie (c × 0,65)	20	10	20	50
e. Netto-groei uit fotosynthese (b-d)	150	150	50	30
f. Bruto-foto-synthese voor groei (e/0,65)	230	230	80	40
g. Onderhoudsrespiratie	70	60	50	40
h. Bruto-fotosynthese (f + g)	300	290	130	80

1. Alle gewichten als droge stof in kg per ha per dag

De snelle toename van het drogestofgehalte van het gewas aan het einde van de groeiperiode wordt veroorzaakt door de snelle gewichtstoename van de kolf die een hoger drogestofgehalte heeft dan de stengels. In tabel 3 is aangegeven dat de gewichtstoename deels een gevolg is van verplaatsing (translokatie) van koolhydraten uit de stengels naar de kolven. Omdat de fotosynthese in dat deel van de groeiperiode niet groot is vanwege korte dagen, lage lichtintensiteit en verouderd blad betekent snellere groei van de kolf waarschijnlijk een relatief grote verplaatsing in de vorm van koolhydraten die bovendien toenemende 'translokatiekosten' met zich brengt. Een hoog drogestofgehalte bij de oogst is een veredelingsdoel, maar de introductie van nieuwe rassen die een snellere gewichtstoename van de kolf vertonen zou ook grotere 'translokatiekosten' met zich mee kunnen brengen. De opbrengst in termen van energie en droge stof zou hierdoor nadelig beïnvloed kunnen worden.

#### 4.4 Hoeveelheid droge stof in de wortels

De hoeveelheid droge stof die geïnvesteerd is in levende wortels, kan berekend worden aan de hand van:

- de lengte van de wortels in meter per  $\text{cm}^3$  grond, zoals figuur 18A voor 1971;
- een schatting voor het drogestofgehalte;
- en de specifieke wortellengte, zoals af te leiden is uit de gegevens van Mengel & Barber (1974) (figuur 19).

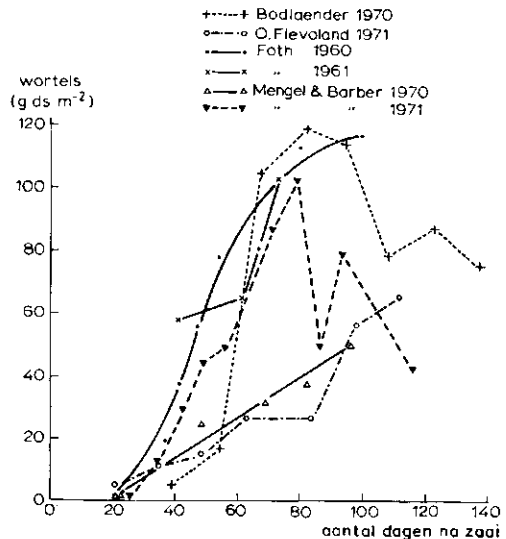
Foth (1962) bepaalde het aantal planten en de hoeveelheid droge stof per plant in verschillende groeistadia. Uit deze informatie werd ook de hoeveelheid droge stof per vierkante meter in de wortels over de bewortelbare diepte berekend (figuur 38).

In figuur 38 zijn de gegevens van Bodlaender (persoonlijke mededeling) weergegeven, die werden verkregen door periodiek uitgraven van de wortels.

De groeilijnen hebben gemeenschappelijk

dat ze aangeven dat gedurende een periode van 80 dagen de hoeveelheid erbij groeiende wortels groter is dan wat er door afsterving verdwijnt. De berekende gewichten zijn echter verschillend. Uit de gegevens van Foth (1962) werden grotere hoeveelheden afgeleid dan uit gegevens in Oostelijk Flevoland in 1971. De gegevens van Foth zijn echter redelijk in overeenstemming met de resultaten van Bodlaender. De gegevens van Mengel & Barber (1974) komen aanvankelijk met die van Foth overeen, maar later met die van Oostelijk Flevoland in 1971.

Ten aanzien van de helling en de hoogte van de lijnen speelt de methodiek een belangrijke rol. Wanneer de wortels worden gemeten als drogestofhoeveelheden is de kans op overschatting groter, omdat er verontreinigingen meegewogen kunnen worden. Als wortellengten gemeten worden en daaruit de hoeveelheid droge stof wordt afgeleid, is de kans op een onderschatting aanwezig omdat alleen levende wortels worden geteerd en door de aanwezige verontreinigingen niet alle wortels worden gezien.



Figuur 38. Hoeveelheid levende wortels over de bewortelbare diepte berekend uit gegevens van verschillende auteurs.

# 5 Vocht- en mineralenhuishouding

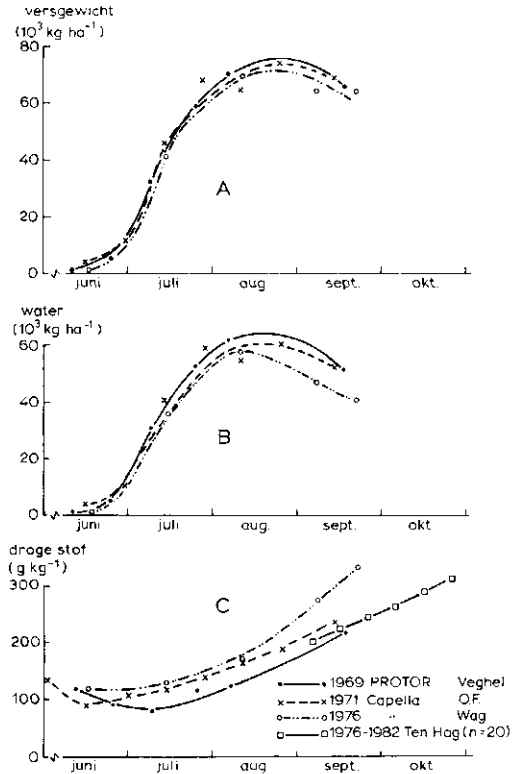
## 5.1 Vocht- en drogestofgehalte

De verdamping van het gewas op een zonnige dag in augustus bedraagt een waterlaag van ongeveer 6 mm. Dit komt overeen met een hoeveelheid water van 60 000 kg per ha ofwel 60 m<sup>3</sup> per ha.

De veranderingen in het versgewicht – dat is het gewicht van water en droge stof samen – van een maïsgewas zijn weergegeven in figuur 39.

Figuur 39A geeft het versgewicht in kg per ha van drie proefvelden. Na de korrelzetting neemt het versgewicht af. Figuur 39B toont dat er in augustus en september in de vorm van water 10–15 ton per ha uit het gewas verdwijnt. Dit is ongeveer 25% van de verdamping op een heldere dag in augustus. Ondanks verschil in plaats, grondsoort en jaar is het verloop van het versgewicht redelijk aan elkaar gelijk. Vergelijking van de figuren 39A en 39B toont dat de afname van de hoeveelheid water begint vanaf de eerste decade van augustus en dus twee à drie weken vroeger dan de afname van het versgewicht. Gedurende die periode is blijkbaar de toename van de droge stof nog zo groot dat deze de wateronttrekking aan het gewas kan compenseren.

Figuur 39C geeft de toename van het drogestofgehalte van dezelfde velden. Er is een gemiddelde berekend uit 20 reeksen periodieke waarnemingen, gedaan door Ten Hag in 1976–1982 (persoonlijke mededeling). Uit deze waarnemingen was af te leiden dat het percentage droge stof in die tijd in de kolf ongeveer 1,6 maal zo hoog is als in het totale gewas. Figuur 39C toont hoe met name in het laatst van de groeiperiode het dro-



Figuur 39. Versgewicht (A), hoeveelheid water (B) en het drogestofgehalte (C) tijdens het groeiseizoen. Het laatste in vergelijking met het gemiddelde percentage droge stof in 20 proeven van Ten Hag (PAGV).

gestofgehalte toeneemt. Laat oogsten leidt in het algemeen tot een hoger drogestofgehalte.

## 5.2 Opname van N, P en K en gehalten in blad, stengel en kolf

Niet geheel terecht wordt de hoeveelheid

mineralen in de oogstbare delen vaak de opname van die mineralen genoemd. De opname kan niet worden gegeven als niet bekend is hoeveel in de wortels aanwezig is.

Meijers et al. (1939) hebben de verschillen in minerale samenstelling zeer uitvoerig geanalyseerd voor twee maïsrassen. Bodlaender bepaalde in 1970 periodiek de gehalten aan stikstof, fosfor en kali (N, P, K) in het blad, de stengels en de kolven.

Het N-gehalte neemt af, maar in het blad minder snel dan in de stengels en de kolven (figuur 40A). Het P-gehalte is in vergelijking met de elementen N en K in alle organen laag, maar verschilt weinig tussen de organen en verandert weinig in de tijd (figuur 40B). Het K-gehalte daalt in de stengel tijdens de stengelstrekking en neemt daarna weer iets toe, terwijl er in het blad en de kolven een regelmatige daling van het gehalte plaatsvindt (figuur 40C).

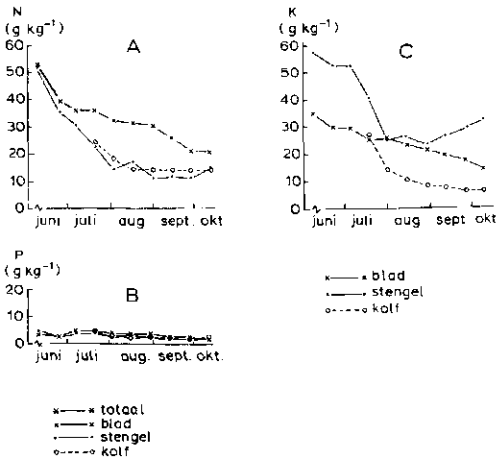
De toe- en afname van de N-, P- en K-gehalten van delen die in de praktijk oogstbaar zijn en van het totale oogstbare gewas zijn weergegeven in figuur 41. In de laatste decade van augustus is de hoeveelheid N in het blad en de stengels maximaal en neemt de hoeveelheid in de kolf snel toe. Door de

afname van de hoeveelheid N in de stengels en het blad verandert het totaal weinig in september en oktober. Voor K geldt in grote lijnen hetzelfde als voor N, met dit verschil dat de totale hoeveelheid K in september en oktober duidelijk afneemt. In de stengels is een veel grotere hoeveelheid K aanwezig dan in het blad, terwijl de hoeveelheden N gelijk over blad en stengel verdeeld zijn. In vergelijking met N en K is P in geringe hoeveelheden aanwezig.

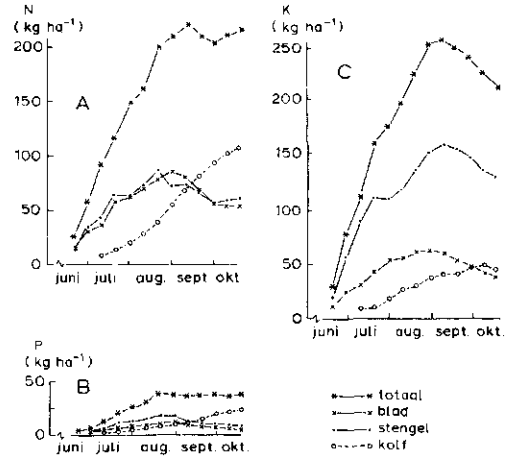
Bij de oogst bevindt het grootste aandeel N en P zich in de kolf (figuren 41A en 41B) en het grootste aandeel K in de stengel (figuur 41C).

### 5.3 Ruw-eiwit- en nitraatgehalte in het gewas

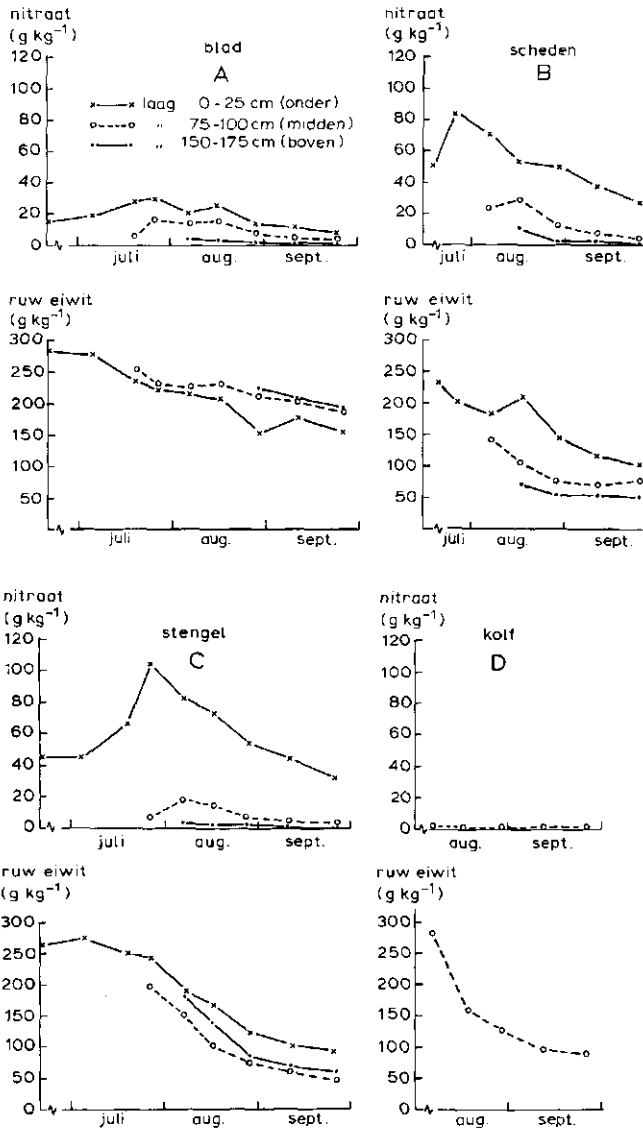
Er zijn binnen een gewas grote afwijkingen mogelijk van een gemiddelde analyse van het hele gewas. In het begin van de groeiperiode kan het nitraatgehalte in bladscheden en stengels de door Kemp (1978) voor gras aangegeven toelaatbare grenzen ver overschrijden. De bladschijven bevatten relatief weinig nitraat. De gehalten in de bladscheden zijn hoger dan in de bladschijven. Tot



Figuur 40. Gehalten aan stikstof (A), fosfor (B) en kalium (C) in blad, stengel en kolf tijdens de groei-periode.



Figuur 41. Opbrengst aan stikstof (A), fosfor (B) en kali (C) in blad, stengel, kolf en het totale gewas tijdens de groeiperiode.

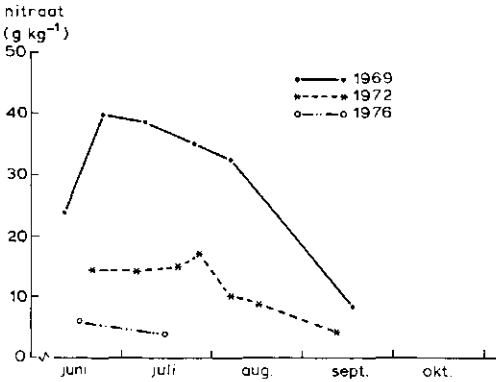
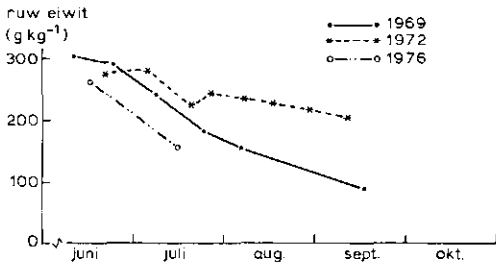


Figuur 42. Gehalten aan nitraat en ruw-eiwit in bladschijven (A), scheden (B), stengels (C) en in de kolven (D) in de laag 0-25 cm, 75-100 cm en 150-175 cm (voor de kolven alleen voor de hoogte 75-100 cm).

aan het eind van de groeiperiode bevatten de onderste stengeldelen en bladscheden het hoogste percentage nitraat. Deze gehalten overschrijden ook de door Kemp (1978) voor gras aangegeven toelaatbare grenzen.

De kolven daarentegen bevatten geen nitraat.

Gemiddeld over de totale hoeveelheid droge stof komen in het rijpende gewas vrijwel nooit te hoge nitraatgehalten voor, doordat tijdens de groei een sterke daling in dit gemiddelde gehalte regel is. In vergelijking met gras kan dit als een bijkomend voordeel van maïs als veevoer worden beschouwd. Tijdens de groeiperiode daalt het ruw-



Figuur 43 (boven). Gehalten aan ruw eiwit in de droge stof van het ras Protor te Veghel in 1969, Capella in Oostelijk Flevoland in 1972 en Capella te Wageningen in 1976.

Figuur 44 (onder). Gehalten aan nitraat in de droge stof van het ras Protor te Veghel in 1969, Capella in Oostelijk Flevoland in 1972 en Capella te Wageningen in 1976.

eiwitgehalte in alle organen doordat de groei meer toeneemt dan de N-opname. Dit is het meest duidelijk voor de kolven. Het ruw-eiwitgehalte is in de oudere bladschijven lager dan in de jongere. Bij de bladscheden is dat andersom. Het verloop van het ruw-eiwitgehalte met de hoogte in de stengels is minder duidelijk (figuur 42).

Ter wille van de overzichtelijkheid zijn in figuur 42 alleen de gehalten van de onderste gewaslaag van 0–25 cm, de laag van 75–100 cm en de bovenste laag van 150–175 cm weergegeven. Bij de kolven is uiteraard slechts de laag 75–100 cm aanwezig.

De veranderingen in het ruw-eiwit- en het nitraatgehalte tijdens de groeiperiode in het gehele gewas zijn onderzocht in een drietal proeven:

- in 1969 in Veghel,
- in 1972 in Oostelijk Flevoland op kleigrond en
- in 1976 op zandgrond bij Wageningen.

De resultaten hiervan zijn weergegeven in de figuren 43 en 44.

In 1972 werd in Oostelijk Flevoland 180 kg N per ha als kalkammonsalpeter (KAS) toegediend, terwijl in 1976 in Wageningen aanmerkelijk meer werd gegeven, namelijk 20 ton drijfmest per ha, 30 ton stalmest per ha en 150 kg N per ha in de vorm van kalkammonsalpeter.

Er blijkt dat hoge nitraatgehalten niet alleen een gevolg zijn van hoge giften organische stikstof. De gehalten aan ruw-eiwit en nitraat blijken naar jaar en plaats vrij sterk te kunnen verschillen. Hoge nitraatgehalten gaan vaak samen met minder gunstige weersomstandigheden en blijken niet alleen het gevolg van hoge giften organische stikstof. In het sombere jaar 1972 was zowel het ruw-eiwit- als het nitraatgehalte aanmerkelijk hoger dan het zonnige jaar 1976. De weersomstandigheden waren in 1972 aanmerkelijk ongunstiger voor de groei van maïs dan in 1976.



# 6 Opbrengsten

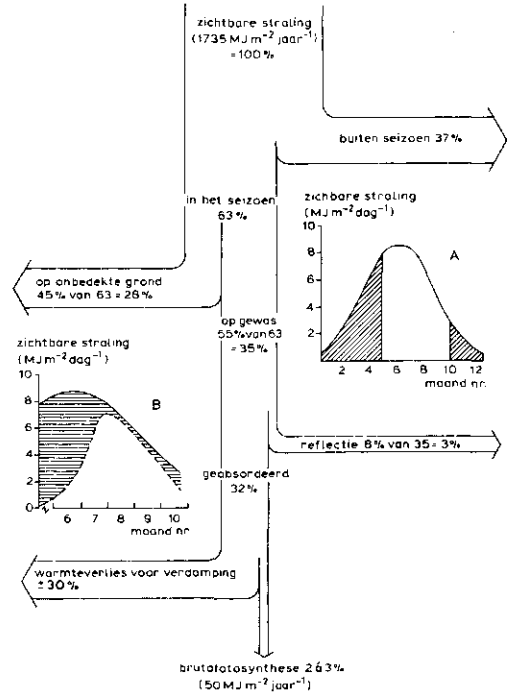
## 6.1 Rendement van lichtenergie bij optimale groei

Door een aantal oorzaken is het rendement van het fotosynthesep proces bij landbouwgewassen slechts enkele procenten. Voor maïs is een schatting gemaakt van de energiebenutting van het licht naar analogie van berekeningen door Spiertz (1980). De totale hoeveelheid fotosynthetisch actieve zonnestraling bedraagt in Nederland gemiddeld 1735 MJ per m<sup>2</sup> per jaar. Dit wordt ook wel de jaarlijks beschikbare straling genoemd. Een deel hiervan komt op het veld terecht in de periode van ongeveer 20 oktober (de oogst) tot medio mei (de opkomst), als er geen gewas groeit. Een ander deel wordt gereflecteerd of omgezet in verwarming en verdamping.

In figuur 45 is de jaarlijkse, fotosynthetisch actieve straling op 100% gesteld. Het gedeelte van de jaarlijkse straling, wat buiten het groeiseizoen valt, bedraagt 37% en is in figuur 45A gearceerd weergegeven.

Voorts komt in het begin van het groeiseizoen een gedeelte op de kale grond terecht. Gedurende het groeiseizoen valt een deel van het licht door het gewas. Deze lichtdoorval is in figuur 45B gearceerd weergegeven. De lichtdoorval bedraagt 28% van de jaarlijkse straling (ofwel 45% van de straling gedurende het groeiseizoen).

De overige fotosynthetisch actieve straling valt op het gewas, d.w.z. 35% van de jaarlijkse straling (ofwel 55% van de straling gedurende het groeiseizoen). Een gedeelte hiervan wordt gereflecteerd en een gedeelte geabsorbeerd door het gewas. Het geabsorbeerde deel wordt door het gewas groten-



Figuur 45. Verdeling van de jaarlijkse, fotosynthetisch actieve straling.

A. Verdeling van de (zichtbare) straling over het jaar; straling buiten het groeiseizoen is gearceerd weergegeven.

B. Verdeling van de (zichtbare) straling over wel en niet onderschept licht; niet onderschept licht is gearceerd weergegeven.

deels benut voor transpiratie waarmee een plant de temperatuur en mineralenopname en -transport regelt. Voor de brutofotosynthese van een maïs gewas komt als resultante slechts ongeveer 3% van de jaarlijkse straling beschikbaar. Dat is ongeveer 50 MJ per m<sup>2</sup> per jaar.

## 6.2 Rendement van de fotosynthese

Door periodieke metingen is vastgesteld, dat de totale bruto-fotosynthese van een maïsgewas in Nederland gemiddeld ongeveer 30 ton droge stof per ha ofwel 3 kg per m<sup>2</sup> bedraagt gedurende het groeiseizoen. Omgerekend in vastgelegde energie ofwel verbrandingswaarde bedraagt de bruto-fotosynthese:

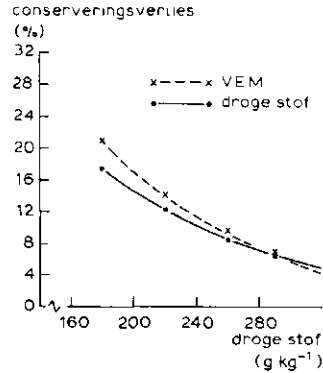
$$3 \text{ kg m}^{-2} \times 17,5 \text{ MJ kg}^{-1} = 52,5 \text{ MJ m}^{-2}$$

Dit is iets meer dan 50 MJ per m<sup>2</sup>, die berekend werd als het rendement van de licht-energie.

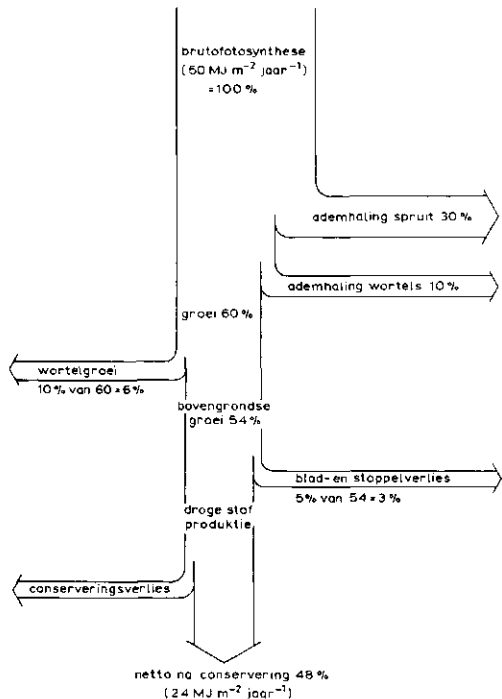
Uit respirometingen is vastgesteld, dat een maïsgewas gemiddeld over de hele groeiperiode 30% van de bruto-fotosynthese verbruikt voor ademhaling van de bovengrondse delen, de spruit. De ademhaling van de wortels werd geschat op 10% van de bruto-fotosynthese. Samen vergt de ademhaling ongeveer 40% van de bruto-fotosynthese.

De oogstverliezen zijn bij maïs in de regel gering en kunnen op ongeveer 5% gesteld worden. De in te kuilen opbrengst bevat dan in de vorm van droge stof ongeveer de helft van de energie, die door bruto-fotosynthese is vastgelegd. Het drogestofgehalte van maïs is bij het inkuilen gemiddeld 28% (figuur 39C). Bij dat percentage droge stof gaat tijdens de conservering nog een klein gedeelte verloren als conserveringsverlies, nl. ongeveer 5–10% van de in te kuilen droge stof (figuur 46), dat is 2–5% van de bruto-fotosynthese. Voor het vee komt als resultante iets minder dan de helft, nl. ongeveer 48% van de energie in de vorm van geconserveerde maïs beschikbaar. (figuren 45 en 47).

Een redelijke opbrengst van maïs na conservering is 13 ton droge stof per ha of 1,3 kg per m<sup>2</sup>. Dit betekent voor het energetisch rendement (verbrandingswaarde) van een akker maïs:



Figuur 46. Conserveringsverliezen als VEM (netto-energiewaarde voor melkvee in voedereenheden per kg) en droge stof in afhankelijkheid van het drogestofgehalte bij het inkuilen. Deze figuur is samengesteld uit gegevens in de Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen (1984) en gegevens van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Volle Grond (PAGV) en het Proefstation voor de Rundveehouderij (PR).



Figuur 47. Verdeling van de bruto-fotosynthese over opbrengsten en verliezen.

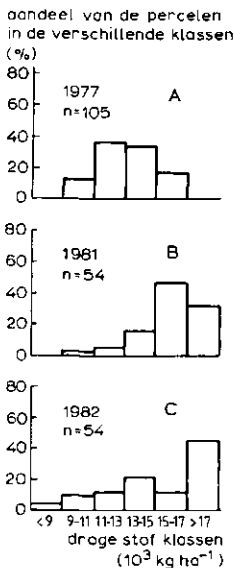
$$1,3 \text{ kg m}^{-2} \times 17,5 \text{ MJ kg}^{-1} = 22,7 \text{ MJ m}^{-2}$$

Dit resultaat is iets lager dan het eindresultaat, zoals dat verkregen werd uit berekeningen (figuur 47).

### 6.3 Proefvelden en praktijk

Figuur 48 geeft een indruk van de hoogte van de opbrengsten in de praktijk en de jaarlijkse variatie tussen bedrijven.

In 1977 vielen de meeste percelen in de omgeving van Hengelo in de klasse 11–13 ton droge stof per ha of 13–15 ton droge stof per ha. In 1981 was de klasse 15–17 ton per ha het grootst en in 1982 domineerde de klasse met meer dan 17 ton droge stof per ha waarbij zelfs opbrengsten voorkwamen met meer dan 19 ton per ha. Deze gegevens vertonen een grote spreiding, omdat het weer van jaar tot jaar een grote invloed heeft. Zo waren in 1982 de opbrengsten over veel klassen verdeeld. Op de gronden met een goede vochtthuishouding werd van het



**Figuur 48.** Klasse-indeling naar drogestofopbrengsten van percelen snijmaïs bij Hengelo (Ov.) in 1977, 1981 en 1982; n = aantal percelen (Ten Hag & Boer, persoonlijke mededeling).

droge zonnige jaar 1982 ten volle profijt getrokken. Op de drogere gronden ontstond watertekort waardoor daar de klasse met opbrengsten minder dan 9 ton droge stof per ha zelfs groter werd dan in 1977 en in 1981.

Vergelijking van deze opbrengsten met die in figuur 27 leert dat proefveldopbrengsten door subjectieve keuze van het perceel, betere verzorging en minder verliezen door perceelsranden vaak aanzienlijk hoger zijn dan het gemiddelde van de praktijk.

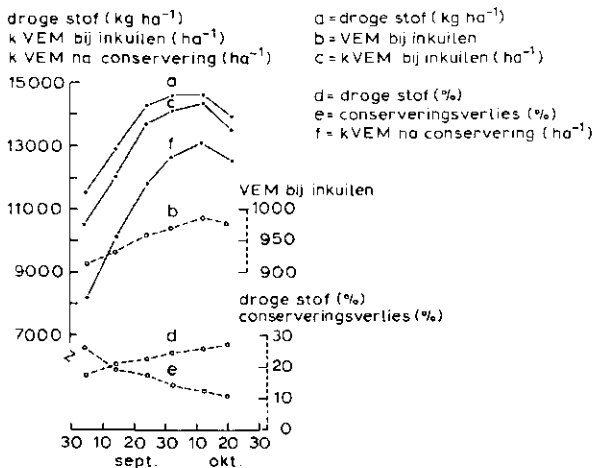
### 6.4 Oogstdatum, conserveringsverliezen en voederwaarde

Voor het vaststellen van het optimale oogsttijdstip zijn enkele kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van belang. In de eerste plaats is naast een zo hoog mogelijke drogestofopbrengst een hoog drogestofgehalte gewenst, omdat dit zowel de conserveringsverliezen als de transportkosten beperkt.

Figuur 46 toont in welke mate een hoog drogestofgehalte bij het oogsten daarna de conserveringsverliezen aan droge stof en de verliezen aan Voeder Eenheden Melk (VEM) – meestal uitgedrukt in kVEM – kan beperken onder overigens dezelfde omstandigheden bij een normale bewaring en goede inkuilmethoden.

Tijdens de korrelzetting neemt de voederwaarde in VEM per kg produkt iets toe door de groei van de kolf, zodat ook in verband met de voederkwaliteit later oogsten gunstig is.

In figuur 49 is een voorbeeld uitgewerkt met gegevens van een oogsttijdenproef van Ten Hag en De Haan (De Haan, 1973) met het ras LG11 in 1973 bij Lelystad. Dit proefveld toont een goede overeenkomst met gemiddelde waarden van een reeks oogsttijdenproeven in 1972–1976 van dezelfde auteurs met verschillende rassen op zand- en kleigrond. Vergelijking van lijnen a en f leert dat de optimale opbrengst na conservering – uitgedrukt in kVEM per ha – minimaal



één decade later bereikt wordt dan de maximale drogestofopbrengst.

Tabel 5 toont dat in oogsttijdenproeven van Ten Hag et al. de hoeveelheid droge stof de meeste gevallen maximaal was in de eerste en tweede decade van oktober met de tendens dat minder opbrengende percelen vroeger afrijpen dan de meer produktieve. In veel van deze proeven was bij toepassing van de omrekening van de drogestofopbrengsten het optimum in kVEM per ha na conservering later dan het optimum in kg droge stof per ha. Ook wanneer de waarden van een reeks van proeven gemiddeld werden en vervolgens omgerekend als in het voorbeeld, valt het 'drogestof-optimum in de eerste decade van oktober en het optimum van de 'voederwaarde na conservering' ten minste één decade later. Hieruit volgt dat — droogteverschijnselen tijdens de groei, vroege nachtvorst en bijzonder vroege jaren buiten beschouwing gelaten — op goede percelen medio oktober geoogst moet worden om tot maximale voederwaarde-opbrengsten na conservering te komen. Tabel 5 bevestigt dat op deze regel in de praktijk uitzonderingen zijn.

*Figuur 49. Kwantitatieve (getrokken lijnen) en kwalitatieve (onderbroken lijnen) eigenschappen in september en oktober (De Haan, 1973).*

- a. = hoeveelheid droge stof in kg per ha; in de eerste decade van oktober is de hoeveelheid droge stof maximaal zoals vaak voorkomt (tabel 5);
- b. = toe- en afname in de voederwaarde per kg produkt bij inkuilen, uitgedrukt in VEM (netto-energiewaarde voor melkvee) per kg;
- c. = VEM-opbrengst in kVEM per ha op de verschillende tijdstippen, verkregen door vermenigvuldiging van de waarden op lijn a en b; door de kwaliteitstoename stijgt lijn c iets langer dan lijn a;
- d. = toename in het percentage droge stof (%);
- e. = conserveringsverliezen in procenten die behoren bij de drogestofgehalten op lijn d;
- f. = hoeveelheid in kVEM per ha die na aftrek van de conserveringsverliezen overblijft, dus wat netto aan het vee aangeboden wordt.

Tabel 5. De decaden waarin de totale hoeveelheid droge stof maximaal was van 23 proeven van het PAGV en de gemiddelde opbrengst van elke groep.

Decade waarin kg ds in het gewas maximaal	Aantal velden	Gemiddelde opbrengst ds 10 <sup>3</sup> kg per ha
September	I	0
	II	3
	III	4
Oktober	I	11
	II	5
	III	0

# 7 De groei van maïs in vergelijking met Engels raaigras

## 7.1 Verloop gedurende het groeiseizoen

De twee meest toegepaste ruwvoedergewassen maïs en gras verschillen niet duidelijk wat betreft hun totale jaarlijkse drogestofopbrengst. Het groeipatroon van de beide gewassen is daarentegen geheel verschillend (figuur 50).

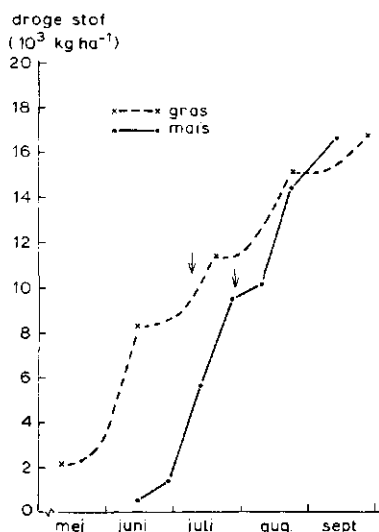
In figuur 51 is zowel de lichtinterceptie van maïs als die van Engels raaigras weergegeven. Het gras werd bemest met 450 kg N per ha per jaar. Bij het afmaaien van gras daalde de lichtinterceptie tot 20%. Na het maaien nam de lichtinterceptie ook in gras toe tot ongeveer 95%. Dit gebeurde echter in maar 25 dagen na iedere snede.

Het verschil in toename van de lichtinterceptie voor maïs en gras hangt samen met

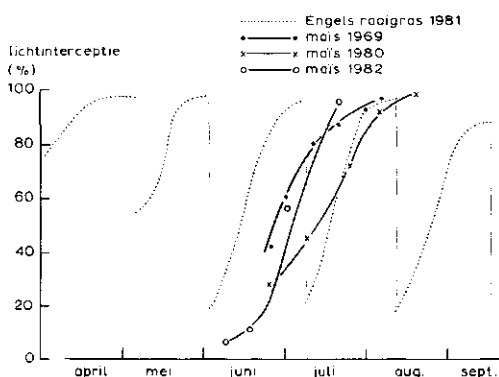
de morfologie van de biomassa en de distributie van de fotosynthetisch actieve stof. Dit deel van de biomassa is hoofdzakelijk in het blad geïnvesteerd, zowel bij maïs als gras, maar bij gras is het aandeel van het blad in de drogestofmassa relatief groter (figuur 52) en zijn de bladeren minder geclusterd, d.w.z. dat ze elkaar minder beschaduwden.

Daardoor is bij gras slechts 1500–2000 kg droge stof per ha nodig voor maximale lichtinterceptie, maar bij maïs meer dan 4000 kg droge stof per ha (figuur 53).

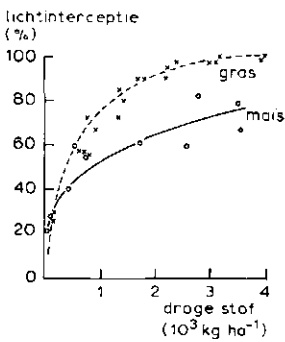
Gras dat in 1971 in Oostelijk Flevoland met 100 kg N per snede werd bemest en onder gelijkwaardige omstandigheden als maïs groeide, vertoonde medio juni al een voor-sprong in drogestofproductie van ruim 7000 kg per ha (figuur 50). Op dat moment had maïs nog nauwelijks 1000 kg droge stof per ha gevormd. Dit is toe te schrijven aan



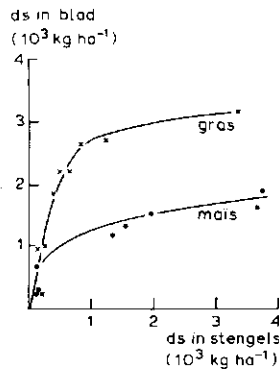
Figuur 50. Cumulatieve opbrengsten van vijf grassneden in vergelijking met de drogestoftoename van maïs in 1971 in Oostelijk Flevoland.



Figuur 51. Lichtinterceptie in 1969, 1980 en 1982 in vergelijking met de door maai- en onderbroken lichtinterceptie bij Engels raaigras in 1981.



Figuur 52. Droge stof in het blad bij toenemende hoeveelheden droge stof in de stengels bij gras en maïs.



Figuur 53. Relatie tussen de hoeveelheid droge stof en de lichtinterceptie bij maïs en Engels raaigras.

het feit dat maïs uit zaad moet groeien en bij de lage voorjaarstemperaturen niet kan groeien, dit in tegenstelling tot gras dat minder koudegevoelig is en al vroeg in het voorjaar een gesloten gewasoppervlak heeft. Vergelijking van de groei in latere stadia wijst op langere termijn op een snellere groei van maïs dan van gras (figuur 50). Voor de minder snelle toename van de droge stof bij gras kunnen verschillende oorzaken worden aangewezen. Bij gras worden

door herhaald afmaaien zowel de spruit- als de wortelgroei steeds weer onderbroken. Het fotosynthetiserend bladapparaat wordt dan voor een groot deel weggenomen en moet eerst weer hersteld worden. Nadat het gras de grond weer volledig bedekt heeft, zijn de groeisnelheden van maïs en gras niet duidelijk verschillend (figuur 50).

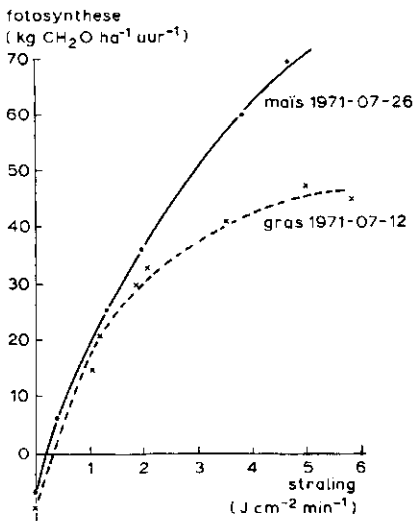
## 7.2 Verschil tussen C3- en C4-gewas

Een ander verschil tussen maïs en gras is, dat maïs een C<sub>4</sub>-gewas is en gras een C<sub>3</sub>-gewas. Bij gelijkwaardige groeivoorwaarden treedt bij gras eerder lichtverzadiging op dan bij maïs (figuur 54).

De grotere fotosynthesecapaciteit van maïs bij hoge lichtintensiteit komt echter niet tot uiting in een gemiddeld hogere groeisnelheid van een gesloten gewasoppervlak in het veld (Sibma, 1968). Op grond van figuur 54 zou men verwachten, dat maïs in het veld een hogere groeisnelheid te zien moet geven, maar dit kon tot dusver niet met zekerheid worden vastgesteld.

## 7.3 Drogestofopbrengst aan het eind van de groeiperiode

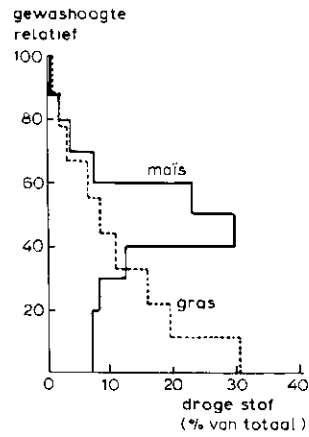
Per saldo vertonen de drogestofopbrengsten voor maïs en gras aan het einde van de groeiperiode in de regel weinig verschillen



Figuur 54. Fotosynthese in kg CH<sub>2</sub>O per ha per uur bij 15–20°C van gras en maïs op de tijdstippen die in figuur 50 met pijlen zijn aangegeven.

ondanks een groot verschil bij de aanvang van de groei in het voorjaar. De herhaalde verliezen in de stoppels van de achtereenvolgende sneden van het gras werken mee aan het gelijk worden van maïs- en grasopbrengsten tijdens het groeiseizoen. Bij Engels raaigras wordt de grootste hoeveelheid droge stof gevonden in de onderste laag van ongeveer vijf centimeter. Bij maïs bevindt zich het grootste gewicht in de lagen op 40–60% van de totale hoogte.

In figuur 55 werd de gewashoogte voor maïs en gras op 100% gesteld en de droge stof in vergelijkbare gewaslagen weergegeven in procenten van de totale hoeveelheid. Uit deze figuur blijkt, dat bij de oogst van maïs een relatief geringer deel van de op het veld aanwezige droge stof als stoppels en blad achterblijft dan bij gras. Bij gras wordt een relatief klein deel geoogst van de droge stof, doordat een groot deel van de bovengrondse droge stof als stoppel achterblijft (figuur 55).



*Figuur 55. Drogestofhoeveelheden per gewaslaag als percentage van het totaal bij maïs (100 = 250 cm) en Engels raaigras (100 = 45 cm).*

# 8 Invloed van teeltmaatregelen

Tot de belangrijkste teeltmaatregelen horen:

- bemesting, waarbij veel van drijfmest gebruik gemaakt wordt,
- zaaien,
- onkruidbestrijding,
- oogst/hakselen,
- conservering.

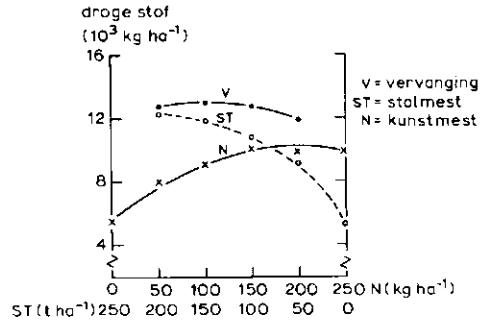
Over maatregelen ter verzorging van het gewas is goede informatie beschikbaar (Becker, 1974 en 1976).

## 8.1 Bemesting, drijfmest en opbrengst

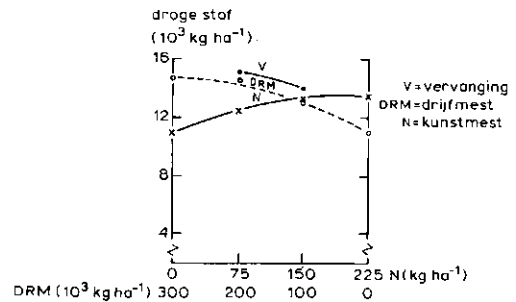
Een goed maïsgewas neemt per ha op: 200 kg N, 30 kg P en 170 kg K (Struik, 1983c). Gemiddeld vraagt dit een bemesting per ha van 220 kg N, 35 kg P en 180 kg K (Becker, 1974). Uiteraard is de bemesting afhankelijk van de bodemvoorraad.

Een combinatie van minerale stikstof met stikstof uit stalment leidt vaak tot hogere opbrengsten dan bij toediening van één van beide. In een vervangingsreeks werd bij toenemende hoeveelheden stalment de kunstmest in evenredigheid verminderd (figuur 56).

De combinaties van stalment en kunstmest zijn niet afzonderlijk op de X-as in figuur 56 uitgezet maar zijn daarop eenvoudig af te lezen. De drogestofopbrengsten van de drie reeksen werden als een gemiddelde over de negen jaren 1971–1979 weergegeven. De gemiddelde opbrengsten nemen vrijwel niet meer toe door hogere giften dan 150 kg N per ha en meer dan 200 ton stalment per ha. De hoogste gemiddelde opbrengsten werden op de weinig opbrengende grond verkregen bij een combinatie van 100–150 kg minerale stikstof per ha en 100–150 ton stalment



Figuur 56. Drogestofopbrengsten bij toepassing van stalment, kunstmeststikstof en bij vervanging van de componenten gemiddeld over de jaren 1971–1979 (Diltz, persoonlijke mededeling; Verheijen & Steenvoorden, 1981).



Figuur 57. Drogestofopbrengsten bij toepassing van drijfmest, kunstmeststikstof en bij vervanging van de componenten gemiddeld over acht proeven (Ten Hag, 1980; Van der Werf, 1982).

per ha. Figuur 57 toont een zelfde effect bij drijfmest. Gemiddeld over acht proeven in de jaren 1976–1982 waren de maximale opbrengsten hoger bij toepassing van een combinatie van beide componenten. Resultaten van Pain et al. (1977) bevestigen de voorgaande gegevens.



## 8.2 Plantverband (standdichtheid) en opbrengst

Gestreefd dient te worden naar 100 000 planten per ha, waarvoor het – vanwege een opkomstpercentage van rond 90% – nodig is 110 000 korrels per ha te zaaien. Bij een rijafstand van 75 cm betekent dit een onderlinge afstand in de rij van 11,5 cm.

In het voorgaande is aannemelijk gemaakt, dat de standdichtheid niet of nauwelijks invloed heeft op de extinctiecoëfficiënt en het specifieke bladgewicht.

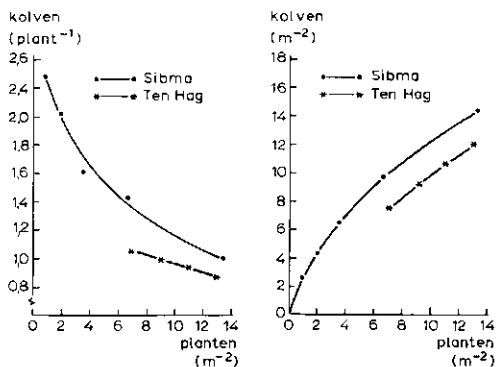
Het aantal kolven per plant blijkt wel afhankelijk van de standdichtheid. Een voorbeeld daarvan is gegeven in figuur 58 met eigen gegevens en het gemiddelde van negen proeven van Ten Hag.

Bij een normale standdichtheid van 10,0 planten per  $m^2$  is het aantal kolven per plant 1,0–1,2. Bij een standdichtheid van 1,0 plant per  $m^2$  is het aantal kolven per plant 2,5. Door de beperkte reactie van het aantal kolven per plant op toenemende standdichtheid neemt bij een grotere standdichtheid het aantal kolven per  $m^2$  toch nog toe (figuur 59).

Over de vermindering van de kolfkwaliteit valt op te merken dat bij een toename van 1 naar 14 planten per  $m^2$  het kolfgewicht lineair verminderde van 234 naar 149 gram per kolf.

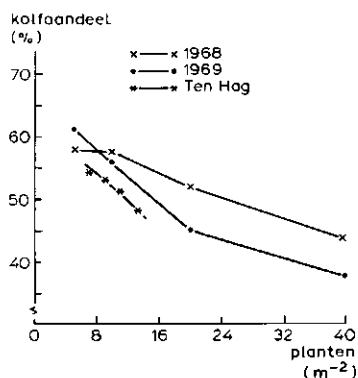
De totale hoeveelheid droge stof aan het eind van de groeiperiode varieert binnen zekere grenzen weinig door verschil in standruimte. Zo waren over twee proefjaren gemiddeld bij een standruimte van resp. 5, 10, 20 en 40 planten per  $m^2$  de relatieve drogestofopbrengsten: 80, 100, 115 en 109. Dit illustreert dat een halvering of verdubbeling van de gebruikelijke standdichtheid van 10 planten per  $m^2$  de drogestofopbrengst resp. verlaagt of verhoogt met ongeveer 20%.

Het gewichtsandaal van kolven uitgedrukt als procenten van de totale hoeveelheid droge stof neemt af bij toenemende standdichtheid.



Figuur 58. (links) Aantal kolven per plant bij verschillende standdichtheden.

Figuur 59. (rechts) Aantal kolven per  $m^2$  bij verschillende standdichtheden.



Figuur 60. Kolfpercentage bij verschillende standdichtheden in 1968 en in 1969.

Figuur 60 toont dat bij een normale dichtheid het kolfgewicht ruim 50% van de totale drogestofmassa bedraagt. De kolven werden daarbij inclusief schutbladeren geoogst. Als de schutbladeren niet worden meegerekend zijn de gemiddelde waarden voor het kolfgewicht lager. Ook zijn het aantal kolven en het kolfpercentage dan lager, omdat niet goed gevulde kolven dan niet worden meegeteld (Ten Hag, persoonlijke mededeling). Dit verklaart de lagere waarden die op proefvelden door Ten Hag werden vastgesteld (figuren 58, 59 en 60).

# Bijlagen

## Bijlage 1 Bepaling van de bebladeringsindex (*LAI*)

Voor de berekening van de bebladeringsindex (*LAI*) werd in de regel onderstaande werkwijze gevolgd. Veldjes van 10 meter  $\times$  3 meter = 30 m<sup>2</sup> bruto en 8 meter  $\times$  1,5 meter = 12 m<sup>2</sup> netto werden in drievoud aangelegd om daarvan het versgewicht en het drogestofgehalte te meten. Het drogestofgehalte werd bepaald in een monster van gehakseld materiaal van de veldjes. Met deze gegevens werd de gemiddelde drogestofopbrengst (in gram per m<sup>2</sup>) berekend. Bij het oogsten van de betreffende veldjes werd tevens van monsters van 5–10 planten per veldje het bladoppervlak elektronisch gemeten en het drooggewicht van de planten bepaald. Hieruit werd de verhouding bladoppervlak/drogestofgewicht berekend. Vermenigvuldiging van deze verhouding met de drogestofopbrengst per oppervlakte-eenheid (m<sup>2</sup>) resulteerde in de *LAI* (bladoppervlak per eenheid grondoppervlak).

Het voordeel van deze methode is dat een overschatting of onderschatting door het kiezen van te grote of te kleine planten vermeden wordt. De verhouding bladoppervlak/drogestofgewicht vertoont weinig verschil bij grote en kleine planten. De drogestofopbrengst per veldje kan nauwkeurig gemeten worden.

Een eenvoudiger methode is om van een aantal planten het bladoppervlak te meten en dit vervolgens om te rekenen tot het aantal planten per oppervlakte-eenheid (m<sup>2</sup>). Dit houdt het risico in dat de plantgrootte of het aantal planten per m<sup>2</sup> afwijkt van het gemiddelde en de *LAI* overschat wordt.

## Bijlage 2 Bepaling van bloeitijdstip en warmtesom

Om na te gaan in welke mate de temperatuur het bloeitijdstip beïnvloedt, werden bloeidata vergeleken met de naar Brown (1978) berekende warmtesom in CHU.

Door het RIVRO werd van 1976 tot 1984 op een proefveld op zandgrond bij Wageningen van de in de Rassenlijst beschreven rassen het tijdstip van zaai geregistreerd. Ook werd van de rassen regelmatig visueel waargenomen welk percentage van de mannelijke en vrouwelijke bloeiwijzen bloeiden. De vergelijkbaarheid van jaar tot jaar wordt bevorderd doordat alle waarnemingen op hetzelfde proefterrein plaatsvonden. Voor elk jaar afzonderlijk werd nagegaan hoeveel dagen er nodig zijn om na het zaaien, uitgaande van de dagelijkse aflezingen van de maximum- en minimumtemperaturen op 1,50 meter in Wageningen, om 1400 CHU te bereiken.

In figuur 13 werd langs de horizontale as uitgezet op welke data de warmtesom van 1400 CHU bereikt werd en werden langs de verticale as de bloeidata van de mannelijke en vrouwelijke bloeiwijzen van het ras LG11 uitgezet. De bloeidata van de andere in de Rassenlijst beschreven rassen zijn maximaal 2–3 dagen later of gelijk aan die van LG11. Door het PAGV werden in de jaren 1978–1982 zaaitijdproeven gedaan met het ras LG11 op zavelgrond bij Lelystad waarbij de zaaidata varieerden van 24 april tot 28 mei. Voor elk jaar afzonderlijk werd met de weergegevens van Swifterbant en de door Brown (1979) gegeven methode berekend op welke datum vanaf het zaaien 1400 CHU

bereikt werd. In figuur 14 werden de uitkomsten van dezelfde proef met elkaar verbonden. Ook in deze situaties is er slechts een geringe afwijking van de onderbroken 45°-lijn waarop de punten zouden moeten liggen als de datum van het bereiken van 1400 CHU en de bloeidatum precies gelijk zouden zijn. Punten boven de lijn geven aan dat de werkelijke bloei later was dan de berekende, punten onder de lijn dat de werkelijke bloei vroeger was dan de berekende.

### **Bijlage 3 Bepaling van wortellengte en beworteling**

De bewortelingsdichtheid werd in 1971 bepaald bij het ras Caldera in Oostelijk Flevoland. Om een regelmatige verdeling van de wortels in het profiel te bevorderen was de rij-afstand 40 cm bij een standdichtheid van 10 planten per m<sup>2</sup>.

Per datum werd op vijf plaatsen in het veld een bemonsteringsplek bepaald door een plastic sjabloon van 28 cm × 20 cm tegen een plant aan te leggen. Deze afmetingen beslaan de helft van het aan één plant toebedeelde oppervlak. Binnen dit oppervlak fixeerden de zes gaten in het sjabloon de afstand tot de plant en naar het midden van de rij, zodanig dat alle afstanden vanaf de plant tot de volgende plant en het midden van de rij zo goed mogelijk vertegenwoordigd waren.

Vanaf 1 juni werden per twee weken wortelmonsters verzameld met een wortelboor van 5 cm doorsnee. De boor werd op dezelfde plaats steeds 5 cm dieper de grond in gedreven na het verwijderen van het voorgaande monster. Onvoldoende samenhang van de ondergrond verhinderde diepere bemonstering dan 75 cm. Alleen de lagen 0–5 cm, 10–15 cm, 20–25 cm enz. werden geanalyseerd. De tussenliggende waarden werden door interpolatie verkregen.

In het laboratorium werden in deze monsters met opstijgend water in trechtervormige buizen grond en wortels zo goed mogelijk gescheiden, als door Stricker (1971) werd beschreven. Vervolgens werd overeenkomstig de door Stricker beschreven werkwijze, die afgeleid is van de door Newman (1966) beschreven methode, de lengte van nieuwgevormde wortels gemeten. Deze werkwijze biedt het voordeel dat de wortellengten geschat kunnen worden, terwijl niet alle verontreinigingen als humusdeeltjes, overjarige worteldelen en zaden verwijderd zijn. Vanwege dit laatste echter werd geen drogestofmassa in de monsters bepaald. Omdat er geen duidelijke relatie werd gevonden tussen de afstand tot de plant en de bewortelingsintensiteit is van de zes afstanden tot de plant het gemiddelde genomen. Door Mengel & Barber (1974b) werden periodiek drie boorsels tot een diepte van 75 cm uit het veld – een leemgrond – gehaald en uitgespoeld en vervolgens werd de wortellengte gemeten naar de door Newman (1966) beschreven methode.

Foth (1962) registreerde de hoeveelheid droge stof per plant in verschillende groeistadia van de maïs. Met de specifieke wortellengten die uit o.a. de gegevens van Mengel & Barber (1974) zijn af te leiden, werden de ook op leemgrond verkregen gegevens van Foth (1962) omgerekend tot cm wortel cm<sup>-3</sup> grond. Het resultaat van deze omrekening is samengevat in figuur 18C.

Door Warncke & Barber (1974) werd maïs op voedingsoplossing gekweekt en periodiek het gewicht van de spruit en de wortels gewogen. Het voordeel van deze werkwijze is dat de spruit/wortel-verhouding nauwkeurig te bepalen is, omdat er geen wortels verloren gaan. Het nadeel is de onzekerheid of de spruit/wortel-verhouding in de grond gelijk is aan die in voedingsoplossing.

#### Bijlage 4 Vuistgetallen

Bemesting (bemesting met alleen kunst-meststoffen is thans meer uitzondering dan regel):

stikstof (N): 180–220 kg per ha

fosfor (P): 35 kg per ha

kali (K): 180 kg per ha

Streefdata voor:

zaaidatum: 20–30 april

opkomst: 10–20 mei

tijdstip van 50% bloei: 1 augustus

tijdstip maximale bladindex: 1 augustus

optimale oogstdatum: medio oktober

Hoeveelheden:

zaaizaad: 35 kg per ha

1000-korrelgewicht: 300 gram

te zaaien korrels:  $11 \times 10^4$  per ha of 11 per m<sup>2</sup>

opkomstpercentage: 90

aantal planten:  $10 \times 10^4$  per ha of 10 per m<sup>2</sup>

rijafstand: 75 cm

afstand in de rij: 12 cm

temperatuursom tot opkomst (vanaf zaai met 10°C als basis): 80

temperatuursom tot bloei (vanaf zaai met 10°C als basis): 425

Corn Heat Units van zaai tot bloei: 1400

maximale bladindex: 5 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup>

totaal aantal bladeren (plant): 15–16

specifiek bladgewicht: 30–70 gram per m<sup>2</sup>

specifieke wortellengte: 200 meter per gram ds

kolven per plant (bij 10 planten per m<sup>2</sup>): 1

kolven per m<sup>2</sup> (bij 10 planten per m<sup>2</sup>): 10

Opbrengstgegevens goede oogst:

versgewicht:  $50-60 \times 10^3$  kg per ha

totale hoeveelheid droge stof:  $16,0 \times 10^3$  kg per ha

aandeel droge stof van het versgewicht: 30%

Verdeling van de droge stof:

– korrel:  $7,50 \times 10^3$  kg per ha

– spil:  $1,25 \times 10^3$  kg per ha

– schutblad:  $1,25 \times 10^3$  kg per ha

– gehele kolf:  $10,0 \times 10^3$  kg per ha

– blad:  $2,50 \times 10^3$  kg per ha

– stengel:  $3,50 \times 10^3$  kg per ha

Mineralen opgenomen hoeveelheden	N	P	K
in blad (in kg per ha):	50	5	25
in stengel (in kg per ha):	50	5	115
in kolf (in kg per ha):	100	20	30
totaal (in kg per ha):	200	30	170

# Literatuur

- Alberda, Th. & L. Sibma, 1968. Dry matter production and light interception of crop surfaces. 3. Actual herbage production in different years as compared with potential values. *The Journal British Grassland Society* 23: 206-215.
- Batchelder, C.H., 1949. European cornborer location on the corn plant as related to insecticidal control. *Technical Bulletin* 976. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 20 pp.
- Becker, W.R., 1974. Alles over snijmaïs. Snijmaïsbrochure samengesteld door het Proefstation voor de Rundveehouderij en andere instellingen, p. 6-7.
- Becker, W.R., 1976. Mais, een teelthandleiding. Publikatie nr. 21 van het PAGV te Lelystad, 84 pp.
- Behaeghe, T., J. Stryckers, J. Traets, D. Reheul, G. Eeckhaut, E. van Bockstaele & A. de Boer, 1982. Beknopt verslag van de resultaten 1980-1982. Mededeling nr. 1982/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit, Gent, België, 45 pp.
- 59e Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen, 1984.
- Bluemink, J.G. & P. de Hullu, 1980. De teelt van snijmaïs. Ontwerp-leerstof voor middelbare agrarische scholen.
- Brown, D.M., 1978. Heat units for corn in Southern Ontario. *Agrometeorology*, Department of Land Resource Science, Ontario Agricultural College, University of Guelph.
- Bunting, E.A., 1976. Accumulated temperature and maize development. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 87: 577-583.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, 1970. Zeventig jaar statistiek in tijd-reeksen, 1899-1969.
- Daynard, T.B., J.W. Tanner & D.J. Hume, 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 9: 831-834.
- Duncan, W.G., 1975. Maize. In: L.T. Evans (Ed.): *Crop physiology. Some case histories* 23-50. Cambridge University Press, p. 23-50.
- Duncan, W.G., A.L. Hatfield & J.G. Ragland, 1965. The growth and yield of corn 2. Daily growth of corn kernels. *Agronomy Journal* 57: 221-223.
- Feekes, E., 1941. De tarwe en haar milieu. *Verslagen Technische Tarwe Commissie* 12: 523-538.
- Foth, H.D., 1962. Root and top growth of corn. *Agronomy Journal* 54: 49-52.
- Groot, J.J.R., M.J. Kropff, F.J.H. Vossen, C.T.J. Spitters & R. Rabbinge, 1986. A decimal code for the development stages of maize and its relation to accumulated heat units. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 34: 67-73.
- Haan, G.H. de, 1973. Intern Verslag PAGV, Lelystad.
- Hag, B.A. ten, 1980. Grote hoeveelheden drijfmest op maïs. *Jaarverslag Aver Heino* 1980, p. 65-69.
- Hanway, J.J., 1966. How a corn plant develops. *Special Report* nr. 48. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Ames, Iowa, 17 pp.
- Hesketh, J.D., S.S. Chase & D.K. Nauda, 1969. Environmental and genetic modification of leaf number in maize, sorghum

- and Hungarian millet. *Crop Science* 9: 460-463.
- Kemp, A., 1978. Grassland production and nitrate poisoning in cattle. *Proceedings General Meeting European Grassland Federation, Gent, 9.1-9.15.*
- Lackamp, J.W., 1982. Maïs, een b(l)oeiend gewas. *Landbouwkundig Tijdschrift* 94: 115-122.
- Landbouw Economisch Instituut en Centraal Bureau voor de Statistiek. *Landbouwcijfers 1970 tot 1980.*
- Meijers, P.G., Th.B. van Itallie & J.J. Manschot, 1939. De produktiegang van maïs. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen nr. 45 (4) A*, 117 pp.
- Mengel, D.B. & S.A. Barber, 1974a. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. *Agronomy Journal* 66: 399-402.
- Mengel, D.B. & S.A. Barber, 1974b. Development and distribution of the corn root system under field conditions. *Agronomy Journal* 66: 341-344.
- Miedema, P., 1982. The effects of low temperature on Zea mays. *Advances in Agronomy* 35: 93-128.
- Newman, E.I., 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *The Journal of applied Ecology* 3: 139-145.
- Nortier, J.A., 1982. Modelberekening van het energiegebruik bij de teelt van gras, luzerne en snijmaïs. *Verslag van een stage op het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO) te Wageningen in het kader van de Studie Landbouwplantenteelt en Graslandcultuur aan de Landbouwhogeschool te Wageningen*, 26 pp.
- Oram, P.A., 1976. New opportunities for blending science and tradition in agriculture. In: *Proceedings of the symposium 'The world food problem and co-operation in agricultural research' on the occasion of a hundred years of agricultural research in the Netherlands* 17 June 1976, Wageningen, p. 15-37.
- Pain, B.F., R.H. Phipps & S.J. Richardson, 1977. The effect of cattle slurry and inorganic fertilizer nitrogen on the yield and mineral composition of forage maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28: 694-698.
- Penning de Vries, F.W.T., H.H. van Laar & M.C.M. Chardon, 1983. Bio energetics of growth of seeds, fruits and storage organs. *Symposium 'Potential Productivity of Field Crops under Different Environments'*, Wageningen, the Netherlands.
- Robertson, W.K., L.C. Hammond, J.T. Johnson & K.J. Boote, 1980. Effects of plant water stress on root distribution of corn, soybean and peanuts in sandy soil. *Agronomy Journal* 72: 548-550.
- Schutte, F. & U. Meier, 1981. Entwicklungsstadien des maïs. *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forschungswirtschaft, Merkblatt nr. 27/4.*
- Sibma, L., 1966. Regrowth of grass. *Jaarboek I.B.S.*, p. 67-72.
- Sibma, L., 1968. Growth of closed green crop surfaces in the Netherlands. *Netherlands Journal Agricultural Science* 16: 211-216.
- Sibma, L., 1977. Maximization of arable crop yields in the Netherlands. *Netherlands Journal agricultural Science* 25: 278-287.
- Spiertz, J.H.J. & J. Ellen, 1978. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Netherlands Journal agricultural Science* 26: 210-231.
- Spiertz, J.H.J., 1980. Plantaardige productie. *Landbouw en milieu. Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij* 6: 9-17.
- Stoy, V., 1963. The translocation of <sup>14</sup>C labelled photosynthetic products from the leaf to the ear in wheat. *Physiologia Plantarum* 16: 851-866.
- Stricker, J.N.M., 1971. Berekening van de wortellengte per cm<sup>3</sup> grond. *Intern rap-*

- port 4a Vakgroep Theoretische Teeltkunde, LH Wageningen.
- Struik, P.C., 1982. Production pattern, chemical composition and digestibility of forage maize. Mededeling 64 Landbouwhogeschool Vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde, 28 pp.
- Struik, P.C., 1983a. Effect of temperature on development, dry matter production, dry matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.) and analyses. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. Nederland 83-3, 41 pp.
- Struik, P.C., 1983b. The effect of switches in photoperiod on crop morphology, production pattern and quality of forage maize (*Zea mays* L.) under field conditions. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. Nederland 83-2, 27 pp.
- Struik, P.C., 1983c. Physiology of forage maize (*Zea mays* L.) in relation to its production and quality. Dissertatie Wageningen.
- Taylor, H.M., M.G. Huck, Betty Klepper & Z.F. Lund, 1970. Measurements of soil-grown roots in a rhizotron. *Agronomy Journal* 62: 807-809.
- Velde, H.A. te, 1983. Constraints on maize production on northern latitude. In: E.J. Gallagher (Ed.): *Cereal production, Proceedings 2nd international Summer School in Agriculture*, Royal Dublin Society, p. 325-341.
- Verheyen, L.A.H.M. & J.H.A.M. Steenvoorden, 1981. De stikstofhuishouding van bouwland met snijmaïs in afhankelijkheid van de kunstmest- en stalmestdoserings. Nota 1287. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen, 96 pp.
- Warncke, D.D. & S.A. Barber, 1974. Root development and nutrient uptake by corn grown in solution culture. *Agronomy Journal* 66: 514-516.
- Werf, H. van der, 1982. Grote hoeveelheden drijfmest op maïs. Jaarverslag Aver Heino, p. 54-57.
- Wilkinson, J.M., 1981. Potential change in efficiency of grass and forage conservation. In: Jollans, J.L. (Ed.): *Grassland in the British economy, Proceedings Symposium University 1980*. Reading, p. 414-428.
- Wit, C.T. de, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. *Agricultural Research Reports* 663. Pudoc Wageningen, the Netherlands, 57 pp.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang & C.F. Konzak, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-521.

# Trefwoordenlijst

- Ademhalingssnelheid 29  
Assimilatie 26  
Bebladeringsindex 19  
Beworteling 23  
Bewortelingsintensiteit 23  
Bladlaag 26  
Bladschede 12  
Bladschijf 12  
Bloeidatum 20  
Bloeiwijze 12  
Bruto-fotosynthese 42  
Conserveringsverlies 44  
Corn Heat Unit (CHU) 16  
Drijfmest 49  
Drogestof distributie 33  
Drogestofgehalte 38  
Drogestofopbrengst 10  
Energiebenutting 42  
Fotorespiratie 29  
Fotosynthesecapaciteit 47  
Gewashoogte 48  
Gewichtstoename 31  
Groeilijnen 37  
Groei seizoen 42  
Groei snelheid 29  
Internodium-nummers 15  
K-gehalte 39  
Kieming 12  
Knopenstapel 18  
Kolfgewicht 50  
Kolfgroei 34  
Kolffpercentage 50  
Korrelvulling 35  
Leaf Area Index (LAI) 19  
Lichtdoorval 42  
Lichtinterceptie 27  
Lichtonderschepping 26  
Lichtverzadiging 28  
N-opname 40  
Nitraatgehalte 39  
Onderhoudsrespiratie 29  
Ontwikkelingssnelheid 16  
Ontwikkelingsstadium 15  
Oogstdatum 44  
Oogsttijdstip 44  
Oogstverliezen 43  
Opkomst 17  
P-gehalte 39  
Plantverband 50  
Rendement 42  
Respiratie 29  
Ruw-eiwitgehalte 40  
Silage 10  
Specific Leaf Area (SLA) 31  
Specific Leaf Weight (SLW) 31  
Specifiek bladgewicht 31  
Specifieke Wortellengte 24  
Spruit/wortel-verhouding 25  
Stalmest 49  
Standdichtheid 50  
Stengeloppervlak 28  
Stengelstrekking 18  
Temperatuursom (T-som) 16  
Translokatie 35  
Uitdovingscoëfficiënt 27  
Vegetatiepunt 12  
Verbrandingswaarde 43  
Vergewicht 38  
Voederwaarde 44  
Warmtesom 16  
Wortelgroei 37