

303C 37

BODEMVOCHT EN GROENTETEELT  
OP EEN HOGE ZANDGROND

D. W. STOLP

NN08201.290

BODEMVOCHT EN GROENTETEELT  
OP EEN HOGE ZANDGROND

# STELLINGEN

## I

De mening dat het voor uiteenlopende grondsoorten geen noemenswaardig verschil maakt of uitgegaan wordt van vochtspanning of van percentage verbruikt beschikbaar vocht, is onjuist.

MAKKINK, G. F.,

Productieverhoging in de landbouw door watertoe-  
diening. *Rapport C.O.P. 1955*, p. 43.

Dit proefschrift.

## II

Het is juister om bij studies over de invloed van de bodemvochttoestand op de plantengroei als maat voor die vochttoestand de eerste afgeleide van de functie  $f : V \rightarrow \psi$  te kiezen dan de functie zelf.

Dit proefschrift.

## III

De tot dusver geadviseerde methoden voor het karakteriseren van de vochttoestand van een plant geven nog geen universeel bruikbare basis voor beregeningsadviezen. Het ontwikkelen van een algemeen bruikbare methode voor dit doel blijft een belangrijke opgave voor de plantenfysiologen.

OPPENHEIMER, H. R. & D. L. ELZE,  
WEATHERLEY, P. E.,

*Palest. J. Bot. Rehovot 41* (1941) 20—46.  
*New Phytol.* 49 (1950).

## IV

De hogere opbrengsten van hybride rassen zijn voor een deel het gevolg van een betere dekking van de waterbehoefte door een krachtig wortelstelsel.

KIESSELBACH, T. A. & R. M. WEIHING, *J. Amer. Soc. Agron.* 27 (1935) 538—541.

## V

Het risico van neerslagtekorten in de landbouw kan met een schadeverzekering gedekt worden. Deze droogteverzekering vormt een complement van de uit andere sectoren van het bedrijfsleven bekende regenverzekering. In marginale irrigatiegevallen kan een droogteverzekering aantrekkelijk zijn.

## VI

Het gebruik maken van de gevarieerde specialistische kennis en de daarmee samenhangende materiële toerusting — aanwezig op instellingen voor toegepast landbouwkundig onderzoek zal aan het onderwijs ten goede komen en een inniger contact tussen de Landbouwhogeschool en die instellingen bewerkstelligen.

## VII

De concurrentiepositie van de Nederlandse fruitteelt komt in gevaar door de aarzelende houding van verschillende belangengroepen ten aanzien van het gebruik van eenmalig fust bij de export van kwaliteitsfruit.

## VIII

Bij de huidige stand van de wetenschap is het niet juist om het woord Normaal te gebruiken in de zin van gemiddelde, zoals in weerkundige overzichten veelal geschiedt. Een jaar met „Normale” waarden voor de weersfactoren zou weliswaar „gemiddeld” zijn, maar evenzeer bijzonder abnormaal, omdat de kans dat het optreedt zeer gering is.

## IX

Een geheel vrij handelsverkeer voor tuinbouwprodukten binnen het gebied van de Europese Economische Gemeenschap zal de ontwikkeling van de tuinbouw in Nederland gunstig beïnvloeden, in het bijzonder die van de groente- en bloemteelt onder glas.

VERKERK, K.,

Proefschrift Wageningen, Stelling X, 1955.

## X

De bij het middelbaar tuinbouwonderwijs voorkomende functiecombinatie van leraar en onderzoeker is nuttig en gewenst voor het onderwijs, maar legt beperkingen op aan de aard van het te verrichten onderzoek.

VERHOEFF, K.,

Proefschrift Utrecht, Stelling IX, 1960.



Dit proefschrift met stellingen van  
**DIRK WILLEM STOLP**,  
landbouwkundig ingenieur, geboren te Dordrecht, 15 juli 1920,  
is goedgekeurd door de promotor, **IR. F. HELLINGA**,  
hoogleraar in de cultuurtechniek.

*De Rector Magnificus  
der Landbouwhogeschool,  
W. F. EIJSVOOGEL*

*Wageningen, 28 september 1960.*

**BODEMVOCHT EN GROENTETEELT  
OP EEN HOGE ZANDGROND**

**PLANT AND MOISTURE RELATIONSHIPS WITH  
VEGETABLE CROPS ON A LIGHT SANDY SOIL**

**PROEFSCHRIFT**

**TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD  
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE  
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. F. EIJSVOOGEL,  
HOGLERAAR IN DE HYDRAULICA, DE BEVLOEIING,  
DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE EN DE  
BOSBOUWARCHITECTUUR,  
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN  
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAAT  
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN  
OP VRIJDAG 4 NOVEMBER 1960 TE 16 UUR**

**DOOR**

**DIRK WILLEM STOLP**

**CENTRUM VOOR**

**LANDBOUWPUBLIKATIES EN**



**LANDBOUWDOCUMENTATIE**

**WAGENINGEN 1960**

## VOORWOORD

De op zichzelf vrij vreemde gewoonte, om op deze plaats in gedrukte vorm een persoonlijk woord te richten tot hen, die op enigerlei wijze aan de totstandkoming van het proefschrift hebben bijgedragen, geeft onvoldoende gelegenheid om uitdrukking te geven aan de waardering, die in de afgelopen jaren jegens hen is gegroeid. Nochtans stel ik er prijs op u, hooggeleerde HELLINGA, hooggeachte promotor ook langs deze weg te bedanken voor de grote gastvrijheid die ik gedurende een vijftal jaren op uw afdeling mocht genieten, voor uw nimmer aflatende vriendschappelijke steun en voor de stimulerende beoordeling van het onderzoek, dat onder uw leiding werd verricht.

Hoogedelgestrengede DE BAKKER, uw warme en intense belangstelling voor de gang van het onderzoek en uw grote medewerking hebben mij van den beginne af met bewondering en erkentelijkheid vervuld. Nog meer heb ik echter gewaardeerd de wijze waarop u mij na het afsluiten van de experimentele fase van het onderzoek in de gelegenheid hebt gesteld en hebt aangemoedigd tot het op schrift brengen van de resultaten. Deze waardering gaat ook sterk uit naar wijlen ir. F. W. HONIG, die steeds zoveel begrip betoonde voor de omstandigheden, waaronder de publikatie tot stand moest komen.

Hooggeleerde WASSINK, de gesprekken die u mij bij het begin van het onderzoek toestond hebben mij overtuigend doordrongen van de wenselijkheid, problemen als die welke in dit proefschrift worden behandeld, ook fundamenteel aan te pakken en daarbij de plant centraal te stellen. Ik ben u dankbaar voor de belangstelling, die u weet te wekken voor de plantenfysiologie en voor de gelegenheid die u hebt geboden om enkele experimenten in uw laboratorium uit te voeren.

Met eerbied gedenk ik wijlen de heer P. A. KUIPERS van de afdeling Cultuurtechniek wegens zijn sympathieke persoonlijkheid en de constructieve oplossingen die hij voor technische moeilijkheden wist te geven.

Waarde STAKMAN, BIERHUIZEN, DE VOS, TOUSSAINT en JONGEJAN, uw enthousiasme en belangstelling bij de uitvoering van het onderzoek en de verwerking van de resultaten zullen steeds als goede herinneringen aan de tijd die wij mochten samenwerken voor mij bewaard blijven.

De steun, die ik heb ondervonden van het Centrum voor Landbouwwiskunde bij het analyseren van de proefveldgegevens memoreer ik met veel dankbaarheid. In het bijzonder heb ik de vele adviezen en de aandacht van u, waarde JUSTESEN, KEULS en POST bij het onderzoek op hoge prijs gesteld.

Mejuffrouw E. SNAPPER betuig ik gaarne mijn waardering en dankbaarheid voor de bijzonder prettige en accurate wijze, waarop zij het vele tikwerk dat aan deze publikatie was verbonden, verzorgde, het personeel van de Bibliotheek van de Landbouwhogeschool voor de medewerking bij het literatuuronderzoek, het Bureau van de Hoofdingenieur voor het vervaardigen van de figuren, de heren ir. D. J. MALTHA en mr. A. RUTGERS (Pudoc) voor de verzorging van deze publikatie en de heer W. LE FEVRE voor zijn hulp bij het in hoog tempo persklaar maken van het manuscript.

Chronologisch weliswaar het laatste genoemd, is mijn erkentelijkheid jegens directie en personeel van drukkerij ANDO voor de buitengewone inspanning en zorg bij het drukken, toch zeer groot.

# INHOUD

1. INLEIDING EN LITERATUURBESPREKING	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Literatuurbespreking	3
1.2.1. Niet experimenteel: Landbouwmeteorologische statistiek	4
1.2.2. Experimenteel	6
1.2.2.1. Experimenten zonder waarnemingen aan bodemvocht en klimaat	6
1.2.2.2. Experimenten met waarnemingen aan klimaat	8
1.2.2.3. Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht	9
1.2.2.3.1. Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht in termen van beschikbaar water	10
1.2.2.3.2. Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht in termen van vrije energie of vochtspanning	13
1.3. Aanleiding tot het onderzoek	23
1.4. Samenvatting	25
2. MATERIAAL EN METHODEN	28
2.1. Het proefterrein	28
2.2. De gewassenkeuze	32
2.3. Teeltplannen en -schema's	35
2.4. De vochtbeheersing	37
2.4.1. Afscherming tegen regen	38
2.4.2. De watervoorziening	44
2.4.3. Waterdosering	50
2.4.4. Tijdstip en hoeveelheid van watertoediening	52
2.4.5. Invloed van beregening op bodemtemperatuur	53
2.5. VochtbePALING en vochtspanning	55
2.5.1. De vochtbePALING	56
2.5.2. De vochtspanning	57
2.5.2.1. De pF-curve	59
2.5.2.2. De herleiding van vochtgehalten tot pF	65
2.5.2.3. Veldcapaciteit	65
2.5.2.4. De verwelkingsgrens	67

Dit proefschrift verschijnt tevens als no 66.16 in de reeks  
Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen

2.5.2.5.	Hysteresis	68
2.5.2.6.	Invloed van osmotische spanning	69
2.6.	Hoeveelheid beschikbaar vocht	73
2.7.	De aëratie	73
2.8.	Het gemiddelde vochtgehalte en het vochtgehaltebeloop tussen de periodieke vochtgehaltebepalingen	75
2.9.	Samenvatting	87
3.	PROEFNEMINGEN	89
3.1.	Indeling van de proefnemingen in verband met de doelstelling van het onderzoek	89
3.2.	Proeven in 1953 en een proef in 1954 met vochttrappen	91
3.2.1.	Aardappelen 1953	91
3.2.2.	Bieten 1953	96
3.2.3.	Tuinbonen 1953	100
3.2.4.	Wortelen 1953	105
3.2.5.	Bieten 1954	111
3.3.	Proeven in 1953 en 1954 met vochttrappen, waarbij een of enige zeer natte objecten	116
3.3.1.	Andijvie 1953	116
3.3.2.	Savoyekool 1953	119
3.3.3.	Sla 1953	121
3.3.4.	Stamslabonen 1953	125
3.3.5.	Aardbeien 1954	128
3.4.	Een proef in 1954 met vocht- en stikstoftrappen	132
3.5.	Proeven in 1954 met langzame uitdroging van de grond	137
3.5.1.	Andijvie 1954	137
3.5.2.	Bloemkool 1954	141
3.6.	Proeven in 1955 met vochttrappen in onderscheiden groeistadia	145
3.6.1.	Stamslabonen 1955	146
3.6.2.	Tuinbonen 1955	150
3.6.3.	Sla 1955	158
3.6.4.	Spinazie 1955	165
3.6.5.	Boerekool 1955	169
3.7.	Samenvatting	171
4.	DISCUSSIE	174
4.1.	Inleiding	174
4.1.1.	De inhoud van dit hoofdstuk	174
4.1.2.	De invloed van (tijdelijke) glasbedekking	174

4.1.3. Randwerking en opbrengstbepaling	176
4.2. De resultaten	178
4.2.1. Globale vergelijking der resultaten	181
4.2.2. Nadere bespreking van de resultaten in verband met enige groeifactoren en uitwendige omstandigheden	190
4.2.2.1. Het wortelstelsel en de wortelvorming als gewaseigenschappen	190
4.2.2.2. Verschillen in temperatuur	191
4.2.2.3. Verschillen in de potentiële evapotranspiratie	193
4.2.2.4. Conclusie	195
4.2.3. Gevoelige perioden	196
4.2.3.1. Gevoelige-periodenproeven	196
4.2.3.2. Vochttrappen en gevoelige perioden	198
4.2.3.3. Gevoelige perioden en opbrengstspreading tussen herhalingen	205
4.2.4. De betekenis van de gevonden samenhang tussen gemiddeld bodemvochtgehalte en opbrengst e.d. in termen van vochtspanning (pF)	208
4.3. Waterverbruik en bodemvochttoestand	213
4.4. Samenvatting	216
SUMMARY	218
LITERATUUR	225

# 1. INLEIDING EN LITERATUURBESPREKING

## 1.1. INLEIDING

In de gehele wereld komt het streven in de landbouw naar hogere opbrengsten en een zekerder oogst tot uiting in de behoefte aan beheersing van de groeifactoren, welke min of meer beïnvloed kunnen worden bij de opengrondsculturen, hetzij door afvoer van overmaat (drainage), hetzij door aanvulling van de natuurlijke neerslag (irrigatie).

Historisch is watertoediening dan ook een der eerste hulpmiddelen geweest voor opbrengstverhoging in de landbouw.

De behoefte aan enige vorm van watertoevoer aan de gewassen wordt bepaald door een aantal factoren:

1. Het totale waterverbruik der gewassen bij een maximale opbrengst aan gewenste bestanddelen.

Dit is naast de aard van het gewas in hoofdzaak afhankelijk van de weersfactoren, die de verdamping (evapotranspiratie, als som van de transpiratie door de planten en de directe evaporatie van het bodemvocht) bepalen, van de vruchtbaarheid van de betreffende grond en van de groeitijd.

2. De totale hoeveelheid natuurlijke neerslag, in het bijzonder gedurende de groeitijd van de gewassen en de verdeling daarvan over deze tijd.

3. Het vermogen van de grond om als reservoir te fungeren, waarin het water beschikbaar wordt opgeslagen en waaruit de planten in tijden van droogte water kunnen opnemen. Deze reservoirfunctie kan op twee manieren optreden, nl. met en zonder het voorkomen van vrij phreatisch (grond-)water op een zodanige diepte, dat de planten er via capillair watertransport uit kunnen putten. De uiteenzettingen in dit geschrift hebben betrekking op de situatie waarbij het grondwater te diep voorkomt om van directe betekenis te zijn voor de watervoorziening van de planten. Het water wordt dan voornamelijk door capillaire krachten in de poriën van de grond vastgehouden tegen de invloed van de zwaartekracht. Hierop wordt in hoofdstuk 2 nader ingegaan.

Naarmate de totale hoeveelheid neerslag gedurende de groeitijd geringer is en ongelijkmatiger verdeeld is over de tijd, worden hogere eisen gesteld aan het onder 3. bedoelde vermogen. Het is meestal — en zeker in aride gebieden — van belang dat het reservoir gevuld is bij de aanvang van het groeiseizoen.

De waterlevering gedurende perioden met minder neerslag dan overeenkomt met de waterbehoefte der gewassen is kwantitatief begrensd door de inhoud van het reservoir. Deze inhoud wordt, behalve door de aard van de grond, bepaald door de diepte en intensiteit van doorworteling.

Het doel van kunstmatige watervoorziening moet zijn beheersing van de groeifactor water; dat is meer dan een verzekering tegen de gevolgen van een grote



droogte. Een juist gebruik dient aangepast te zijn aan de waterbehoefte van het gewas in elk groeistadium en aan de eigenschappen van de grond.

Deze grondslagen zijn langer buiten het onderzoek gebleven dan de geschiedenis van de irrigatie zou doen verwachten.

De irrigatie is lang beperkt gebleven tot tropische en sub-tropische aride gebieden, waar zonder toegevoegd water geen landbouw mogelijk zou zijn. Incidenteel vond in het verleden ook wel watertoediening in gematigde klimaatzones plaats. Overblijfselen van oude irrigatiewerken in Zwitserland wijzen daarop. In Duitsland, Zweden en ook in Nederland werd in vorige eeuwen wel bevloeid, in hoofdzaak grasland. In 1851 gaf de Geldersche Maatschappij van Landbouw de 2e druk uit van een „Handleiding tot het Vloeiën van hooilanden voor Nederland”. In Duitsland werd in 1894 door de „Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft” een commissie gevormd, die tot taak kreeg de mogelijkheden van kunstmatige watervoorziening in de akkerbouw na te gaan. Als mogelijkheid van toepassing werd in het begin van de 20e eeuw de berekening aangewezen. De techniek was in die tijd echter nog onvoldoende ontwikkeld om een sterke uitbreiding te kunnen geven aan de toepassing hiervan in de praktijk.

In de U.S.A. is een soortgelijke ontwikkeling waar te nemen. De droge westelijke staten hebben vanaf de kolonisatie irrigatie gekend voor de meeste cultuurgewassen. De watervoorraden waren beperkt; dit heeft reeds vroeg geleid tot gemeenschappelijke maatregelen van efficiëntie en tot daartoe strekkend onderzoek. In deze streken is intensieve landbouw zonder irrigatie praktisch uitgesloten, in tegenstelling tot de oostelijke staten, waar de kunstmatige watervoorziening aanvullend is. In laatstgenoemde gebieden is de irrigatie van veel jongere datum, kleiner van omvang en individueler van karakter dan in het westen. (QUACKENBUSCH en THORNE, 1957; HUBERT et al., 1927; MOLENAAR en VINCENT, 1951).

Volgens PARKS (1951) is in het oostelijke deel van de U.S.A. het gerichte onderzoek lang achtergebleven. Pas sinds de laatste wereldoorlog wordt er van overheidswegen behoorlijk aandacht geschonken aan de problemen, die „supplemental irrigation” schept, zij het dat de omvang van het onderzoek niet in overeenstemming zou zijn met de eisen, die de snelle ontwikkeling op dit gebied stelt. Als verklaring wordt genoemd, dat in het Oosten vraagstukken als verzilting, drainage, zuinigheid met water e.d. van geen of weinig betekenis zijn en grote gemeenschappelijke irrigatieprojecten, zoals in het Westen, noch voorkomen noch nodig zijn. Aan deze verklaring kan worden toegevoegd, dat de sterke variatie van de totale neerslag ten opzichte van de totale verdamping, die het klimaat van deze streek en ook dat van Nederland kenmerkt, aanvankelijk de behoefte aan irrigatie heeft versluierd.

Bij de aanvullende watervoorziening doet zich een aantal vragen voor. Voorzover deze samenhangen met de hierboven aangeduide reservoirfunctie van de grond en de eisen welke de planten stellen, hebben deze vragen aanleiding gegeven tot het onderhavige onderzoek. Daarbij is het oog speciaal gericht geweest op de opengrondsgroenteteelt in Nederland. Zo is het van belang te weten of de

waterlevering gelijk is indien het reservoir met wisselende hoeveelheden gevuld is en of er steeds voldoende water geleverd wordt om in de waterbehoefte van de gewassen te voorzien. Indien vermoed kan worden dat dit niet het geval is, is het van belang te weten tot welke grens de grond mag uitdrogen voordat de plantengroei, althans de produktie van gewenste bestanddelen, stagneert of vermindert. Ongeacht economische aspecten is deze uitdrogingsgrens van praktische betekenis bij de toepassing van kunstmatige vulling van het reservoir door middel van bevloeiing of beregening. Deze grens is tevens bepalend voor de hoeveelheid water, die telkenmale ter aanvulling moet worden toegediend.

## 1.2. LITERATUURBESPREKING<sup>1</sup>

De veelheid van literatuurgegevens betreffende het onderzoek over kunstmatige watertoediening en daarmee samenhangende vraagstukken — vide de lengte der literatuurlijst — maakt een systematische indeling wenselijk.

Hierbij doen zich verschillende mogelijkheden voor: indeling naar landen, naar gewassen, naar onderzoekmethoden. Landen en methoden blijken nogal eens met elkaar samen te hangen: er ontwikkelen zich „scholen” die aan een bepaalde conceptie vasthouden. De literatuur betreffende het onderzoek met groentegewassen is betrekkelijk schaars.

Ten einde verschillende aspecten voldoende te kunnen bespreken is ook van gegevens over andere gewassen gebruik gemaakt. Aangezien het onderhavige onderzoek uitsluitend groentegewassen omvat, is in de samenvatting van dit hoofdstuk een indeling naar gewas opgenomen.

De hoofdingeling — zij het een globale — is gemaakt naar de wijze waarop de beschikbare gegevens door de auteurs verkregen zijn, nl.:

- A. niet experimenteel, berustend op landbouwmeteorologische statistiek,
- B. experimenteel,

- 1. zonder waarnemingen aan bodemvocht en klimaat,
- 2. met waarnemingen aan klimaat,
- 3. met waarnemingen aan bodemvocht,
  - a. in termen van beschikbaar water (volumetrisch),
  - b. in termen van vrije energie of vochtspanning.

Een scherpe onderscheiding is niet mogelijk. Sommige waarnemingen dragen zo sterk het karakter van een schatting, dat zij moeilijk tot het experiment gerekend kunnen worden. Zo zullen resultaten van proeven over het effect van irrigatie op de opbrengst van gewassen in natte en in droge jaren bezwaarlijk onder 2. gerangschikt kunnen worden. Er worden ook nogal eens proeven beschreven, waarbij het uiterlijk van de planten als indicatie van droogte en bevloeiingsbehoefte wordt gebruikt. Zij zijn in het algemeen onder 1. genoemd.

<sup>1</sup> Dit literatuuronderzoek werd op 1 januari 1956 afgesloten. In incidentele gevallen is nog gebruik gemaakt van meer recente literatuur.

Bij enkele onderzoeken zijn ook verschillende ontwikkelingsstadia of perioden in de groeitijd der gewassen onderscheiden ten einde na te gaan of de eisen aan de watervoorziening gesteld, in de loop van de groeitijd veranderen. Hoewel deze vraag in het onderhavige onderzoek afzonderlijk wordt behandeld, is de betreffende literatuur volgens bovenstaand schema gerubriceerd.

Zoals in het bijzonder bij paragraaf 1.2.2.3. van dit hoofdstuk zal blijken, geeft de besproken literatuur meermalen aanleiding tot min of meer theoretische beschouwingen, welke van nut kunnen zijn voor de interpretatie van de experimentele resultaten.

### 1.2.1. NIET EXPERIMENTEEL: LANDBOUWMETEOROLOGISCHE STATISTIEK

In Duitsland is de aandacht reeds in het begin van deze eeuw op de mogelijkheden van berekening gericht geworden. Om deze aan te tonen, werden droogtekaarten samengesteld, waarop voor de periode april-september het aantal malen dat een zekere minimale maandelijkse regenval niet werd bereikt, werd aangegeven. Deze minima waren arbitrair en berustten niet op exact onderzoek; evenmin werd met de grondsoort rekening gehouden. Naar huidige opvattingen waren de marginale maandsommen 40 à 70 mm, afhankelijk van de maand, laag gekozen.

Op de betekenis voor de droge-stofproductie van de hoeveelheden water die het gewas ter beschikking staan wees reeds VON SEELHORST (1911). Op de uitspraak, dat de afzonderlijke ontwikkelingsstadia van de plant een rol spelen bij de vorming van de verschillende plantedelen, zoals wortels, stengels, bladeren, bloemen, vruchten, heeft BROUWER voortgebouwd door meer de nadruk te leggen op het berekeningstijdstip als functie van de ontwikkeling van het gewas dan op de betekenis van uitwendige omstandigheden. Met behulp van de landbouwmeteorologische statistiek, waarbij correlaties gezocht worden tussen de weersomstandigheden gedurende de groei — in dit geval speciaal de neerslag — en de opbrengst, werden aanwijzingen verkregen over de perioden (ontwikkelingsstadia) waarin veel neerslag gunstig was voor de opbrengst (BROUWER, W., 1926; 1926/27; 1930a).

Behalve BROUWER verrichtten ook anderen ecologisch statistisch onderzoek om de betekenis van de factor neerslag voor de opbrengst van verschillende gewassen te analyseren in verband met andere omstandigheden: BAUMANN, 1949a (graan en sla); SCHONNOPP, 1950; HERRMANN, 1954 en 1955; McDERMOTT en IVINS, 1955 (aardappelen); KORTE, 1955 (aardappelen en bieten).

BAUMANN (1951a) adviseert in een overzicht over de beregeningservaringen bij opengrondsgroenteteelt in het jeugd stadium spaarzaam te zijn met extra water, omdat dit dan de vegetatieve groei te sterk kan stimuleren en omdat het een grotere waterbehoefte in latere groeistadia ten gevolge zou hebben. Dit laatste is gebaseerd op de theorie, dat een jonge plant een hygrophytische constitutie aanneemt als veel gemakkelijk opneembaar water beschikbaar is en dientengevolge op latere leeftijd in een luxe-consumptie vervalt, die niet tot hogere opbrengsten leidt. Ieder cultuurgewas zou een „konstitutionsoptimum” hebben, waarbij groei-

processen optimaal verlopen en het hoogste rendement wordt verkregen van de daarbij behorende hoeveelheid water (BAUMANN, 1949b). KORTE (1955) meent hiervan een bevestiging te vinden in de waarneming dat te Völkenrode in 1953 met 270 mm regen van mei tot september evenveel suikerbieten geoogst werden als in 1954 met 440 mm regen. Zonder gegevens over het feitelijke waterverbruik en de neerslagverdeling in beide jaren is deze conclusie echter wel gewaagd. Hoewel de watervoorziening in het tweede deel der groeiperiode dus ruim mag zijn, wordt waakzaamheid tegen grote wisselingen in de watervoorziening in het jeugd stadium aanbevolen, dus kleine regengiften.

SCHONNOFF (1956) pleit in navolging van SCHNELLE (1951) ook voor het rangschikken van de voornaamste weergegevens (neerslag, temperatuur, wind en luchtvochtigheid) naar de ontwikkelingsstadia van de gewassen, ten einde de basis te verkrijgen waarop een nauwkeurig onderzoek kan plaats vinden naar de beste beregeningsmethode in de gebieden die voor een bepaalde teelt en voor de beregening van die teelt geschikt blijken te zijn.

Om de irrigatiebehoefte van een aantal belangrijke landbouwgewassen in Zweden te bepalen onderzocht HALLGREN (1947) de samenhang tussen de opbrengst, de neerslag en de temperatuur tijdens de groei, waarbij de laatste in perioden van een of twee maanden werd verdeeld. Op grond van oriënterende onderzoeken werd een lineaire regressie van opbrengst op temperatuur, een parabolische van opbrengst op neerslag aangenomen. Het verschil tussen de aldus gevonden optimale neerslaghoeveelheden en de gemiddelde regenval in de onderscheiden perioden is het gemiddelde neerslag-deficit. Dit bleek het grootste voor grasland in Midden- en Zuid-Zweden en Gotland gedurende mei en juni.

Ook in de U.S.A. is met behulp van landbouwmeteorologische statistiek door verschillende onderzoekers een benadering gegeven van de reactie van gewassen op de vochtvoorziening (COLE, 1938; WERNER, 1936).

STAPLE en LEHANE (1954a en b) betrokken hierin zowel de regenval als de verandering van de bodemvochtvoorraad en constateerden, dat de opbrengst van tarwe in een district van Canada het beste weergegeven wordt als een tweede-gradsfunctie van het waterverbruik. Het opvallende daarbij is echter, dat dit een holle curve is, d.w.z. met een toenemende meeropbrengst bij stijgend waterverbruik. Het verschil met een lineair verband is echter gering. Over 31 jaar gemiddeld bleken regenwater en aanvankelijk aanwezig bodemvocht even effectief voor de opbrengst te zijn.

Bij een ander onderzoek (LEHANE en STAPLE, 1953) kwam echter naar voren, dat op leemgronden de neerslag een groter effect heeft dan het bodemvocht, terwijl blijkt dat op kleigronden het omgekeerde het geval is. Uit dit soort onderzoeken is weliswaar een indruk in kwantitatieve zin te verkrijgen over de betekenis van de vochtvoorziening voor de opbrengst, maar een verband tussen de opgetreden bodemvochtverhoudingen en de opbrengst is niet af te leiden.

In Nederland werd de landbouwmeteorologische statistiek toegepast door o.a. IGNATIUS en DE WIT (1949), POST (1949) en DE WIT (1958) ter benadering van het vraagstuk der waterhuishouding in de landbouw.

## 1.2.2. EXPERIMENTEEL

### 1.2.2.1. Experimenten zonder waarnemingen aan bodemvocht en klimaat

RICHARDS en WADLEIGH (1952) hebben een uitvoerig overzicht gegeven over de voornaamste literatuur tot 1950 over de betrekkingen tussen plantengroei en bodemvocht. Het betreft nagenoeg uitsluitend publikaties in de Engelse taal.

Veel van de oudere proeven, genomen in aride gebieden, hebben een sterk empirisch karakter, doordat de hoeveelheden irrigatiewater en soms ook het aantal irrigaties werden gevarieerd zonder exact rekening te houden met grondsoort, begroeiing en weersomstandigheden. Bovendien werd het water meestal in een of ander bevoeiingssysteem gegeven met uiteenlopende rendementen en moeilijke meetbaarheid.

Over dit soort proeven wordt gerapporteerd door o.a. BECKETT en HUBERTY (1928, lucerne), CURRY (1937 en 1941, uien), MACGILLIVRAY (1950, „white potatoes”), MACGILLIVRAY en CLEMENTS (1949, wortelzaad), MACGILLIVRAY en DONEEN (1947, tomaten), FORTIER en YOUNG (1930, enkele groentegewassen).

MACGILLIVRAY (1949) waarschuwt echter dat de tuinder zich niet mag verlaten op het uiterlijk van de planten, omdat de groei van de meeste groentesoorten stagneert vóórdat verwelking optreedt.

Uit diverse proeven concludeert MACGILLIVRAY (1951) door schematisering tot een verband tussen de opbrengst van groenten en de hoeveelheid irrigatiewater inclusief de bodemvoorraad volgens fig. 1.

FIG. 1. Schematisch verband tussen de hoeveelheid irrigatiewater inclusief de bodemvochtvoorraad en de opbrengst van groenten. MACGILLIVRAY (1951).

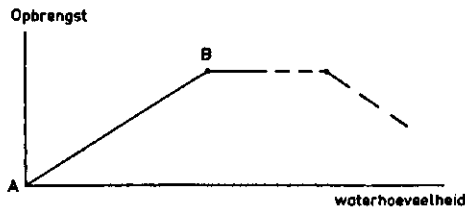


FIG. 1. Schematic relation between the quantity of irrigation water including the soil moisture supply (horizontal axis) and the yield of vegetables (vertical axis) according to MACGILLIVRAY (1951).

De helling van AB en de hoogte van B zouden gewaseigenschappen zijn; de gestippelde dalende tak hangt samen met uitspoeling, structuurbederf en onvoldoende aëratie.

Bij de proeven die van 1946–1950 door BAUMANN (1951a) werden gedaan vonden evenmin bodemvochtmetingen plaats. De beschreven verschillen tussen de eisen die de gewassen aan de vochtvoorziening stellen wekken nochtans de indruk, dat de verklaring in het vochtgehaltebeloop van de grond, in de evapo-

transpiratie en in de bewortelingshabitus gezocht moet worden, al hebben natuurlijk ook andere groeifactoren invloed op het resultaat.

Op de aanwijzingen die de landbouwmeteorologische statistiek gaf over de perioden in de groeitijd van gewassen waarin veel neerslag gunstig was voor de opbrengst, werden door BROUWER beregeningsproeven gebaseerd die uitsluitend moesten geven over het bestaan van de zgn. „kritische Zeiten”. Daarbij werd de totale groeitijd ingedeeld in een aantal korte perioden, bijv. decaden. Zonder systematisch rekening te houden met bodemvochttoestand en natuurlijke neerslag, werd bij deze proeven meestal beregend in twee opeenvolgende korte perioden met een vaste hoeveelheid water, bijv. 20 mm per keer. De objecten bestaan dan uit een opschuiving van de periodenparen waarin beregend wordt van het begin der cultuur tot de oogst. Soms werden nog enkele combinaties toegevoegd, zoals een vroege en een late beregening, terwijl tevens overbemesting wel als variabele werd ingevoerd. Als maat voor het beregeningseffect wordt de meeropbrengst in kg per gegeven mm water gebruikt (BROUWER, W., 1933).

Het type proeven dat hier bedoeld wordt valt op door gebrek aan systematiek en reproduceerbaarheid. De onderzochte factor is niet meetbaar en daardoor niet beheerst. Als voorbeeld kan dienen dat het geven van 20 mm per decade, ongeacht het weer en de bodemvochtigheid, voor conclusies over het rendement een lange reeks proefjaren en een uitputtend aantal combinaties vereist. Bij een vegetatieperiode van 6 decaden en de veronderstelling dat in maximaal twee van deze decaden met een zekere hoeveelheid water beregend zal worden, zijn reeds 21 objecten mogelijk; BROUWER beperkt zich echter tot een klein aantal (ca. 6) daarvan. Doordat het beloop van het bodemvochtgehalte buiten beschouwing blijft, is te verwachten dat een belangrijk deel van de vermeende specifieke periode-gevoeligheid een logisch gevolg is van de uitdroging van de grond in de loop van het groeiseizoen. Bovendien neemt de transpiratie in die tijd sterk toe, zodat een grotere waterbehoefte gemakkelijk het effect van de genoemde uitdroging kan versterken en aldus voor veel gewassen tot een gevoeligheid in de maand juni doet concluderen zonder dat dit een eigenschap van die gewassen is. Tijdstip en mate van loofontwikkeling zijn uiteraard als gewaseigenschappen wel van invloed op de uitdroging. Het is dan ook aannemelijk, dat het rendement van de verschillende beregeningen ongelijk zal zijn, maar dat betekent niet dat alleen de hoogstrenderende mm verantwoord zijn. De conclusie bijv. dat het effect van beregening, uitgedrukt in meeropbrengst per mm gegeven water, op een groter is naarmate later begonnen wordt, moge op zichzelf juist zijn, als basis voor advieswerk is die conclusie van weinig waarde.

De bezwaren gelden in hoofdzaak de onderzoeksmethode en het generaliserend interpreteren van de resultaten.

In recente mededelingen (BROUWER, 1958) wordt althans ten aanzien van groentegewassen een minder extreem „perioden”-standpunt ingenomen, want er wordt erkend, dat deze tijdens hun gehele vegetatie hoge eisen aan de bodemvochtigheid stellen. Het onderscheid dat bij deze gewassen gemaakt wordt be-

treft de specifieke eisen die de verschillende gewassen aan de bodemtemperatuur stellen. Gewaarschuwd wordt voor de koudeshock, die warmteminnende groenten als sla en vroege rapen van beregening kunnen krijgen, omdat de bodemtemperatuur enkele graden verlaagd kan worden door water geven.

WITTE (1955) heeft eveneens afstand genomen van de eenzijdige benadering van de beregeningsproblemen met de gevoelige-periodeopvatting. Het resultaat van beregening wordt, aldus deze onderzoeker, niet alleen bepaald door het tijdstip en de grootte van de watergiften in afhankelijkheid van het bodemvochtgehalte; ook de temperatuur en de vochtigheid van de lucht moeten in aanmerking worden genomen. Beregening bij lage temperatuur kan zelfs op droge grond zonder effect zijn, omdat dan niet de vochtvoorziening maar de temperatuur in het minimum verkeert. Moge dit in theorie juist zijn, overtuigend bewijsmateriaal werd nog niet gepubliceerd.

### 1.2.2.2. *Experimenten met waarnemingen aan klimaat*

Bij een beperkt aantal onderzoeken, voornamelijk in Europa ondernomen, zijn de toegepaste behandelingen afhankelijk gesteld van de weersomstandigheden en in het bijzonder van de neerslag; ook hieraan kunnen globale aanwijzingen over de reactie van verschillende gewassen op droogte en irrigatie ontleend worden, doch de fase grond in het systeem grond-plant-atmosfeer blijft buiten beschouwing. Dit type onderzoek is daarom van beperkte betekenis. De waarnemingen hebben meestal slechts betrekking op de natuurlijke neerslag in een tijdvak voorafgaand aan dat waarin irrigatie plaats vindt, dan wel op de „normale” neerslag in een bepaald tijdvak. In enkele gevallen is ook de evapotranspiratie in het onderzoek betrokken.

Voor de beschrijving van dit soort proefnemingen kan worden gewezen op publikaties o.a. van CARREKER en LIDDELL (1948, „limabeans”, „early squash”, komkommer en groene peper in Georgië U.S.A.), NETTLES et al. (1952, groentegewassen in Florida), ESBYBERG en PRYTZ (1925, aardbeien, vroege aardappelen, vroege witte kool, vroege bloemkool en enkele landbouwgewassen in Denemarken). NYHLEN (1953) vulde bij een achttal groentegewassen de natuurlijke neerslag in juni, juli en augustus aan tot 100 mm per maand. HEICK (1952) bracht iets grotere variatie aan door de natuurlijke neerslag in mei, juni, juli en augustus aan te vullen tot resp. 60, 80, 100 en 120 mm bij gerst, aardappelen, suikerbieten en kunstweide in Denemarken.

In Duitsland heeft DEMNIG (1933) de methode van onderzoek toegepast, waarbij de „normale” regenval als basis voor de beregeningsobjecten wordt gebruikt. Hij paste bovendien glaskappen toe. Naast „onbehandeld” — buiten het eigenlijke proefveld gelegen — werd 150 % resp. 200 % en 250 % van de „normale” maandsom van de neerslag gegeven, verdeeld over 10 regelmatig verdeelde doses per maand.

Bij proeven van WOLTERS (1954), die onder leiding van WITTE werden genomen, werd een methode toegepast die veel overeenkomst heeft met de proeven van BROUWER. Er werden echter twee waterhoeveelheden, nl. van 15 mm en

30 mm per periode onderscheiden, die boven de natuurlijke neerslag in de verschillende (4) perioden werden gegeven. Het aantal combinatiemogelijkheden werd met totaal 15 objecten echter zeer beperkt benut. De bodemvochtbepalingen, die in een van de drie jaren werden verricht, dienden ter bepaling van het vochtgehaltebehoop onder de heersende omstandigheden, niet als grondslag van de behandelingen.

WOLTERS concludeert, dat de „kritische Zeiten” van BROUWER bij langgroeiende groentegewassen meestal samenvallen met de sterkste voedselopname, krachtige groei, hoge temperaturen en uitputting van de bodemvochtvoorraad; verder, dat het ook van belang is om in vroegere groeistadia droogteperioden met optimale temperatuur door aanvulling van het bodemvocht te overbruggen; ook bij kortgroeiende gewassen.

In de Engelse literatuur worden in enkele artikelen (SKILLMAN, 1947; RHODES and SKILLMAN, 1949; LOCKIE, 1954) belangwekkende praktische aanwijzingen gegeven over de irrigatie van tuinbouwgewassen, doch niet vermeld wordt op welk soort proeven deze gebaseerd zijn. Door PENMAN (1949a en b, 1950, 1952, 1956) worden de verdamping en de transpiratie als een fysisch gebeuren bestudeerd en in verband gebracht met de waterbehoefte der gewassen. Hij laat de vraag, tot hoever de grond mag uitdrogen zonder tot groeiremming en opbrengstverlaging te leiden, onbeantwoord aan de landbouwkundigen over. Mede onder invloed van het werk van PENMAN werd in Nederland bijzondere aandacht gegeven aan de evapotranspiratie in verband met de opbrengst van gewassen (WESSE-LING, 1957; VAN DUIN en SCHOLTE UBING, 1955; SCHOLTE UBING, 1958).

### 1.2.2.3. *Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht*

Deze waarnemingen kunnen van uiteenlopende aard zijn. De subjectieve beoordeling van de uitdrogingsgraad van de grond op gevoel, die HEICK and SANDFOER (1957) invoerden bij een onderzoek met granen, koolrapen en klaver, is een nog weinig exacte benadering.

FRÖHLICH (1955a) leidde uit de groeicurve en het bodemvochtgehaltebehoop voor een aantal groentesoorten af, in welke periode de sterkste wateronttrekking plaats vindt en concludeerde daaruit dat in die periode beregening resultaat zal geven en deze daarbuiten meestal schadelijk zal zijn. Al wordt hier het vochtgehalte van de grond gemeten, een verband met de groei of opbrengst is niet aangetoond en de getrokken conclusie is dan ook zwak gefundeerd.

In de loop der jaren heeft het irrigatieonderzoek zich aangepast aan de ontwikkeling van de kennis van de grond. Begrippen als „moisture equivalent”, later ook veldcapaciteit en (permanent) verwelkingspercentage (P.W.P.) en daarmee ook de term hoeveelheid beschikbaar vocht, vonden ingang. Zij werden gebruikt als grootheden bij de beoordeling van de vochttoestand van de grond en daardoor ook voor het vaststellen van toelaatbare uitdrogingen en voor het bepalen van de hoeveelheden water die dan gegeven moeten worden.

Dit systeem, waarbij dus uitgegaan wordt van vochtgehalten of een maat daar-



voor, heeft als voordeel boven het strak schematische verstrekken van een zekere hoeveelheid water per week, 2 weken, enz., dat de waterbehoefte van de plant tot uiting komt in verband met zijn eigen ontwikkeling en met het weer.

Dit wordt bereikt door de vochtvoorraad, als saldo van neerslag, verdamping en eventueel weggezaakt water, in aanmerking te nemen. Een tweede voordeel is dat dit tevens leidt tot een besparing aan water en tot een minimum aan uitspoeling.

Proeven, die door de conclusies die er aan verbonden zijn reeds enkele decennia de aandacht trekken en het onderzoek van anderen gestimuleerd hebben, zijn die van VEIHMEYER, HENDRICKSON en medewerkers. Deze proeven laten zich moeilijk rubriceren in de hierna volgende onderverdeling, omdat zij weliswaar gebaseerd zijn op bepalingen van veldcapaciteit en verwelkingspercentage van de grond, maar als behandelingsobjecten uiteenlopen van aantallen malen irrigeren, hoeveelheden irrigatiewater en uitdrogingsgrenzen, uitgedrukt in bodemvochtgehalte, tot combinatie daarvan.

De hierboven bedoelde conclusies behelzen dat het water in het traject van veldcapaciteit tot verwelkingspercentage voor de planten even gemakkelijk opneembaar is en, indien dit niet door de opbrengstwaarnemingen wordt bevestigd, dat het economisch niet verantwoord is te irrigeren voordat het verwelkingspercentage is bereikt (HENDRICKSON en VEIHMEYER, 1946).

In verband met het belang van het hiermee aangesneden vraagstuk wordt er bij de conclusies van deze paragraaf 1.2.2.3. een aparte bespreking aan gewijd (blz. 18 e.v.).

#### 1.2.2.3.1. *Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht in termen van beschikbaar water.*

Bij de proeven in deze rubriek worden de objecten vaak aangegeven met het percentage van het totaal beschikbare vocht (tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt) dat verbruikt is (soms ook dat over is), voordat geïrrigeerd wordt.

Zo waren in proeven van BOWERS et al. (1952) met „sweet potatoes” in Arkansas slechts drie objecten betrokken: onbehandeld tegenover irrigatie, nadat 80 % dan wel 50 % verbruikt was. Weliswaar waren de opbrengstverschillen tussen de laatste twee veel kleiner dan tussen de eerste twee objecten, doch de conclusie kan niet verder gaan dan dat irrigatie gewenst is. Soortgelijke bezwaren klevan aan het onderzoek van CYKLER (1946) en van PRATT (1955) met aardappelen.

Ook proeven, waarbij tegenover onbehandeld slechts één vochttrap staat, ook al is die gebaseerd op bodemvochtbepalingen en een uitdrogingsgrens, geven weinig inzicht in het verband tussen groei (opbrengst) en vochtthuishouding. Zij kunnen slechts plaatselijk een informatie geven over het belang van irrigatie. Zo is het op zichzelf weinig zeggend dat LAND en CARREKER (1953) bij tomaten en stokbonen resp. 190 % en 940 % meer opbrengst kregen door irrigatie (nadat ca. 70 % van het beschikbare vocht in de bovenste 45 cm van de grond was verbruikt). Het wijst meer op een slechte oogst zonder irrigatie.

BRADLEY en PRATT (1954) stelden als grenzen van uitdroging 50 %, 25 % en 5 % van het traject, gerekend vanaf P.W.P., tegenover onbehandeld. Uit de waarneming dat de opbrengstverschillen bij aardappelen tussen 50 % en 25 % groter waren dan tussen 5 % en onbehandeld werd geconcludeerd dat het beter is bijtijds water te geven dan laat. De vraag of 50 % tijdig genoeg is blijft onbeantwoord, maar het is opvallend, dat zowel in 1952 als in 1953 op de „fine sandy loam” (11 % beschikbaar vocht) te Ithaca een vrijwel rechtlijnig verband bestond tussen de gestelde uitdrogingsgrenzen en de opbrengsten. Daardoor is het niet waarschijnlijk dat met het natste object het maximum is bereikt.

Bij een proef met sla op „clay loam”, waar de vier objecten bestonden uit het watergeven bij 10 %, resp. 20, 30 en 40 % van de „waterholding capacity” werd de indruk van een optimum voor 20 en 30 % gewekt, maar de verschillen waren niet significant (AGLIBUT et al., 1951).

BLOODWORTH et al. (1950) vonden weliswaar de hoogste slaopbrengst naar gewicht bij een uitdroging van niet meer dan 25 % van de beschikbare hoeveelheid vocht, maar bij de objecten 50 % en 75 % waren de percentages veilbare kropen hoger.

FULTON en MURWIN (1955) bereikten de hoogste aardappelopbrengst bij het object 25 %, maar het verschil met 50 % uitdroging was betrekkelijk klein (4 % in 1953 en 11 % in 1954). De behandeling werd begonnen bij de eerste knolvorming. Een soortgelijk resultaat had LAMBETH (1954 en 1956) met bataat („sweet potatoes”) in Missouri.

AYERS et al. (1943) kregen de hoogste opbrengst aan (droge) bonen van het natste object bij een potproef, waar water werd gegeven nadat 36 % resp. 65 % en 90 % van het beschikbare vocht was verbruikt, nl. resp. 81, 60 en 33 gram per pot.

Van een bespreking van meerdere proeven van dit type wordt afgezien.

In Duitsland geschiedt het onderzoek naar optimale bodemvochtgehalten veelal door een serie objecten te kiezen, waarbij de vochttrap als percentage van de maximale „Wasserkapazität” wordt uitgedrukt.

KOPETZ (1957) adviseert in het algemeen om met beregening aan te vangen als nog 40 à 60 % van de „Wasserkapazität” over is; het doel van de beregeningsmogelijkheid is niet om slechts als verzekering tegen abnormale droogte te dienen, maar om met over de tijd goed verdeelde watergiften een gelijkmatige vochtvoorziening zonder grote schommelingen te verkrijgen. In een proef met koolrabi waren naast de vochttrappen 25 %, 50 % en 75 % van „Wassersättigung” objecten opgenomen, waarbij een periode met vochttrap 25 % werd gevolgd door een periode met 75 % en omgekeerd 75/25. De hoogste opbrengst aan verse knollen bleek bij object 50 % (257 g) te liggen, weinig verschillend van object 75 % (234 g), terwijl 25/75 met 155 g en 75/25 met 103 g het ongunstige effect van schommelingen illustreren.

PENNINGSFELD (1954) deed potproeven met een aantal groentegewassen in zware loessleem. Niet vermeld wordt, hoe de gewenste behandelingsverschillen precies verkregen werden. Het dagelijks aanvullen van het gewogen vochtverlies kan bezwaarlijk leiden tot een uniforme en constante „Wassersättigungsstufe” in de 50-liter-potten. Immers, FRECKMANN en BAUMANN (1936) stelden reeds vast dat regen niet eerder in diepere lagen doordringt dan nadat de bovenliggende grond op „Wasserkapazität” is gekomen. Slechts veen zou hierop een uitzonde-

ring vormen. Toch wordt in de Duitse literatuur dikwijls gesuggereerd dat een zeker vochtgehalte — uitgedrukt als % van de „Wasserkapazität” — kan worden gehandhaafd. Ook de theorie van de luxe-consumptie en die van het „Konstitutionsoptimum” houden weinig rekening met de omstandigheid dat open grond na elke regenval (van enige betekenis) op veldcapaciteit komt en dan relatief heel gemakkelijk opneembaar water bevat. PENNINGSFELD constateerde niettemin de volgende optima met bijbehorende variantiebreedten, uitgedrukt in % van de maximale „Wasserkapazität”:

	optimum	variantiebreedte
kroten, prei, spinazie, stambonen	60-70 %	20-30 %
uien		10 %
erwten en tomaten	70-80 %	20 %
sla		30 %
komkommer		10 %
bloemkool en wortelen		20 %
andijvie en selderij	80-90 %	30 %
koolrapen		40 %

Lage breedtecijfers wijzen op een scherp optimum dus op grote gevoeligheid voor afwijkingen van het optimum. Wortelen, uien, komkommer en erwten bleken het gevoeligst voor overmatige vochtigheid. Het valt op dat kroten en wortelen, prei en selderij in uiteenlopende optimagroepen voorkomen. Er werden eveneens waarnemingen gedaan aan de beworteling en het spruit/wortelquotiënt.

De optima voor de beworteling liggen in het algemeen lager; de leguminosen vormen bij het optimum veel wortelknolletjes, daarbuiten geen. De spruit/wortelverhouding neemt bij de blad- en vruchtgewassen toe met de watervoorziening, gemiddeld over 8 gewassen van 5 bij 30 % van de maximale „Wasserkapazität” tot 16 bij 90 %. De blad/knol- of wortelverhouding nam in hetzelfde traject bij de genoemde wortel- en knolgewassen gemiddeld af van 1,4 tot 0,5.

Ook FRÖHLICH (1955b) nam waar, dat de spruit/wortelverhouding beïnvloed wordt door de gemiddelde bodemvochtigheid. Bij 4 vochttrappen — van „zeer droog” tot „vochtig” — werd voor tomaten, prei en komkommer het grootste quotiënt bij het natste object aangetroffen, voor selderij en witte kool bij een lager gemiddeld vochtgehalte. Aangetekend werd dat de zeer grote spruit/wortelverhouding bij komkommer, nl. ca. 25, in overeenstemming is met de grote droogtegevoeligheid bij dit gewas. Bij deze proeven op licht leemhoudende humeuze zandgrond werd de hoofdwortelmasse van alle gewassen steeds in de bovenste 30 cm aangetroffen.

In veel gevallen ligt het optimum voor kwaliteit bij lager vochtgehalte dan dat voor de kg-opbrengst. Met kwaliteit worden hier eigenschappen als smaak, suiker-, viamine C- en A-gehalten bedoeld. SCHOLZ (1940) nam bij veld- en potproeven met spinazie waar, dat het gehalte aan droge stof, stikstof, eiwit en suiker daalde ten gevolge van beregening, terwijl de verse opbrengst toenam, evenals het vitamine C-gehalte.

De absolute droge-stofopbrengst nam in deze proeven met beregening toe, zij het alleen op veengrond noemenswaardig. Ook de totale eiwitopbrengst van de beregende objecten was hoger dan van de onberegende.

Niet zelden worden ook oude maatstaven — vaste hoeveelheden water per tijdsinterval of op gevoel — met objecten met bodemkundige criteria in onderzoeken gecombineerd.

LANA en PETERSON (1954) gingen voor een zandgrond in Iowa (V.C. = 6% en P.W.P. = 1,5) na hoe groot het tijdsinterval tussen openeenvolgende irrigaties moest zijn om geen grotere uitdroging dan 50% te krijgen bij „sweet potatoes”. In het begin van de groei bleek dit 5 à 7 dagen, later 3 à 4 dagen te zijn. Een dergelijk onderzoek geeft geen uitsluitsel over de juistheid van de gestelde uitdrogingsgrens, maar bevestigt wel de droogtegevoeligheid van de betreffende grond.

Een ingewikkeld schema past LAMBETH (1956) in Missouri toe bij proeven met stamslabonen, suikermais en komkommers: 25 of 37 mm per week, of 25 mm per 2 weken of 75 mm per 3 weken, steeds verminderd met de regenval in de voorafgaande week, resp. 2 of 3 weken; 12 mm resp. 25 mm als in de voorafgaande week tussen 12 en 25 mm resp. < 12 mm regen is gevallen; wekelijks aanvullen tot veldcapaciteit en steeds 25 mm zodra 50% uitdroging is bereikt; inclusief onbehandeld totaal 8 objecten. Het is dan van betrekkelijk weinig betekenis, dat in het betreffende jaar (1951) de hoogste bonenopbrengst werd verkregen bij het geven van 12 mm resp. 25 mm, indien in de voorafgaande week tussen 12 en 25 mm resp. < 12 mm regen was gevallen en de hoogste opbrengst bij suikermais en komkommer ontstond, indien 25 mm werd gegeven zodra 50% van het beschikbare vocht was verbruikt. Het veel voorkomend advies: „watergeven als de helft van het beschikbare vocht is verbruikt”, berust waarschijnlijk vaak op het hier behandelde soort proeven (SCHLEUSENER et al., 1949 met tomaten en suikermais; PEIKERT, 1954 met suikermais; KIDDER en DAVIS, 1953 met groentegewassen).

Elders (STOLP, 1955) is een beschouwing gewijd aan de bruikbaarheid van een dergelijke maat voor een universeel geldend advies; de beschikbaarheid van het water op verschillende punten van het traject tussen veldcapaciteit en verwelkingspercentage hangt af van de vorm der vocht karakteristiek van de betrokken grond. In hoofdstuk 4 wordt hierop nog nader ingegaan. WHITAKER et al. (1946) maken ten aanzien van wortelen wel een globaal onderscheid in grondsoort bij het irrigatie-advies: op zandgronden water geven als  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$  van het beschikbare water is verbruikt; op kleigronden kan een verbruik van  $\frac{1}{2}$  à  $\frac{2}{3}$  worden afgewacht voordat water behoeft te worden gegeven.

#### 1.2.2.3.2. *Experimenten met waarnemingen aan bodemvocht in termen van vrije energie of vochtspanning*

Proeven, waarbij niet de uitdrogingsgraad naar de verbruikte of resterende hoeveelheid beschikbaar vocht is aangegeven, maar de vochttoestand is uitgedrukt in spanningseenheden — hetzij op één of meer diepten, hetzij gemiddeld over een zekere diepte — zijn nog niet talrijk.<sup>1</sup> Zij zullen vrij uitvoerig worden

<sup>1</sup> Zie voor verklaring van grootheden hoofdstuk 2.

besproken ten einde aansluiting te geven op de vraagpunten die tot het onderhavige onderzoek leidden. Afzonderlijk wordt aandacht geschonken aan de — hoofdzakelijk zeer recente — literatuur over de gevoeligheid van de gewassen voor uitdroging van de grond in onderscheiden ontwikkelingsstadia.

ROGERS (1936) nam proeven in Engeland met aardbeien, waarbij de tensimeter werd gebruikt als indicator van de bodemvochttoestand. Aan de aardbeiplanten werd in potten en bakken reeds verwelking waargenomen bij vochtspanningen  $< 1$  atm.; daaruit werd geconcludeerd, dat het aanbeveling verdient in potten de spanning lager dan 0,50 atm te houden en te velde lager dan 0,65 atm. Toepassing hiervan in latere proeven (ROGERS et al., 1939) leidde in het droge seizoen van 1938 tot gemiddeld 27 % meeropbrengst bij een watergift van 25 mm.

De vochtspanningsverschillen volgens de tensimetaaraanwijzing op 30 en 75 cm diepte in een appelboomgaard tussen het bevoeide gedeelte (ca. 220 mm in 2 keer in juni/juli) en het onbehandelde deel waren gering, nl. ca. 0,4 atm tegenover 0,55 atm; sterke uitdroging werd nooit waargenomen. Nochtans waren de vruchten van geïrrigeerde bomen gemiddeld 11 % groter. De opbrengstcijfers over de voorafgaande jaren geven echter reden tot voorzichtigheid als de waargenomen verschillen aan de bevoeiing worden toegeschreven (ROGERS, 1938).

Ook ASLYNG en KRISTENSEN (1953) gebruikten de tensimeter, zij het meer voor de bepaling van de evapotranspiratie dan voor de samenhang tussen vochtspanning en opbrengst, maar bij lysimeterproeven werd toch waargenomen dat haver ruim 15 % hogere opbrengst gaf bij 100 cm spanning dan bij 200 cm w.k.

In 1952 en 1953 werd door HEICK en SANDFOER (1957) in klaver een oriënterend proefje met tensimeters op 30 cm diepte genomen: a. onbehandeld; b. 15 mm water bij een tensimeterstand 20 cm w.k. en c. 30 mm water bij een stand 40 cm w.k. De hoogste opbrengst werd verkregen van object b. Niet vermeld is of de evenredigheid tussen tensimeterstand en waterhoeveelheid bij de objecten b en c op bepaling van de vochtkarakteristiek berust, maar het begrip bodemvochttoestand heeft hier in de proefopzet zijn intrede gedaan.

POST en SEELEY (1947) geven aan, dat kasrozen in tabletten de hoogste opbrengst aan verkoopbare bloemen geven als de vochtspanning  $< 200$  cm w.k. wordt gehouden.

VAN BAVEL (1953) had in een proef met tabak (U.S.A.) naast onbehandeld objecten met uitdrogingsgrenzen in termen van maximale vochtspanning, resp. 300 cm en 800 cm w.k. Over de groeitijd gemiddeld waren de vochtspanningen in de bovengrond 1470 cm (onbehandeld) en resp. 100 en 242 cm w.k. voor de geïrrigeerde objecten. De laatstgenoemde hadden een hogere opbrengst, ook financieel, met betere brandbaarheid en meer suikers dan de onbehandelde. De verschillen tussen de beide irrigatieobjecten waren klein.

*Het proefveld te N.Logan (Utah).* Hoewel in dit literatuuroverzicht slechts een beperkt aantal proeven is aangehaald met betrekking tot andere dan groentegewassen, verdient het grote onderzoek dat sinds 1949 te N.Logan (Utah) plaats vindt met akkerbouwgewassen speciale vermelding. Als de voornaamste doeleinden kunnen worden genoemd:

1. bestudering van de invloed van irrigatie op gronden en gewassen;
2. bestudering van de waterbehoefte van gewassen in verband met de weersomstandigheden;
3. bepaling van de onderlinge samenhang tussen irrigatiemethoden (berekening en bevoeiing), bodemvochttoestanden en bemestingseisen;

## 4. verband brengen tussen de waterbeweging in de grond en de bindingskrachten.

Er zijn steeds vier vochttrappen geweest, gebaseerd op uitdrogingsgrenzen. Deze werden geconstateerd met behulp van gipsblokken en tensimeters op verschillende diepten en werden uitgedrukt als percentage van het traject tussen V.C. en P.W.P. en als spanning in atm. Aanvankelijk was dit als volgt:

No	uitdrogingsgrens	
	na verbruik (in %) van	atm
1	90 à 100 (P.W.P.)	12 à 14
2	65	3 à 4
3	33	0,7 à 1,2
4	nabij V.C.	0,2 à 0,3

Later werd de grens van object 1 verlaagd tot 75 à 80 % resp. 10 atm en in het verdere verloop zijn de verschillen tussen de vochttrappen kleiner gemaakt. Alle objecten lagen in 4-voud, zodat, gecombineerd met bemestingsproeven, totaal 1280 veldjes werden onderhouden voor lucerne, aardappelen, suikerbieten en conservenerwten. Het verband tussen de opbrengst en gemiddelde vochtspanning is steeds als significant lineair aangegeven, doch volgens TAYLOR et al. (1956) zijn er aanwijzingen, dat dit een deel van een optimumcurve weergeeft: de opbrengsten van object 3 zouden in het algemeen het hoogst zijn. Dit wordt echter niet bevestigd door de cijfers, want de gemiddelde vochtspanning liep bij de objecten 3 en 4 weinig uiteen. Vergelijk onderstaand overzicht:

No	aardappelen		suikerbieten		erwten	
	spanning	opbrengst	spanning	opbrengst	spanning	opbrengst
	atm	bu/acre	atm	T/acre	atm	lbs/acre
1	1,55	198	1,59	10,0	1,32	2064
2	1,17	293	1,40	13,4	0,97	3146
3	0,38	304	0,40	14,2	0,41	3403
4	0,36	374	0,40	13,8	0,26	3864

Overigens bleek ook in andere jaren (HANSEN et al., 1952; TAYLOR, 1952; TAYLOR et al., 1953) dat er een grote spreiding was tussen de herhalingen. De significantie in het lineair verband dient dan ook verstaan te worden als een wiskundig betrouwbare afname van opbrengst met toenemende vochtspanning.

Belangrijke gegevens uit Engeland over proeven met groentegewassen dateren van 1954, toen zich een zekere school vormde. Het probleem werd op soortgelijke wijze benaderd zoals gebeurde bij het onderzoek dat in hoofdstuk 2 en 3 wordt behandeld.

Deze proeven in Engeland hebben in hoofdzaak betrekking op de glascultures van tomaten en sla en op de opengrondteelt van rapen. Verschillende uitdrogingsgrenzen worden toegepast, zoals vochtspanningen van 100 cm, 200 cm, 400 cm en 800 cm waterkolom, gemeten met tensimeters op 15 cm diepte, in de betreffende grond overeenkomende met een waterverbruik van resp. 5 %, 35 %, 50 % en 60 % van het beschikbare vocht. Bij tomaten (Ailsa Craig en Single Cross) werd de hoogste opbrengst en de sterkste vegetatieve groei bij de kleinste uitdroging verkregen (SALTER, 1954). Een dergelijk effect werd niet waargenomen bij sla (MAJMUDDAR, 1954). Overeenkomstig de ervaring van veel glastuinders zou irrigeren na het begin van de kropvorming bij sla niet bevorderlijk zijn voor de

kwaliteit (WINTER, 1955)<sup>1</sup>. Dit verschil tussen tomaten en sla zou volgens HUDSON, SALTER en MAJMUDAR (1955) verklaard moeten worden door de waarneming, dat een gewas niet op verschillen in bodemvochttoestand reageert zolang er voldoende wortelgroei plaats vindt in grond op veldcapaciteit.

STANHILL (1958) vindt daarvan geen bevestiging bij zijn proeven met vroege rapen in de open grond, waarbij door de wortelgroei van ca. 1 à 1½ cm dagelijks ca. 2 mm water beschikbaar kwam. Hoewel dit bijna voldoende was om de behoefte te dekken, werden met het dagelijks aanvullen van de doorwortelde bodemlaag tot veldcapaciteit toch hogere opbrengsten verkregen. Opgemerkt moet echter worden dat de aard van het geoogste produkt een rol kan spelen: de bodemvochtverschillen hadden bij rapen een grotere invloed op de wortel- dan op de bladgroei, terwijl het dagelijks op veldcapaciteit brengen wel in verse wortelopbrengst tot significante verschillen leidde, maar niet in droge-stofopbrengst van de wortels.

Bovendien bleek uit proeven van MAJMUDAR en HUDSON (1957) met sla onder glas, dat met variatie in standdichtheid wel opbrengstverschillen waren te forceren; voorts bevatte de betreffende grond niet minder dan 19 gew. % beschikbaar vocht, waarvan ca. driekwart bij een spanning < 400 cm water. De teelt had plaats in de winter en het is niet uitgesloten dat bij een voorjaars- of zomerteelt watertoediening wel wenselijk blijkt te zijn.

In Nederland is de invoering van het begrip vochtspanning, de bepaling van vocht karakteristieken en het gebruik van diverse soorten meettechnieken van grote invloed geweest op het waterhuishoudkundig onderzoek (MAKKINK, 1947 e.v.; WIND, 1952; VAN GOOR, 1956; FERRARI et al., 1957).

MAKKINK nam proeven met berekening op grasland, waarbij tensimeteeraanwijzingen als criterium voor de bodemvochttoestand dienden en het systeem van uitdrogingsgrenzen werd toegepast (1947, 1948, 1949, 1951). Hieruit resulteerden optimumcurven voor het verband tussen opbrengst en gemiddelde tensimeterstand. FORTANIER (1957) ging de invloed van het bodemvocht na op de lengtegroei van de hoofdstengel en het aantal bloemen per plant bij de aardnoot (kascultuur).

Het meer pragmatisch ingestelde onderzoek voor de toepassing van berekening in akker- en weidebouw op droge gronden werd o.a. door BAARS en HELLINGS ter hand genomen. Ook daarbij werden o.a. tensimeters gebruikt (BAARS, 1956; BAARS et al., 1956; WISSELINK en GROOTENHUIS, 1957).

Ten aanzien van de tuinbouw is — behalve het reeds aangehaalde — weinig over onderzoek gepubliceerd. VAN DEN ENDE (1955) richtte zich op tomaten onder glas, BUTIJN (1956, 1960) op de opengrondsfruitteelt.

*Gevoelige perioden.* De betekenis van het ontwikkelingsstadium, waarin een gewas verkeert, voor het verband tussen groei en bodemvochttoestand, heeft bij het landbouwkundig onderzoek in de U.S.A. pas kort geleden aandacht gekregen.

ROBINS en DOMINGO hebben in een gebied, waar blijkens de ervaring elke 10 à 14 dagen geïrrigeerd moet worden, nagegaan bij bonen, welke invloed uitgaat van het overslaan van een irrigatie: 1. 2 weken vóór de bloei; 2. tijdens de bloei, en 3. ca. 2 weken vóór het afrijpen van de eerste peulen. In alle gevallen trad een opbrengstverlaging van ca. 20 % op, maar er werd tevens waargenomen dat

<sup>1</sup> De mening hierover heeft zich de laatste jaren in Nederland gewijzigd.

droogte vóór de bloei een vertraging in de ontwikkeling van het gewas veroorzaakte, in beide andere perioden daarentegen een versnelling (1956a). In proeven met aardappelen (1956b) werden de droogteperioden verdeeld door steeds 1 of 3 irrigaties in de loop van de groeitijd achterwege te laten. Opbrengstverschillen met het „onbehandelde” object, dat alle irrigaties kreeg, waren gering en niet significant, ook als de uitdroging sterk was geweest tijdens een onderbreking. Gezien de ervaringen elders met irrigatie van aardappelen moet dit resultaat wellicht worden toegeschreven aan de omstandigheid, dat ook bij het „onbehandelde” object vrij grote uitputting van de vochtvoorraad in de bovenste 30 cm van de grond voorkwam (irrigatie nadat 40 à 75 % verbruikt was).

HOWE en RHOADES (1955) onderscheidde 13 objecten bij een irrigatieproef met mais; 1. uitdrogingsgrens 400 cm w.k. vergde 6 irrigaties met totaal 355 mm water; bij 2 t/m 12 werden in verschillende ontwikkelingsstadia irrigaties overgeslagen; object 13 ontving 62 mm regen en geen irrigatie.

Een regelmatige watervoorziening (obj. 1) gaf de hoogste opbrengst; als gevoelige periode kon de tijd van het verschijnen der pluimen en der kolfkwasten worden aangegeven.

Volgens HARRIS en PITTMAN (1923) was in Utah de gevoelige periode bij aardappelen die van de knolvorming; vroege en late irrigaties zouden van weinig waarde zijn.

HADDOCK (1949) meent, dat vroege irrigatie van suikerbieten effectiever is voor het verkrijgen van hoge opbrengsten dan irrigatie in een later stadium.

VAN DER PAUW (1949) toonde bij haver aan, dat in verschillende ontwikkelingsfasen specifieke eisen aan de watervoorziening gesteld worden voor het verkrijgen van een maximale opbrengst. BIERHUIZEN (1955) en BIERHUIZEN en DE Vos (1958) deden soortgelijk onderzoek bij een aantal tuinbouwgewassen in potten onder glas. Ook door anderen werden specifieke gedragingen van de plant met betrekking tot de waterhuishouding onderzocht (BROUWER, R., 1954, 1955; VAN LIESHOUT, 1957; GOEDEWAAGEN, 1954).

De mogelijkheid dat in verschillende groeistadia uiteenlopende eisen aan de vochtvoorziening gesteld worden, is in Engeland onderzocht bij tomaten (SALTER, 1957). Er werden drie perioden onderscheiden: 1. van het planten tot de 1e vruchtzetting, 2. van de 1e vruchtzetting tot de 1e pluk, 3. van 1e pluk tot einde der groei; en drie vochttrappen: 100, 200 en 400 cm waterkolom als grensspanning. In de 1e periode ondergaat het gewas weinig invloed van verschil in vochtspanning; blijkbaar begint de reactie pas als de doorworteling volledig is. De invloed van een hoge vochtspanning in de 2e en de 3e periode is kleiner dan vroeger wel werd aangenomen, mits de behandeling in beide perioden gelijk is: afwisselend 100 en 400 cm w.k. als uitdrogingsgrenzen is minder goed dan steeds dezelfde uitdrogingsgrens, in het bijzonder bij de volgorde 100—400 (nat—droog).

Er was waargenomen, dat de vegetatieve groei bij tomaten afneemt als de generatieve fase intreedt (LEONARD, 1953), bovendien was gebleken dat de vegetatieve groei bij een ruimere watervoorziening relatief sterker is dan de generatieve groei. Daarom is in een volgende proef (SALTER, 1958b) het verband tussen watervoorziening, vegetatieve en generatieve groei onderwerp van studie geweest. Tegenover de gebruikelijke vochttrappen zijn gesteld verschillende maten van



vruchtdracht: zwaar door middel van kunstmatige bestuiving, onbehandeld, gedund op 6 vruchten per tros en alleen een zware eerste tros. Het resultaat was, dat de grootste vegetatieve groei optrad bij een geringe vruchtdracht en veel water en omgekeerd een geringe groei bij zware dracht en sterke uitdroging. Het waterregime en de vruchtdracht bleken additief te zijn in hun effect op de vegetatieve groei.

De groeisnelheid der vruchten is niet afhankelijk van de watervoorziening (verschillen niet significant), maar de groeiduur wordt wel beïnvloed. Het gevolg is dat toch groter vruchten worden verkregen bij ruime watervoorziening, hoewel de vruchtgroei onder niet-optimale omstandigheden de voorkeur heeft boven vegetatieve groei en deze aldus de water- en voedselbronnen „monopoliseert”.

Een minder volledige proef nam STANHILL (1955) bij rapen door de grond dagelijks op veldcapaciteit te brengen (A), maar bij enkele objecten de watertoediening te staken gedurende een droogteperiode in verschillende ontwikkelingsstadia: tussen zaaien en de ontwikkeling van de eerste twee bladeren (B), tussen opkomst en het begin van de worteldiktegroeï (C) en tussen het begin van de worteldiktegroeï en de oogst (D). De grootste rapen werden geoogst van object C, maar de kwaliteit bij D was beter.

Uit de verschillende proeven met tomaten, sla, rapen en bloemkool (SALTER, 1958a) wordt geconcludeerd, dat maximale groei niet altijd samengaat met een zo ruime watervoorziening als nodig is om de grond op veldcapaciteit te houden; de bodemvochttoestand waarbij maximale groei optreedt hangt o.a. van het gewas af, hetgeen niet betekent dat deze maximale groei hetzelfde is als een maximum aan verkoopbaar produkt. Bovendien komen er verschillende reacties in verschillende groeistadia voor (SALTER, STANHILL en WINTER, 1958).

*Conclusie en bespreking van paragraaf 1.2.2.3.* Het merendeel van de hier aangehaalde proeven, waarbij op enigerlei wijze het bodemvocht als criterium gold voor de toegepaste behandelingen, leidde tot de conclusie, dat uitdroging van de grond gepaard ging met opbrengstverlaging, groeivertraging en/of kwaliteitsvermindering bij de geteelde gewassen, vóórdat het beschikbare vocht geheel was verbruikt. Nochtans publiceerden VEIHMEYER en HENDRICKSON met medewerkers een groot aantal proeven, waaruit moest blijken dat een ruime watervoorziening weinig zin heeft, mits de grond in de wortelzone niet tot het vochtgehalte bij permanente verwelking uitdroogt, althans daar niet langdurig op blijft of beneden komt. Het grootste aantal dezer proeven is genomen met vruchtbomen, zoals appels, peren, pruimen, noten, abrikozen, druiven en perziken; één onderzoek betreft sla. In de regel wordt de grond gekarakteriseerd door het vochtgehalte bij het zgn. „moisture equivalent” — door centrifugeren in het laboratorium bepaald — en het vochtgehalte bij permanente verwelking van in potten gekweekte zonnebloemen.

De behandelingsobjecten bestonden uit een variabel aantal irrigaties afhankelijk van de toegestane uitdroging binnen het traject tussen beide grenzen, eventueel nog verschillend voor onderdelen van het groeiseizoen. Een overzicht van de resultaten wordt gegeven in VEIHMEYER en HENDRICKSON (1950), waarbij een reeks publikaties van andere onderzoekers wordt aangehaald, volgens welke geen

invloed op transpiratie, assimilatie, het gedrag van huidmondjes en het watergehalte van turgescente bladeren zou optreden van uitdroging in het traject veldcapaciteit of „moisture equivalent” tot permanente verwelking (P.W.P.), terwijl op de onderzoeken die het tegendeel aantonen kritiek wordt uitgeoefend.

De tegenstelling tussen beide opvattingen heeft reeds aanleiding gegeven tot talrijke discussies en bespiegelingen (VEIHMEYER en HENDRICKSON, 1955; HAGAN, 1955; RICHARDS en WADLEIGH, 1952; BIERHUIZEN, 1958).

STANHILL (1957) wijdde een kritische beschouwing aan 80 publikaties, die over de betreffende kwestie zijn verschenen. Zij vormen een selectie uit talrijke literatuurgegevens, waarbij uitgesloten zijn alle proeven die onvergelijkbaar zijn om een der volgende redenen: de onderzoeker veronderstelde een constant bodemvochtgehalte te kunnen handhaven; er werden geen bodemvochtconstanten (zoals V.C., M.E., 15 atm % of P.W.P.) opgegeven; de aanvulling met water na het bereiken van de gestelde uitdrogingsgrens geschiedde onnauwkeurig (over- of ondermaat); de grond werd langdurig op P.W.P. gelaten vóór herbevochtiging; er waren te weinig objecten in de proef opgenomen. Nochtans is de vraag gewettigd of de aldus geselecteerde groep van 80 proeven voldoende representatief is om aan een statistische bewerking conclusies te mogen verbinden. STANHILL constateerde dat volgens de resultaten van niet minder dan 66 dezer onderzoeken de plant reageert op verschillen in vochttoestand. Een wiskundige analyse leerde dat de verhouding tussen positieve en negatieve uitkomsten significant (0,01) groter is in proeven met eenjarige dan in die met meerjarige gewassen; voorts bleek dat die verhouding kleiner is (0,01) bij veldproeven dan bij potproeven, groter (0,05) indien vegetatieve groei wordt gemeten dan wanneer generatieve delen worden gebruikt.

STANHILL wijdt aan het moeilijke probleem van het gebruik van de energieschaal of de onttrekkingspercentageschaal slechts enkele regels. Hij constateert slechts dat er geen significant verschil in de verhouding tussen positieve en negatieve uitkomsten te berekenen is voor beide uitdrukkingwijzen van de vochttoestand. Er is een aanwijzing dat de verhouding in recente publikaties groter is dan in andere.

Het is wel opvallend dat de proeven waaruit geen reactie van het gewas op de bodemvochttoestand resulteerde, juist de oudere proeven met meerjarige gewassen zijn, waarbij de „fruit growth” als maat voor de reactie is gebruikt.

De positieve reactie op variaties in beschikbaar vocht, gevonden bij eenjarigen, hangt waarschijnlijk samen met het feit dat veel eenjarige planten worden geteeld voor hun vegetatieve weefsel, terwijl de meeste meerjarige planten worden geteeld voor hun reproductieve organen.

Dat de gebrekkige watertoevoer naar de wortels de oorzaak kan zijn van een sterkere groeiremming dan uit de *gemiddelde* bodemvochttoestand verwacht mag worden, hebben GINGRICH en RUSSELL (1956 en 1957) aangetoond met maisplantjes, die groeiden hetzij in grond met een vooraf op een drukfilter ingestelde vochtspanning, hetzij in mannitoloplossingen met verschillende osmotische waarden. De wortelgroei bleek in het eerste geval een kromlijng, in het tweede geval een

nagenoeg rechtlijnig verband met de spanning te vertonen. De kromme voor de grondcultuur had de sterkste helling in het traject 1 tot 3 atm spanning.

Intussen wordt gesuggereerd dat slechts de grond die in contact is met de wortels tot P.W.P. mag uitdrogen, voordat de plantengroei nadeel ondervindt (VEIHMEYER en HOLLAND, 1949). Dit lijkt in strijd met het voorgaande, omdat het gemiddeld vochtgehalte van de grond door een dichtere doorworteling in potten minder zal verschillen van dat in de directe wortelomgeving dan in het veld.

Opgemerkt dient echter te worden dat de standruimte van de potten van invloed zal zijn op de waarnemingen. Immers, bij een niet aaneengesloten opstelling van de potten zullen de planten bovengronds een groter volume innemen en aldus ook onder overigens vergelijkbare omstandigheden tot een grotere spruit/wortelverhouding komen dan bij een opstelling die vergelijkbaar is met een normale vollegrondscultuur. Te verwachten is dat in het eerste geval spoediger een wanverhouding zal optreden tussen waterafgifte door transpiratie en wateropname door de wortels ten gevolge van een relatief grotere transpiratie dan in het tweede geval. Dit zou ook kunnen verklaren dat in grotere lysimeters met suikerriet, waar het bedoelde randeffect kleiner is dan bij ruim geplaatste kleine potten, doch de doorworteling nog wel intensief is, geen verschil in beschikbaarheid tussen V.C. en P.W.P. is waargenomen (WADSWORTH, 1954).

KENWORTHY (1949) noemt als mogelijke verklaring dat VEIHMEYER en HENDRICKSON meestal lichte gronden in hun proeven gebruikten, waarvan de vocht-karakteristiek een slechts geringe spanningsverandering over een groot vochtgehaltetraject te zien geeft.

In dit verband moet ook een proef van ALLMENDINGER et al. (1943) over de koolzuurassimilatie van eenjarige appelboompjes in potten vermeld worden. De hoeveelheid beschikbaar vocht was zeer groot: veldcapaciteit 37 %, P.W.P. 7 %. Met behulp van tensimeters werd nagegaan wanneer 1/5, resp. 2/5, 3/5, 4/5 van die hoeveelheid was verbruikt, dienende als verschillende uitdrogingsgrenzen. Alleen bij het 5e object: P.W.P. vóór watergeven, werd niet de tensimeter, maar de plant als indicator gebruikt. Dit wijst erop, dat tenminste 80 % van het vocht met een kracht  $< 0,85$  atm gebonden was en het behoeft dan ook geen grote verwondering te wekken dat de  $\text{CO}_2$ -opname pas sterk afnam als 4/5 van het beschikbare vocht was verbruikt. Het is nl. wel merkwaardig dat HECK in 1934 rapporteert dat de groei beslist achteruitgaat wanneer de vochtspanning op 30 cm diepte groter wordt dan 250 à 375 cm w.k. SWEZEY en WADSWORTH (1940) erkennen dat weliswaar de groei achteruitgaat bij grotere irrigatie-intervallen, maar de suikeropbrengst zou er niet onder lijden. Het zou volgens waarnemingen in 1936 zelfs geen verschil maken of de grond 0, 4 of 8 dagen op P.W.P. is alvorens wordt geïrrigeerd (WADSWORTH, 1954).

Volgens latere onderzoekingen (WATERHOUSE en CLEMENTS, 1954; CLEMENTS en WATERHOUSE, 1954) kan een daling van riet- en suikeropbrengst verwacht worden wanneer irrigatie wordt toegepast bij vochtspanning  $> 0,65$  atm volgens tensimeteraanwijzing. Er werden zelfs significant hogere opbrengsten verkregen ten

opzichte van 0,25 atm, indien 0,15 atm als uitdrogingsgrens werd gebruikt, maar volgens EWART (1954) is hierbij een verkeerd gebruik van de vocht karakteristiek gemaakt en moet het object 0,25 atm op 2 à 4 atm gesteld worden. Hij baseert dit op de mening van CLEMENTS, dat de vochtspanning van 0,25 atm in deze gronden pas optreedt nadat  $\frac{2}{3}$  van het beschikbaar vocht is verbruikt. THORNE (1949) bepaalde echter van dit soort gronden vele vocht karakteristieken, waaruit blijkt dat de spanning dan 2 à 4 atm is, zodat verondersteld wordt dat CLEMENTS fouten gemaakt heeft, ook al omdat bij laatstgenoemde het verwelkingspunt zou overeenkomen met 0,8 atm. Indien deze kritiek juist is, wordt daarmee de opvatting van ongelijke beschikbaarheid tussen V.C. en P.W.P. nog niet aange-tast. Er blijft een tegenstelling in de aangehaalde resultaten bij hetzelfde gewas in hetzelfde land bestaan, die niet afdoende is verklaard.

VEIHMEYER en HENDRICKSON voeren voorts aan dat het met de tijd rechtlijnig afnemend beloop van de vochtinhoud van de doorwortelde laag bij veldproeven zonder irrigatie of neerslag bewijst dat de transpiratie onafhankelijk is van verschillen in beschikbaarheid van het bodemvocht tussen veldcapaciteit en verwelking. MATHER (1955) poneert dat hiermede het tegendeel is bewezen, omdat de potentiële evapotranspiratie in de loop van het seizoen met de temperatuur zal stijgen.

De verklaring die VEIHMEYER en HENDRICKSON geven voor de waarnemingen die hen tot de omschreven opvatting brachten, is niet zeer overtuigend. Volgens hen moet het systeem bodem-plant-atmosfeer bij de overgang van water energetisch als één geheel beschouwd worden. De vrije energie van het water in de grond bij P.W.P. bedraagt  $-0,16 \times 10^8$  erg/gram, die van het water in de lucht bij 40 % relatieve luchtvochtigheid en  $30^\circ\text{C}$   $-12,80 \times 10^8$  erg/gram. Op het totale verschil ad  $-12,64 \times 10^8$  erg/gram kan  $-0,16 \times 10^8$  erg/gram voor het bodemvocht geen betekenis hebben. Dit moge gelden voor het droge klimaat van Californië, waar de proeven van VEIHMEYER en HENDRICKSON genomen werden, bedacht dient wel te worden, dat de vrije energie van de waterdamp bij 90 % rel. luchtvochtigheid en  $15^\circ\text{C}$  bijna een factor 10 verschilt van de waarde bij 40 % en  $30^\circ$ , waarmee de verhouding tot de vrije energie van het bodemvocht niet meer verwaarloosd mag worden.

VEIHMEYER (1956) legt er de nadruk op dat er slechts 0,07 % meer energie nodig is voor de verdamping van bodemvocht bij P.W.P. dan wanneer dit uit verzadigde grond gebeurt, hetgeen zou moeten bewijzen dat het verschil in beschikbaarheid tussen veldcapaciteit en P.W.P. te verwaarlozen is. Het maakt echter evenmin verschil van betekenis uit, indien op deze wijze vergeleken worden bodemvocht met een spanning ad 100 atm en verzadigde grond; dan is er nl. slechts 0,4 % verschil in verdampingswarmte. Toch worden als zuigspanning bij permanente verwelking zelden hogere waarden dan 20 atm opgegeven. De genoemde gevolgtrekking is dan ook niet sterk.

Het grote energieverval ligt bij de overgang van blad naar buitenlucht. De wateropname door de wortel wordt bepaald door de energiegradiënt bodemvocht-wortelcellen. De zuigspanning van de eerste ligt tussen 0 en 15 atm, die

van de tweede tussen 10 en 25 atm. In deze orde van grootte is de betekenis van de bodemvochtspanning voor de wateropname duidelijk.

Ook wijzen zij op het hyperbolisch karakter van de vocht karakteristieken; het P.W.P. zou ongeveer in de „bocht” liggen, waarmee verklaard moet zijn dat een verdere vochtonttrekking slechts met veel grotere krachten kan plaats vinden. Het valt echter op dat in alle door hen gegeven voorbeelden het P.W.P. aan het begin van de bocht ligt. Doch afgezien daarvan is hun opmerking dat het overwicht van de „verdampingskracht” van de atmosfeer bij het bereiken van het P.W.P. wordt overgenomen door de weerstand die de grond tegen onttrekking van water biedt, weinig overtuigend. Immers, de „zuigkracht” van de atmosfeer komt bij een relatieve luchtvochtigheid van 80 % reeds met rond 300 atm overeen. Dat daarom 16 atm een omslagpunt zou zijn, is niet waarschijnlijk.

Als andere oorzaak van watergebrek bij het naderen of bereiken van P.W.P. wordt tenslotte genoemd de traagheid van de waterbeweging in droge grond. Elders wordt echter door dezelfde auteurs betoogd dat de waterbeweging reeds praktisch nihil wordt bij veldcapaciteit. Het P.W.P. vormt hierbij dus geen specifieke toestand. Daartegenover berichten MARSHALL en GURR (1954) dat tot vochtgehalten dichtbij P.W.P. vloeistofverplaatsing optreedt onder invloed van een spanningsgradiënt. Volgens KRIMGOLD (1954) zou in goed gedraineerde „sandy loam” de helft van de „beschikbare hoeveelheid vocht” in een — voor normaal gebruik door planten voldoende — onverzadigde stroming beschikbaar zijn; bij zwaardere gronden zou dit ca. 30 % zijn. Daarmee is dan de maximale uitdroging tevens vastgelegd. Met de geciteerde argumenten is geen verklaring gegeven voor het verschijnsel dat P.W.P. een bodemconstante is en evenmin is een bewijs geleverd voor de opvatting dat alle vocht tussen veldcapaciteit en P.W.P. voor de planten even gemakkelijk opneembaar is.

VEIHMAYER (1927) toonde zelf bij een potproef met pruimen in „Yolo clay loam” aan dat er een nagenoeg rechtlijnig verband is tussen het waterverbruik en de scheutgroei resp. bladoppervlak en dat de laatstgenoemde kenmerken afhankelijk zijn van de uitdroging binnen de genoemde grenzen, maar betwijfeld moet worden of de spreiding in de herhalingen deze uitspraak rechtvaardigt.

Overigens kan de vorm van de vocht karakteristiek beslissend zijn voor de *schijnbare* mate van beschikbaarheid voor het bodemvocht tussen V.C. en P.W.P. Een lichte zandgrond met een stoelvormige pF-curve kan met bv. 90 % van het bedoelde traject  $< 1$  atm de indruk van gelijke beschikbaarheid wekken, terwijl een zware kleigrond of een veengrond, die wellicht  $< 50$  % bij een spanning  $< 1$  atm bevat, eerder het tegenovergestelde zal opleveren. Nu is bekend dat VEIHMAYER en HENDRICKSON veel van hun proeven namen op een grondsoort, waarvan de vocht karakteristiek een scherpe bocht op een laag spanningsniveau maakt. Als dan bovendien in aanmerking wordt genomen dat zij van een *verwelkingstraject* spreken dat niet bereikt mag worden en dat in dit gebied onnauwkeurigheden in vochtgehaltebepalingen een relatief grote invloed hebben, is de bewijskracht aangetast.

Aangezien VEIHMAYER en HENDRICKSON hun opvatting over de beschikbaarheid

van het bodemvocht nagenoeg uitsluitend baseren op veldproeven met vruchtbomen, die een zeer uitgebreid en diepgaand wortelstelsel kunnen hebben, zal in het kader van het onderhavige onderzoek met groentegewassen niet nader op mogelijke verklaringen van de tegenstrijdigheden in de literatuur worden ingegaan. Slechts wordt nog geconstateerd dat VEIHMAYER en HENDRICKSON slechts zelden werkelijk hoge vochttrappen in de proeven opnamen (HENDRICKSON en VEIHMAYER, 1942a, 1946, 1950). De conclusie uit irrigatieproeven met appels en peren dat het niet nodig is om te irrigeren zolang het P.W.P. nog niet bereikt is (HENDRICKSON en VEIHMAYER, 1942b), is niet gerechtvaardigd. Tegenover onbehandeld heeft nl. slechts één vochttrap gestaan: die met P.W.P. als uitdrogingsgrens. Er is dus niet aangetoond dat bij een hogere uitdrogingsgrens geen gunstig effect verkregen zou kunnen worden.

SALTER (1957) concludeert uit zijn proeven met tomaten in 1954 dat hij een conclusie als die van VEIHMAYER en HENDRICKSON had kunnen trekken, indien de kleinste uitdroging op 25 % van het eerder bedoelde traject had gelegen in plaats van op 5 %. Dit wijst op een optimum bij een hoog gemiddeld vochtgehalte.

HUDSON (1957a) meent dat de opbrengst een te ongevoelige indicator is voor de bestudering van de waterhuishouding op de groei, omdat bepaalde stadia-invloeden niet tot uiting komen. Met evenveel water zouden uiteenlopende opbrengsten kunnen worden verkregen, afhankelijk van de frequentie van watertoediening. Uitgaande van de veronderstelling dat het waterverbruik (evapotranspiratie) niet wordt beïnvloed door het heersende bodemvochtgehalte, wil dit echter niet anders zeggen dan dat de opbrengst afhankelijk is van de toegelaten uitdrogingsgraad. Het is dan ook niet duidelijk hoe HUDSON hiermede een brug meent te kunnen slaan tussen de beide opvattingen over de beschikbaarheid van het bodemvocht.

Dit neemt niet weg dat KELLEY (1954) een aantal proeven bespreekt, genomen in South- en North-Dakota met luzerne en mais, waarbij verschillende uitdrogingsgrenzen (50 %, 85 % en 100 % verbruik van het beschikbare vocht) wel invloed hadden op het waterverbruik, maar niet steeds tot opbrengstverschillen leidden. Beide gewassen staan bekend om hun droogteresistentie: luzerne wegens een zeer diepgaand wortelstelsel, mais door een zeer dicht, sterk vertakt wortelstelsel.

### 1.3. AANLEIDING TOT HET ONDERZOEK

Aan de groeifactor water is in Nederland veel aandacht geschonken, met dien verstande dat de meeste maatregelen op dit punt betrekking hadden op het bestrijden van wateroverlast. De gebruiksmogelijkheden van gronden die van nature droog waren vonden hun beperking in de gewassenkeuze. Van een intensieve bodemcultuur kon hier geen sprake zijn. Door structuurverhoudingen in de betrokken landbouwgebieden was het echter gewenst de gewassenkeuze te verruimen en vooral het grondgebruik te intensiveren. Hierbij werd het areaal groentegewassen uitgebreid. De grote betekenis van fluctuaties in de opbrengst

op het hoge produktiekostenniveau per oppervlakte-eenheid — kenmerk van de tuinbouw — deed de noodzaak gevoelen de groeifactor water nader in studie te nemen. Dit temeer omdat er intussen zelden technische belemmeringen waren om maatregelen voor het effectueren van de gewenste waterhuishouding te nemen.

Bekend was reeds dat de neerslag in Nederland gedurende het groeiseizoen ontoereikend is om in de waterbehoefte der cultuurgewassen ten gevolge van evapotranspiratie te voorzien. De grond treedt als reservoir op, waaruit niet alleen het totale watertekort gedekt moet worden, maar waarmede ook kortere of langere droogteperioden overbrugd moeten worden.

Veel onzekerheid is in kringen van de praktijk ontstaan door de mening van VEIHMEYER c.s. over de beschikbaarheid van het bodemvocht in het traject van veldcapaciteit tot de verwelkingsgrens. De recente literatuur bewijst dat over dit probleem het laatste woord nog niet geschreven is. De land- en tuinbouw vragen echter een richtlijn voor het gebruik van bevoeiings- en beregeningsinstallaties.

Het is om deze reden van belang om de reactie van het gewas onder Nederlandse omstandigheden op verschillende uitdrogingsgraden te leren kennen; bovendien zal deze kennis van waarde zijn bij de beoordeling van het nuttig effect van kunstmatige watervoorziening. De opzet van het onderzoek is dan ook gericht op de invloed van uitdroging van de grond op de opbrengst van groentegewassen, zoals deze door de tuinder kan worden ervaren. Daarbij komt ook naar voren de droogtegevoelige combinatie van een ondiep wortelend gewas met een grond die op zichzelf geen extreem slechte waterhuishouding behoeft te hebben.

De teeltwijze van de groentegewassen en de veldwaarnemingen zijn zodanig gekozen, dat uit de resultaten van het onderzoek conclusies voor de praktijk zijn te trekken. Deze pragmatische doelstelling heeft er toe geleid, dat aan de fundamentele verklaring van de gevonden relaties tussen de groei van de gewassen en de vochthuishouding van de grond betrekkelijk weinig aandacht wordt besteed. Getracht is de reactie van de gewassen — tot uiting komende in de opbrengst, kwaliteit, vroegheid en andere eigenschappen — op de vochtverhoudingen in de grond op een functionele wijze weer te geven (hoofdstuk 3). Daarbij zullen niet de gestelde uitdrogingsgrenzen als maatstaf gelden — zoals in de besproken literatuur doorgaans het geval bleek te zijn — maar de vochttoestand, zoals het gewas deze gemiddeld over de groeitijd of een deel daarvan heeft ontmoet.

Gekozen is een grondsoort waarvan de droogtegevoeligheid sprekend is. De aangeduide overdraagbaarheid is in zoverre beperkt, dat het onderzoek op slechts één grondsoort is uitgevoerd. Zoals zal blijken, wordt niet bewezen dat de resultaten een algemene geldigheid hebben, al zijn er evenmin duidelijke aanwijzingen dat het verkregen inzicht niet op een groot areaal min of meer verwante grondsoorten toegepast mag worden.

Toegepast is de methode met zgn. bodemvochtregimes. Onder bodemvochtregime kan dan worden verstaan het fluctueren van het vochtgehalte tussen de zgn. veldcapaciteit (zie blz. 65) en een vooraf vastgestelde uitdrogingsgrens, rekening houdend met het betrokken volume grond, de beworteling en de toe-

stand van de grond. Dit reproduceerbare onderzoekstelsel, afkomstig van VEIHMAYER (1927), geeft de beste aansluiting bij hetgeen zich in de natuur en de praktijk voordoet.

HUDSON (1957b) onderscheidt verschillende mogelijkheden waarop het vochtregiem gebaseerd kan zijn:

1. de hoeveelheid water die nog aanwezig en beschikbaar is; deze basis is alleen bruikbaar bij volledige doorworteling (weegbare potproeven);
2. de hoeveelheid water die onttrokken is en welke dan moet worden toegediend om de grond op veldcapaciteit terug te brengen;
3. de vochtspanning, gemeten op diepte(n) naar keuze. Hierbij kunnen zowel minima en maxima op een zekere diepte als de geïntegreerde vochtspanning over de totale diepte als grens voor uitdroging en indicatie voor watertoediening gebruikt worden.

In het onderhavige onderzoek is meestal een variant op methode sub 2 toegepast; de door verdamping onttrokken waterhoeveelheden werden nl. niet direct (zoals soms door weging bij potproeven of lysimeters) gemeten, doch afgeleid uit vochtgehalteveranderingen. In enkele proeven is van een vierde mogelijkheid, nl. het watergeven met vastgestelde tussenpozen en variërende of vastgestelde hoeveelheden water, gebruik gemaakt. Een enkele maal ook werd — bij enige objecten — de hoeveelheid natuurlijke neerslag in een zekere periode als basis voor de behandeling genomen.

#### 1.4. SAMENVATTING

De intensivering van het grondgebruik en de behoefte aan verruiming van de gewassenkeuze in delen van Nederland, waar de bestaande waterhuishouding van de grond aanvullende voorzieningen vergt, hebben aanleiding gegeven tot het onderhavige onderzoek. Dit is gericht geweest op de invloed van uitdroging van de grond op de opbrengst van een aantal groentegewassen, om daaruit voor de praktijk af te leiden, met welke intensiteit kunstmatige watervoorziening toegepast moet worden.

Hoofdstuk 1 is voornamelijk gewijd aan een bespreking van de omvangrijke literatuur, die in de loop van de laatste decennia in verschillende landen is verschenen over dit aspect van het irrigatieonderzoek.

De onderzoekingen, gebaseerd op landbouwmeteorologische statistiek, hebben weliswaar belangrijke aanwijzingen in kwalitatieve zin gegeven, maar zij zijn in het algemeen te veel aan de plaats van waarneming gebonden om kwantitatief overdraagbaar te zijn. Van algemeen belang is de aandacht, die vooral van Duitse zijde is gevestigd op de betekenis die het onderscheiden van ontwikkelingsstadia bij de planten heeft voor een doelmatige toepassing van beregening („kritische Zeiten”, gevoelige perioden) (paragraaf 1.2.1.).



De praktijk van irrigatie blijkt in een groot deel van de wereld gebaseerd te zijn op talrijke, betrekkelijk eenvoudige proeven, waarbij ongeacht de weers- en bodemvochtomstandigheden meestal slechts variaties in de hoeveelheden irrigatiewater werden aangebracht. Aan verdieping van het inzicht in de relatie tussen de groei van het gewas en de vochthuishouding van de grond hebben deze onderzoeken echter weinig bijgedragen (paragraaf 1.2.2.1.).

Dit bezwaar geldt ook voor een beperkt aantal onderzoeken waarbij de behandelingen afhankelijk worden gesteld van alleen de weersomstandigheden, in het bijzonder van de neerslag in het tijdvak voorafgaande aan de irrigatie (paragraaf 1.2.2.2.).

Een grote groep vormen de experimenten met waarnemingen aan het bodemvocht in termen van beschikbaar water (in Duitsland op basis van de „Wasserkapazität“) waarbij gezocht wordt naar de toelaatbare uitdrogingsgrens door deze te variëren tussen veldcapaciteit en verwelkingspercentage.

Het aantal publikaties over proeven, waarbij de vochttoestand is uitgedrukt in spanningseenheden, is nog gering. In verband met de verwachting, dat deze benadering van belang is voor universele geldigheid der resultaten voor verschillende grondsoorten, is er nochtans ruime aandacht aan besteed (paragraaf 1.2.2.3.2.).

Uitvoerig wordt ingegaan op de verschillende opvattingen in de literatuur over de vraag of het water in het gehele eerder bedoelde traject tussen veldcapaciteit en verwelkingspercentage voor de plant even gemakkelijk opneembaar is. Een aantal verklaringen wordt geopperd voor tegenstrijdigheden die vermoedelijk slechts schijnbaar zijn (paragraaf 1.2.2.3. conclusie).

De groentegewassen kregen over het algemeen relatief weinig aandacht bij het irrigatieonderzoek; ten tijde dat de onderhavige studie werd aangevangen ontbrak een systematische benadering van het vraagstuk der waterhuishouding van groentegewassen, waarbij de bodemvochttoestand exact geformuleerd als variabele wordt gebruikt. Wel werd er naar gestreefd de bodemvochttoestand te karakteriseren, hetzij als toelaatbare uitdrogingsgrens (als minimum vochtgehalte), hetzij als vochtspanning om daarmee een basis te vinden voor een systeem tot beoordeling van de relatie tussen de groei van de gewassen en de vochthuishouding van de grond.

Het bijzonder aantrekkelijke hiervan is dat de mogelijkheid van overdraagbaarheid der resultaten wordt benaderd. Uit de literatuur kon een aantal aanwijzingen verkregen worden betreffende de droogtegevoeligheid, d.w.z. de reactie-sterkte op een ruime watervoorziening van een aantal groentesoorten. De conclusies, waartoe de verschillende auteurs komen, zijn niet steeds gelijklopend. Daarbij dient evenwel bedacht te worden dat de betreffende proeven op zeer sterk uiteenlopende manieren zijn genomen, op verschillende grondsoorten en in verschillende klimaten. Bij een indeling in 6 reactieklassen: negatief, nihil, zwak, matig, sterk en zeer sterk, ontstaat het volgende overzicht. Het aantal kruisjes geeft het aantal bronnen aan:

	negatief <i>negative</i>	nihil <i>none</i>	zwak <i>light</i>	matig <i>moderate</i>	sterk <i>strong</i>	zeer sterk <i>very strong</i>
Aardappelen (vroeg) <i>Early potatoes</i>				x		
Aardbeien <i>Strawberries</i>				x	x	
Andijvie <i>Endive</i>						x
Bieten <i>Red beets</i>	x			x	xx	
Bloemkool <i>Cauliflower</i>			x	x		xx
Boerekool <i>Kale</i>		x				
Erwten <i>Green peas</i>					xxx	
Komkommer <i>Cucumber</i>						xx
Kool <i>Cabbage</i>			x	xx	xx	
Koolrabi <i>Kohlrabi</i>					x	x
Prei <i>Leek</i>			x	x		
Selderij <i>Celery</i>					x	x
Sla <i>Lettuce</i>					xx	
Snijbiet <i>Leaf beet</i>					x	
Spinazie <i>Spinach</i>				x		xx
Stamslabonen <i>Dwarf french beans</i>		xx	x	x		
Tomaten <i>Tomatoes</i>			x		xxx	
Uien <i>Onions</i>					xxxx	xxx
Wortelen <i>Carrots</i>			x		x	xx
	1	3	6	9	21	14

Hoewel het onjuist zou zijn uit een dergelijk overzicht vergaande conclusies te trekken — er zijn slechts 15 publikaties bij betrokken — blijkt toch wel dat over het algemeen de groentegewassen overwegend gunstig reageren op een ruimte watervoorziening.

## 2. MATERIAAL EN METHODEN

### 2.1. HET PROEFTERREIN

Voor het beoogde onderzoek werd een terrein gekozen dat is gelegen op de westelijke helling van de Wageningse Berg, behorend tot het complex dat ter plaatse onder de naam „De Breyen” bekend staat en dat thans „De Dreyen” wordt genoemd. Het bodemprofiel wordt door BURINGH (1951) bodemkundig beschreven als droge diep zwartbruine grindzand-enkgrond met grindbank (code Y 2.6 g). „De Dreyen” zijn voor een deel zeer grindrijk (gestuwd Praeglaciaal). Hier en daar op ongeveer 60 cm, in elk geval boven 100 cm diepte, zijn grindbanken en parelzand aanwezig. Hierdoor onderscheidt het profiel van het proefveld zich ook van het bodemtype Y3.6 (matig vochthoudende diep zwartbruine grindzand-enkgrond met een zwartbruine bovengrond van 50 à 60 cm dikte, geleidelijk bruiner wordend en op 100 cm geel matig grof zand met grindjes) dat in de Enk overheerst.

Een indruk van de aard van de bovengrond wordt verkregen met de granulair-analyses van tabel 1.

TABEL 1. Granulair-analyse (in %) van de proeftuingrond

	Laag cm <i>Layer cm</i>	Gloeiverlies <i>Loss of combustible parts</i>	Afslibbare delen <i>Soil particles</i>				Zandfracties <i>Sandfractions</i>		
			< 2 $\mu$	2-4 $\mu$	4-8 $\mu$	8-16 $\mu$	16-25 $\mu$	25-35 $\mu$	35 $\mu$
A	0-25	2,5	5	1	2	2	1,5	4	84
		Humus <i>Humus</i>	2 $\mu$	2-5 $\mu$	5-10 $\mu$		10-50		50
B	0-20	1,3	5,2	1,4	1,8		9,0		80,7
	0-20	1,4	4,6	1,9	1,5		12,3		79,5

A. Analyse van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek.

A. *Analysis by the Laboratory for Soil and Crop testing.*

B. Analyse van Buringh (1951) Y3.6.

B. *Analysis by Buringh (1951) Y3.6.*

TABLE 1. Granular analysis (in %) of the soil of the experimental field

Gezocht werd naar een terrein dat geschikt was voor de beoogde proefnemingen en dat daarom moest voldoen aan de volgende eisen:

1. vrij van grondwaterinvloeden op de gewassen,
2. droogtegevoelig bodemprofiel,
3. geschikt voor het telen van groentegewassen,
4. uniform t.a.v. vruchtbaarheid en fysische eigenschappen,
5. vorm en afmetingen geschikt voor veldproeven,
6. vlak liggend.

Voorts moest het terrein uit praktische overwegingen gemakkelijk en snel uit Wageningen te bereiken zijn en moesten er mogelijkheden zijn voor aansluiting op het waterleiding- en elektriciteitsnet.

Thans wordt ingegaan op de verschillende eigenschappen van dit perceel, waarbij het gegeven overzicht van eisen gevolgd wordt:

1. Het maaiveld ligt 26 à 30 m + N.A.P. Op grond van gegevens over de diepte van het phreatisch vlak, bekend bij het Gemeentelijk Waterleidingbedrijf en op grond van de nabijheid van de Rijn (ca 7 à 8 m + N.A.P.), mag worden aangenomen dat het maaiveld tenminste 10 m boven het grondwaterniveau ligt. Aangezien de diepere ondergrond uit grof materiaal bestaat (zand en grind) zal de bovengrens van de capillaire zone ongetwijfeld een aantal meters onder het maaiveld blijven. Aan de eerste eis is daarmee ten volle voldaan.
2. Op grond van laboratoriumonderzoek, dat nog nader zal worden besproken (blz. 59—65), kan de grond als tamelijk droogtegevoelig worden aangemerkt. Bij veldcapaciteit bevat de grond in de bouwvoor ongeveer 12 vol. % beschikbaar vocht, hetgeen betekent dat een gewas met een wortelzone van bv. 25 cm dikte maximaal 30 mm vocht uit deze laag kan onttrekken voordat de groei stilstaat; d.i. onder in Nederland veelvuldig voorkomende droge weersomstandigheden voldoende voor 7 à 10 dagen. Voor dieper wortelende gewassen is deze hoeveelheid groter en de periode die maximaal overbrugd kan worden langer, maar — zoals de bodemkundige beschrijving van het bodemprofiel doet verwachten — de vochtverhoudingen worden in diepere lagen ongunstiger. Een en ander — als gemiddelden van een aantal uiteenlopende waarnemingen — is in fig. 2 en in het volgende overzicht weergegeven:

laag cm	beschikbaar in vol. %	poriëngehalte vol. %
5-25	12,0	44
30-35	10,9	40
50-55	8,7	43
70-75	6,7	39

Ter vergelijking diene tabel 2.

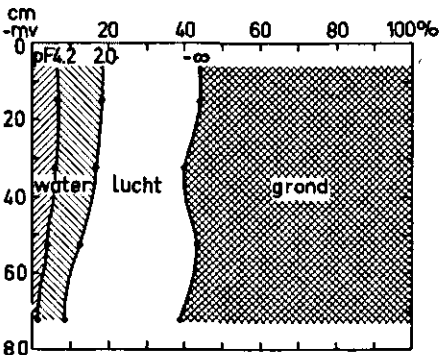


FIG. 2. De gemiddelde samenstelling van de proeftuingrond uit vaste, vloeibare en gasvormige bestanddelen by twee vochttoestanden (pF 2,0 en 4,2), voor verschillende diepten

FIG. 2. The average composition of soil of the experimental field of solid, liquid and gaseous matter in two soil moisture conditions (pF 2.0 and 4.2) for various depths

TABEL 2. Voor de planten beschikbare hoeveelheid water in enkele grondsoorten (bovengrond)

Grondsoort	Vochtgehalte in vol. %		Beschikbaar in vol. % = mm/dm Available vol. % = mm per dm	poriëngehalte in % space volume %
	bij pF 2,0 Moisture content in vol. % at pF 2.0	bij pF 4,2 at pF 4.2		
Duinzandgrond <i>Dune sand</i>	8,7	2,0	6,7	41
Enkzandgrond <i>„Enk” sand soil</i>	18,0	6,0	12,0	44
Brabantse zandgrond <i>Brabant sand soil</i>	20,0	7,0	13,0	51
Zavel (Westland) <i>Sandy clay (Westland)</i>	36,5	21,5	15,0	44
Veengrond (Boskoop) <i>Peat soil (Boskoop)</i>	56	34	22	74
Meermolm (Berkel) <i>Lake bottom deposit (Berkel)</i>	43	20	23	67
Potgrond (Aalsmeer) <i>Pot soil (Aalsmeer)</i>	45	20	25	79
Loess (Maastricht) <i>Loess (Maastricht)</i>	38	10	28	47

TABLE 2. Quantity of available moisture for plantgrowth in some types of soils (top soils)

3. T.a.v. de geschiktheid voor het telen van groentegewassen kan het volgende worden opgemerkt. Hoewel bekend is dat veel enkgronden vroeger voor de teelt van tabak werden gebruikt en hoewel er ten tijde van het ingebruiknemen van „De Dreyen” voor proeven op verschillende plaatsen volkstuinten werden aangetroffen, hebben deze gronden niet de kenmerken van goede tuingrond. Het humusgehalte is laag. De vochthuishouding zou bij normale vollegrondcultuur te veel te wensen overlaten, om intensieve teelten op commerciële basis lonend te doen zijn. Aangezien evenwel de reactie van de gewassen op de vochthuishouding onderwerp van studie zou zijn, werd het gesignaleerde gebrek eerder verwelkomd dan als een onoverkomelijk bezwaar beschouwd. De bemestingstoestand was bevredigend. De zeer hoge P-citroen-cijfers, die op deze oude tabakgronden werden aangetoond, zijn zeer waarschijnlijk terug te voeren op hoge schapenmestgiften in het verleden. In tabel 3 zijn de analyse-resultaten gegeven van een

TABEL 3. Chemische analyse van een aantal grondmonsters van het proefveld (1953)

	pH-KCl	Humus	% P-citroen	K-getal	MgO %	K-gehalte	% N-water
(1)	4.95	4,1	145	42	0,0073		
(2)	4.7	3,0	133	36	0,0046		
(3)	4.5	3,1	134	41	0,0036		
(4)	4.9	3,3	155	29	0,0053		
(5)	5.1	3,45	166	44	—	0,16	0,0038

TABLE 3. Chemical analysis of a number of soil samples of the experimental field

onderzoek in vier op 21 januari 1953 genomen grondmonsters (1) — (4), afkomstig van over het perceel verdeelde monsterplekken, alsmede van achtenveertig op 23 juni 1953 genomen grondmonsters (en wel als rekenkundig gemiddelde van 48 monsters van de laag 5—20 cm [5]).

4. Een licht verloop in het bodemprofiel van de hooggelegen oostzijde van het proefveld naar de lager gelegen westkant, een overgang van het type Y2.6g (droge diep-zwartbruine grindzand-enkgrond met grindbank) naar Y3.6 (matig vochthoudende diep zwartbruine grindzand-engrond) doet verwachten, dat geen absolute uniformiteit in vruchtbaarheidstoestand zal bestaan. Het recente gebruik van „De Dreyen”, deels als volkstuinten, deels als akkerbouwland in kleine percelen, zal een storing kunnen zijn in een overigens wellicht regelmatig verlopende bodemvruchtbaarheid. Het feit dat de laatste jaren vóór het ingebruiknemen als proefveld de Afdeling Landbouwplantenteelt der Landbouwhogeschool deze terreinen in grote percelen met akkerbouwgewassen beteelde, zal een zekere vervaging van de oude grenzen hebben bewerkstelligd. Dit tijdvak is echter te kort geweest om er grote betekenis aan te kunnen toekennen.

Een indruk van de homogeniteit of heterogeniteit van het proefveld kan worden gegeven aan de hand van de opbrengsten die met de eerste reeks proefgewassen werden verkregen (1953). Door toepassing van een Youdenschema  $4 \times 4 \times 3$  (vier gewassen, vier behandelingen in drievoud) (LI, 1944) ligt elk object in zijn herhalingen over de drie blokken waarin het proefveld is verdeeld verspreid (zie blz. 36). Door nu de verkregen opbrengst per veldje uit te drukken in procenten van het gemiddelde der drie herhalingen, ontstaat het volgende overzicht:

												Zuid	Gem.
78,8	94,4	81,6	91,6	98,3	97,5	95,8	97,5	103,8	106,0	110,0	123,6	98,2	
74,6	80,4	94,0	97,5	104,8	88,0	98,8	97,0	108,0	108,0	110,0	107,3	97,4	
100,2	98,3	85,0	91,5	96,0	86,6	106,8	105,0	109,4	103,3	129,4	90,7	100,2	
95,2	92,5	103,0	95,2	98,6	111,0	91,5	101,2	110,4	121,3	113,2	108,3	103,0	
Gem.	90,9					98,4				109,2			
												Noord	

Een variantie-analyse van dit cijfermateriaal leidt tot de conclusie dat er minder dan 1 % kans is dat ten onrechte wordt aangenomen dat er tussen de kolommen (derhalve in O-W richting) vruchtbaarheidsverschillen bestaan. Daarentegen blijkt dat er geen redenen zijn om vruchtbaarheidsverschillen tussen de rijen (dus in N-Z richting) aan te nemen:

	$F_{\text{ber.}}$	$F_{0,05}$	$F_{0,01}$
O-W	4,39		2,79
N-Z	1,26	2,89	
S	8,34		

5. Vorm en afmetingen. Uit fig. 3 wordt een indruk van het terrein verkregen. De afmetingen zijn ca.  $84 \times 27$  m. Er moest in acht genomen worden dat het

FIG. 3. Overzicht van het proefterrein in westelijke richting

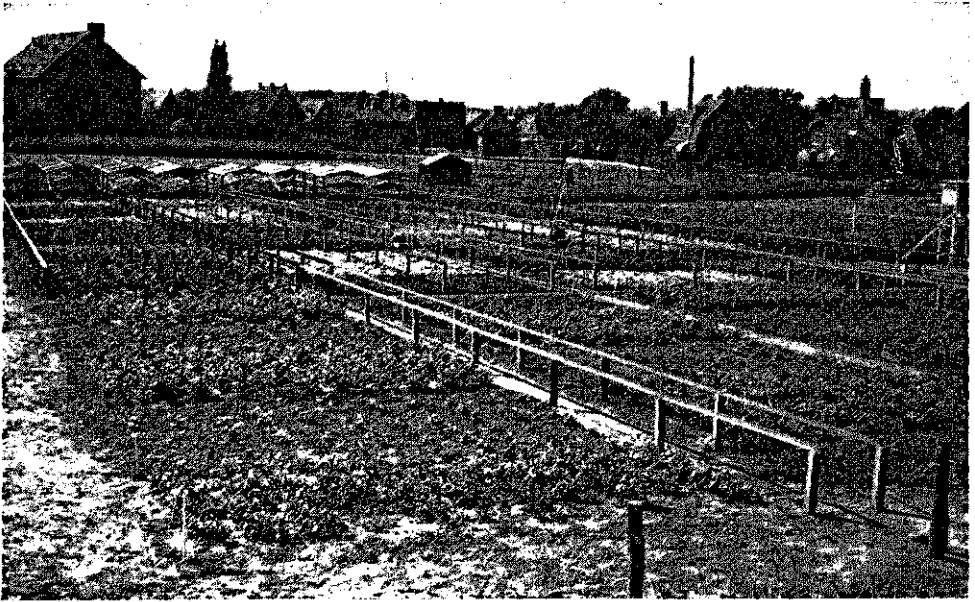


FIG. 3. *The experimental field seen in western direction*

gewenst was om een aantal van de proefveldjes tegen regen te kunnen afdekken met glazen kappen, die in de nabijheid moesten kunnen worden opgeslagen. Voor het opslaan werd ongeveer  $\frac{2}{5}$  deel van de oppervlakte gereserveerd. Er resteerde ruimte voor 48 veldjes van elk  $3,60 \times 5,60$  m, gescheiden door paden met breedten van 0,50, 0,60, 0,75 en 1,00 m.

Hoewel elders (blz. 176) nader ingegaan zal worden op de randwerking en de betekenis daarvan in verband met de afmetingen van de veldjes, werd een oppervlakte van rond  $20 \text{ m}^2$  per veldje voor de meeste gewassen voldoende geacht.

6. Het proefveld heeft een helling van ongeveer 4% in de lengterichting. Bij zware onweersbuien moesten maatregelen worden genomen om erosie in de paden te voorkomen of te beperken. Andere nadelen van de helling zijn niet gebleken.

## 2.2. DE GEWASSENKEUZE

De gewassenkeuze is o.m. bepaald door:

- a. de betekenis van het (proef-)gewas in de Nederlandse groenteteelt;
- b. de geschiktheid van het gewas om op kleine oppervlakten in korte tijd voldoende meetbare reacties op de toegepaste behandeling te geven.

*Ad a.*

De betekenis van de groentegewassen, bij het onderzoek gebruikt, in de totale Nederlandse groenteproduktie (Tuinbouwgid 1957).

In onderstaand lijstje zijn de gebruikte gewassen gemerkt; in grote trekken behoren zij tot de belangrijkste groep, hetzij naar opbrengst in kg, hetzij naar opbrengst in geld:

de rangorde volgens kg-produktie van een aantal vollegrondsgroentegewassen over de jaren 1953/55 was gemiddeld als volgt<sup>1</sup>

- 1. vroege aardappelen<sup>2</sup>
- 2. wortel<sup>3</sup>
- 3. bloemkool
- 4. witte kool
- 5. sla
- 6. andijvie
- 7. rode kool
- 8. spinazie
- 9. slaboon
- 10. savooie kool
- 11. spruitkool
- 12. kroot
- 13. aardbei
- 14. prei
- 15. augurk
- 16. rabarber
- 17. tuinboon
- 18. pronkboon
- 19. snijboon
- 20. boerenkool
- 21. asperge
- 22. knolselderij
- 23. postelein
- 24. spitskool
- 25. bladselderij
- 26. erwt
- 27. schorseneer
- 28. koolraap

de rangorde naar veilingwaarde, zonodig gecorrigeerd wegens hogere produktie dan veilingaanvoer (gemiddeld over 1953/55)

- 1. vroege aardappelen
- 2. sla
- 3. aardbei
- 4. bloemkool
- 5. wortel<sup>3</sup>
- 6. slaboon
- 7. spruitkool
- 8. andijvie
- 9. spinazie
- 10. asperge
- 11. augurk
- 12. witte kool
- 13. rode kool
- 14. snijboon
- 15. prei
- 16. savooie kool
- 17. kroot
- 18. pronkboon
- 19. tuinboon
- 20. schorseneer
- 21. rabarber
- 22. radijs
- 23. bladselderij
- 24. knolselderij
- 25. erwt
- 26. postelein
- 27. spekboon
- 28. boerenkool

*Ad b.*

De geschiktheid als proefgewas. Daarbij spelen verscheidene factoren een rol, zoals:

<sup>1</sup> Handelsproduktie, uitgezonderd ui en witlof.

<sup>2</sup> Gebaseerd op het bekende areaal en een gemiddelde ha-opbrengst.

<sup>3</sup> Hierbij is handelsproduktie ruim 13 miljoen kg hoger dan veilingaanvoer; bij overige gewassen is dit verschil ½ à 1½ miljoen kg.



1. de raszuiverheid,
2. het aantal planten per m<sup>2</sup>,
3. de aard van het geoogste produkt,
4. de oogstmethode,
5. het optreden van ziekten en plagen,
6. de waarneembaarheid van reacties.

*Ad b. 1.* De zuiverheid van rassen die van het gewas beschikbaar (of in omloop) zijn. In het algemeen zullen de rassen van vegetatief vermeerderde gewassen zeer zuiver zijn (vroege aardappelen, aardbeien). Van de generatief vermeerderde gewassen hebben de zelfbevruchtende gewassen meestal ook zeer zuivere rassen (sla, stamslabonen). De rassen van kruisbevruchtende gewassen zijn daarentegen vaak wat minder zuiver. De uniformiteit van de planten binnen een ras kan ook geschaad worden door ziekten die met het zaad- of plantgoed overgaan. Er is derhalve steeds hoogwaardig voortplantingsmateriaal gebruikt.

*Ad b. 2.* Het aantal planten (individuen) dat per oppervlakte-eenheid geteeld pleegt te worden. Een groot aantal compenseert het nadeel van de variabiliteit (krotten, wortelen, spinazie).

De mogelijkheid om het aantal planten en de plantenverdeling per oppervlakte-eenheid nauwkeurig te beheersen is bij een uitgeplant gewas (aardappelen, tuinbonen, andijvie, sla, boerenkool, bloemkool, aardbeien) gunstiger dan bij een ter plaatse gezaaid gewas. Bij een zaaigewas wordt de standdichtheid niet geheel beheerst; systematisch dunnen garandeert niet steeds een regelmatige stand (krotten, wortelen, spinazie; tussen beide groepen staan stamslabonen).

*Ad b. 3.* De aard van het geoogste produkt, te onderscheiden in wortel- en knolgewassen, bladgewassen en gewassen waarbij de vruchten, zaden of bloemen in meestal „onrijpe” toestand geoogst worden. De verhandelings-eenheid, stuks of gewicht, bepaalt mede de aantrekkelijkheid van een gewas voor proeven.

Bij wortel- en knolgewassen kan aanklevende grond (tarra) hinderlijk zijn voor een juiste opbrengst-bepaling. Zij worden meestal per kg verhandeld. Bij bladgewassen is het weer kort voor en gedurende de oogst van veel invloed op de opbrengstbepaling, althans indien deze door weging geschiedt: dauw of regen verhoogt deze „opbrengst”, ook het gewicht van opgespate grond; scherp, drogend warm weer leidt tot gewichtsverliezen, waarvoor systematisch werken bij de oogst de enige remedie is, zonder dat evenwel een absolute correctie op de waarnemingen der verschillende objecten mogelijk is.

Voorbeelden van in deze opzichten goede proefgewassen zijn aardappelen, krotten, wortelen en aardbeien; slechte zijn bv. sla, spinazie, bloemkool.

*Ad b. 4.* De oogstmethode. Wordt een gewas in éénmaal geheel en tegelijk geoogst, zoals met wortel- en knolgewassen gebruikelijk is, dan is alleen de bepaling van dat tijdstip van belang, aangenomen dat alle proefobjecten op dezelfde datum geoogst worden. De subjectiviteit heeft hier doorgaans weinig invloed.

Deze methode, waarbij een momentopname wordt gemaakt van de verschillen tussen de objecten, geeft geen inzicht in de opbrengstcapaciteit van de objecten die ten tijde van de oogst nog niet volgroeid zijn.

Bij de groenteteelt heeft het tijdstip van verkoop niet zelden een grote invloed op de prijs. In die gevallen, waarbij een vroege oogst ten koste gaat van de kg-opbrengst bepaalt de hogere prijs het financiële resultaat in vergelijking met een latere oogst met hogere kg-opbrengst.

Inzicht in de optimale behandeling kan in deze beide gevallen alleen verkregen worden door een groot aantal proefoogsten, die tezamen een soort groeicurve vormen. Dit vergt echter meestal per veldje een zoveel grotere oppervlakte, dat bij de genoemde gewassen in de regel volstaan wordt met één of twee oogst-tijdstippen.

Anders is het evenwel met gewassen waarbij de oogst in meerdere keren, over een zekere periode verdeeld, plaats vindt, zoals met de meeste vertegenwoordigers van de vrucht- en bladgewassen. De subjectiviteit bij de beoordeling van de oogstrijpheid heeft hier wel invloed, omdat deze zelden exact te bepalen is. Worden bij deze oogstmethode gehele planten tegelijk verwijderd, zoals bij de meeste bladgewassen en bij bloemkool, dan ontstaat bovendien het bezwaar van open plaatsen en de randwerking die daarvan uitgaat op de overblijvende planten.

*Ad b. 5.* De gevoeligheid voor ziekten en plagen, het patroon van optreden (pleksgewijze of algemeen egaal) en de mogelijkheden tot doeltreffende bestrijding; oogstzekerheid, gevoeligheid voor nachtvorst, wind, hagel, e.d. Hoewel het optreden van ritnaalden e.d. in andijvie, bonenvlieg in stamslabonen, wolf in spinazie, boorders en klemharten in bloemkool, vorstschade in aardbeien geconstateerd werd, is het resultaat van de proeven daardoor niet geschaad.

*Ad b. 6.* Het aantal en de soort van de eigenschappen die met eenvoudige hulpmiddelen aan de gewassen tijdens de groei of bij/na de oogst in exacte getalmaat gewaardeerd kunnen worden en criteria kunnen vormen voor de reactie van het gewas op de uitgevoerde proef. In dit opzicht hebben bv. aardappelen, tuinbonen, krotten, wortelen en aardbeien grotere geschiktheid dan de koolsoorten, spinazie, sla en andijvie.

Asperge en rabarber zijn door hun meerjarig karakter en door de lange tijd die verloopt voordat zij goed in produktie komen ongeschikt voor het onderhavige onderzoek.

Algemeen gebruikelijke teeltkundige overwegingen hebben bij de gewassenkeuze een rol gespeeld. Bij een aantal gewassen, zoals sla, kool en krotten, moet de cultuur gericht zijn op de vegetatieve fase in de ontwikkeling en op vertraging of onderdrukking van het generatieve stadium. De invloed van de daglengte en de temperatuur bepalen bij de meeste gewassen de mogelijkheden om de teelt in bepaalde delen van het totale groeiseizoen uit te oefenen. Zo kunnen bijv. tuinbonen en bepaalde rassen van sla (bijv. Meikoningin) niet als zomergewas worden geteeld.

Verder moest in het algemeen rekening gehouden worden met een teeltplan en de geschiktheid van de gewassen als voor-, hoofd- dan wel nateelt op de betreffende grond. Hierdoor wordt verklaard dat boerenkool wel in de teelt is opgenomen, terwijl overigens aan koolsoorten weinig aandacht is besteed. Snij- en pronkboon worden hoofdzakelijk resp. steeds in de opgaande vorm geteeld en komen daardoor niet in aanmerking als proefgewas.

Tenslotte kunnen enkele praktische overwegingen ook nog een rol spelen, zoals de kans op vogel- en/of wildschade en de arbeidsverdeling bij de proeven.

### 2.3. TEELTPLANNEN EN -SCHEMA'S

In 1953 is gebruik gemaakt van een schema, ontleend aan LI (1944). Hierin zijn a de onderzochte gewassen:

- 0 = tuinbonen, gevolgd door groene kool,
- 1 = vroege aardappelen, gevolgd door stamslabonen,
- 2 = rode bieten, gevolgd door andijvie,
- 3 = wortelen, gevolgd door sla (waarna aardbeien).

Waargenomen zijn kg-opbrengst, vroegheid, sortering, kwaliteit van de oogst, hoogte van de planten, aantal stengels e.d.

Met b zijn de behandelingen aangegeven, nl. de onderzochte groeifactor(en), waarover nader op blz. 89 en 90.

Hier zij slechts opgemerkt dat naarmate het nummer der behandeling onder b hoger is, de grond verder kon uitdrogen. Het is een  $4 \times 4$  schema, gestrooid in 3 herhalingsblokken, waarbij in elke kolom alle gewassen en alle behandelingen voorkomen.

	blok								blok								blok								West
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Oost	0	1	1	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	3	3	3	0	2	0	3	3	2	0	1	
	2	3	3	2	3	1	0	2	1	0	1	3	1	1	2	1	3	0	3	1	1	1	3	3	
	3	0	0	3	2	2	1	1	2	3	2	0	2	2	0	0	1	3	1	2	2	3	1	0	
	1	2	2	1	1	3	3	3	3	1	3	2	3	0	1	2	2	1	2	0	0	0	2	2	

Het is duidelijk, dat bij dit schema de gewassen als factor worden beschouwd, hoewel a priori niet aangenomen mag worden dat alle gewassen principieel op dezelfde wijze zullen reageren op de behandelingen. Integendeel, de schijnbare voordelen van een dergelijk schema voor een statistische bewerking van het waarnemingsmateriaal zullen bij verwerping van de stelling dat de gewassen bij deze proeven als factor mogen worden beschouwd, verkeren in het nadeel dat de veldjes met een bepaald gewas over het gehele proefterrein verspreid liggen. Hierdoor zullen vruchtbaarheidsverschillen in dit proefterrein een veel groter bestanddeel van de waargenomen variatie uitmaken dan wanneer elk gewas in een aaneengesloten oppervlak verbouwd was.

Het is echter met het hierboven gegeven schema mogelijk om zonder het nemen van een blanco proef een indruk te krijgen van de aanwezige verschillen in bodemvruchtbaarheid, zoals hiervóór (2.1. sub 4 der eisen) is beschreven.

Voor zover de inrichting van het proefveld dit toeliet en met handhaving van het oorspronkelijk schema voor de in augustus 1953 na sla geplante aardbeien, is in 1954 een indeling toegepast, waarbij de gewassen zo min mogelijk over het proefveld verspreid werden.

Zoals bij de bespreking van de proefneming nader zal blijken is in dat jaar het aantal behandelingsfactoren in enkele gevallen vergroot, het aantal gewassen teruggebracht van 4 op 3, nl.: vroege aardappelen met 2 variabelen: waterhuishouding en stikstofbemesting, gevolgd door bloemkool, variabele de waterhuishouding, rode bieten, gevolgd door andijvie, variabele de waterhuishouding, en aardbeien, variabele eveneens de waterhuishouding, zonder nateelt.

In verband met de vereenvoudigde proefveldindeling is in de schema's van 1954 slechts de behandeling met nummercode aangegeven, niet het gewas. Voor de vroege aardappelen is (b) de factor water en (c) de factor stikstof, voor de overige gewassen is alleen (b) de factor water vermeld. In 1955 werd op de indeling van 1954 aangesloten.

Het aantal veldjes dat in de proeven betrokken was bedroeg 54 bij de hoofdteelt 1954, 51 bij de nateelt en 44 bij hoofd- en nateelt 1955.

In 1955 bestonden de hoofdgewassen uit tuinbonen en stamslabonen; de nagewas-

sen uit resp. boerenkool en spinazie, terwijl na de laatste oogst van de aardbeien op de veldjes die vrij kwamen sla werd geplant. Variabelen waren steeds de waterhuishouding en het groeistadium waarin de regeling (N = nat, D = droog) van de waterhuishouding werd gevarieerd. De proeven lagen in 2-voud, behalve bij sla, waarbij de proef in drievoud werd aangelegd.

Vergelijk voor een en ander het volgende overzicht:

		1954 Hoofddeelt vroege aardappelen							Hoofddeelt bieten						
		b c	b c	b c	b c	b c	b c	b c	b	b	b	b	b	b	
Oost		0 0	2 0	2 2	1 0	2 2	2 1	1 0	0 2	2	3	1	0	2	2
		1 3	2 1	0 2	2	1	0 0	1 3	0 1	0	0	0	1	1	3
		2 3	0 0	0	0 1	0 3	1 1	2 0	2 3	1	2	1	0	1	2
		1 2	0 3	2 3	1 1	1 2	3	1	2	0	2	0	1	2	0

b = water  
c = stikstof

0, 1, 2 en 3 Hoofddeelt aardbeien

		1954 Nateelt bloemkool							Nateelt andijvie					
		b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
Oost		3	6	4	5	1	0	3	1	*	7	0	*	8
		0	2	*	*	1	5	2	6	6	*	*	3	*
		1	*	6	0	x	6	4	0	1	3	7	8	1
		4	5	3	2	*	*	*	*	7	8	0	3	6

\* Aardbeien, buiten de proef

		1955 Hoofddeelt tuinbonen						Hoofddeelt stamslabonen					
Oost		NDN	DND	DDD	DND	DDN	DNN	DDN	*	NND	X	*	DNN
		NND	*	*	DDD	X	NDN	DDD	NNN	*	*	DNN	*
		*	NNN	NDD	NNN	NND	NDD	DND	NDD	NDN	DND	NDD	DDN
		DNN	DDN	X	*	*	*	*	X	NND	DDD	NDN	NNN

\* Aardbeien, buiten de proef.

		1955 Nateelt boerenkool						Nateelt spinazie					
Oost		NDN	DND	DDD	DND	DDN	DNN	DDN	NN	NND	X	ND	DNN
		NND	ND	DN	DDD	X	NDN	DDD	NNN	DD	DN	DNN	NN
		DD	NNN	NDD	NNN	NND	NDD	DND	NDD	NDN	DND	NDD	DDN
		DNN	DDN	X	NN	DN	ND	DD	X	NND	DDD	NDN	NNN

N = nat

D = droog

X = veldjes buiten de proeven

N en D = Nateelt sla

## 2.4. DE VOCHTBEHEERSING

Aangezien bij het veldonderzoek uitgangspunt is geweest dat het bodemvochtregiem zoveel mogelijk moest kunnen worden beheerst, was bescherming tegen

natuurlijke neerslag op momenten dat een verhoging van het bodemvochtgehalte in strijd zou zijn met de proefopzet, noodzakelijk. Anderzijds moest water toegevoerd kunnen worden op het door de proefopzet bepaalde ogenblik indien de gewenste verhoging van het vochtgehalte niet door regen kon worden bewerkstelligd. Samengevat betekent dit dat de vochtthuishouding op het proefveld zoveel mogelijk onafhankelijk gemaakt moest worden van de natuurlijke neerslag. Evenwel moest vermeden worden dat de overige groeifactoren te zeer van die van een normale opengrondcultuur zouden afwijken.

#### 2.4.1. AFSCHERMING TEGEN REGEN

Voor de afscherming tegen natuurlijke neerslag werd gebruik gemaakt van verrolbare glazen kappen (zie fig. 4). Er werden slechts voor 36 van de 48 veldjes glaskappen aangebracht in verband met de ruimte die beschikbaar was voor het opslaan van de glaskappen tijdens droog weer; bovendien gold de overweging dat

FIG. 4. Twee - met verrolbare glaskappen - afgedekte veldjes



FIG. 4. Two trial plots covered with transportable glass shelters

wel steeds één der behandelingsmogelijkheden zou bestaan uit een ruime vochtvoorziening. De afdekking van een veldje bestond uit 20 eenruiters in twee naast elkaar geplaatste kappen van elk 5 ramen lengte, met rollen ( $\varnothing$  6 cm) in de onderzijde dragend op ijzeren goten (U-profiel  $100 \times 50 \times 4$ ). De goten werden bevestigd op paaltjes die ca. 65 cm boven de grond uitstaken, zodat voor het gewas een vrije hoogte van ca. 80 cm onder de schoren in de kappen werd verkregen. De nokhoogte bedroeg 1.10 m. Zo ontstond het beeld van de zgn. rolbakken zoals in Venlo e.o. veel worden aangetroffen, met dit verschil overigens

dat op het proefveld noch de verticale zijkanten, noch de einden werden afgesloten. Aangezien elk veldje aan alle zijden begrensd werd door paden, was nooit meer dan ca. 21 m<sup>2</sup> glasbedekking aaneengesloten.

Vrije doorstroming van lucht bleef mogelijk. Uit enkele beschikbare waarnemingen bleek dat de windsnelheid gemiddeld onder en buiten de kappen weinig verschilde (fig. 5). De luchttemperatuur op een zonnige dag met weinig wind was onder de glaskappen 1 à 2°C hoger dan in het vrije veld (fig. 6).

FIG. 5. Windsnelheidsmetingen onder de glaskappen en buiten het proefveld op 2 okt. 1957.

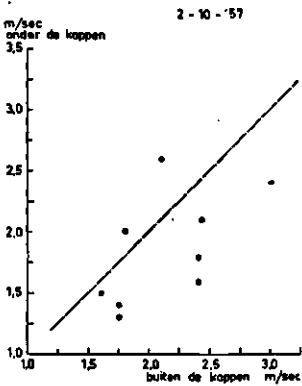


FIG. 5. Measurements of wind velocity under the glass shelters (horizontal axis) and outside the experimental field (vertical axis) on 2nd Oct. 1957

FIG. 7. Lichtsterktemetingen met lux-meter onder de glaskappen en buiten het proefveld op 2 okt. 1957

FIG. 7. Light intensity measurements with lux-meter under the glass shelters and outside the experimental field on 2nd Oct. 1957

FIG. 6. Luchttemperatuurbehoop onder de glaskappen en buiten het proefveld op 2 okt. 1957

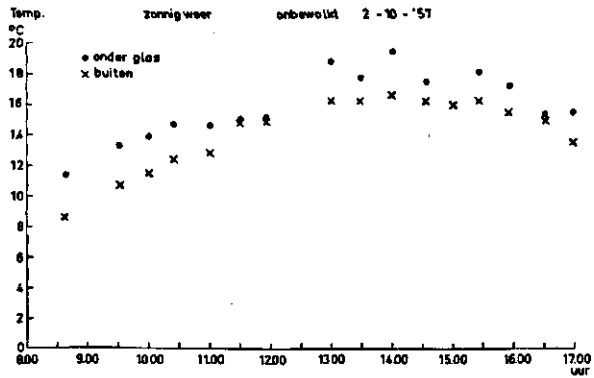
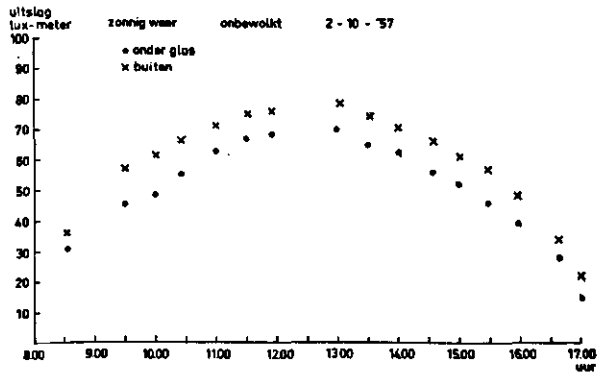


FIG. 6. Air temperature under the glass shelters and outside the experimental field on 2nd Oct. 1957



Metingen met een lux-meter<sup>1</sup> ter bepaling van de schaduwwerking van de kapconstructie en de absorptie, resp. reflectie van de straling door het glas wezen

<sup>1</sup> Fabrikaat dr. B. LANGE, Berlin No. 203 met cel S. 60.

uit dat gemiddeld over een periode van ruim vier weken de lichtsterkte bij voortdurende bedekking met kappen 68 % bedroeg van die in het vrije veld (tabel 4).

TABEL 4. Lichtmetingen onder en buiten de glaskappen, in lux.

1953 sept.	onder glas <i>under the glass shelters</i>	vrije veld <i>open field</i>
10	510	615
11	76	100
12	45	65
13	280	285
14	115	305
15	180	360
16	40	60
17	180	305
18	235	315
19	105	145
21	125	185
22	35	55
23	75	115
24	70	135
25	195	275
26	275	350
27	70	175
28	55	95
29	175	255
30	30	60
okt.		
1	105	160
2	220	430
3	145	90
5	105	135
6	15	22
7	71	100
8	210	260
10	75	185
11	95	125
12	135	225
13	85	120
14	70	90
16	9	13
Totaal	4211	6210

TABEL 4. *Light measurements under and outside the glass shelters, in lux.*

Op grond van deze cijfers van tabel 4 mag verwacht worden dat de transmissie gedurende de zomermaanden tenminste 80 % bedraagt (SEEMANN, 1957).

In fig. 7 zijn weergegeven halfuurlijkse waarnemingen met de lux-meter op een zonnige dag (2 okt. 1957) onder en buiten de glaskappen. Op deze dag was de lichtsterkte onder glas 80 à 85 % van die buiten het proefveld.

De hier vermelde lichtmetingen vonden plaats in de nazomer en het najaar. Aan de lagere zonnestanden in die tijd moet worden toegeschreven dat de verschillen groter zijn dan verwacht wordt op grond van de norm, dat glas rond 10 % verlies aan absorptie en reflectie geeft.



FIG. 8. Evaporimeter volgens PICHE

FIG. 8. *Evaporation meter according to PICHE*

Gedurende enkele perioden werden waarnemingen verricht aan 2 evaporimeters volgens PICHE (KRAMER, 1952; PRESCOTT en STIRK, 1951) (fig. 8), één opgesteld onder een kap en één op ca. 12 m afstand buiten het proefveld, beide op een hoogte van 70 cm vrij boven de grond. De verdamping van vrij water uit deze apparaatjes wordt bepaald door de weersfactoren: straling, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid. Deze factoren zijn ook bepalend voor verschillen in verdamping van gewassen bij dezelfde vochtgesteldheid in de wortelzone. Indien derhalve de verschillen tussen de verdamping van de Piche-apparaten onder en buiten het glas gering zijn, kan worden aangenomen dat de genoemde weersfactoren — in complexe werking ook als groeifactoren te beschouwen — onder het glas niet sterk zullen afwijken van die in het vrije veld. In tabel 5 zijn de verzamelde gegevens samengevat.

Bij de beoordeling van deze cijfers moet in aanmerking genomen worden, dat de Piche-meters gevoelig zijn voor regen: uit de aard van de constructie volgt, dat in het waterreservoir ten tijde van de verdamping een geringe onderdruk

Ter oriëntering diene, dat uit eigen waarnemingen aan een verdampingspan (model K.N.M.I.) blijkt, dat in het genoemde tijdvak 1 ml verdamping uit de Piche-evaporimeter gemiddeld met de verdamping van 0,43 mm vrij water over-



TABEL 5. Verdamping uit Piche evaporimeters in ml

Periode <i>Period</i>	Vrije veld <i>Open field</i>	Proefveld <i>Trial field</i>	Opmerkingen <i>Remarks</i>
1 t/m 14 aug. en 5 t/m 9 sept. 1953 <i>1 up to and incl. 14th Aug. 5 up to and incl. 9th Sept. 1953</i>	170,5	168,9	Geen glaskappen op het proefveld; exclusief 2 dagen waarop het proefveld beregend werd.
Gemiddeld per dag <i>Average per day</i>	9,0	8,9	<i>No glass-shelters on the trial field, except on 2 days when the trial field was irrigated.</i>

TABLE 5. Evaporation from Piche evaporimeters in ml

heerst. Valt er regen op het poreuze schijfje, dan zal de richting van de waterstroom omkeren. Indien de meter dan wordt afgelezen zal dit tot de conclusie leiden, dat de verdamping geringer is dan in werkelijkheid. Op grond hiervan zullen de cijfers met een systematische fout belast zijn. Dit wordt bevestigd door de cijfers voor 52 dagen zonder regen of met  $< 0,1$  mm regen in de periode 21 juli 1953 t/m 30 oktober 1953:

	vrije veld	proefveld (bonen, obj. 3)
gemiddeld per dag	392,7 ml 7,5	357,6 ml 6,9

eenkomt. Volgens RIJKOORT (1956) was in De Bilt de verhouding tussen „Piche” en de verdamping van een vrij wateroppervlak, berekend volgens PENMAN, in hetzelfde tijdvak 0,48.

Wordt de verhouding tussen de evapotranspiratie van een gewas (bij ruime watervoorziening) en de verdamping van vrij water voor dit tijdvak op gemiddeld 0,75 (PENMAN, 1956) gesteld, dan betekent een verschil in Piche-verdamping tussen het vrije veld en het proefveld ad. 0,6 ml per dag ongeveer 0,19 mm evapotranspiratie.

Gemiddeld over een lange periode is de verdamping op het proefveld — althans op de tijdelijk met glaskappen afgedekte veldjes — dus ongeveer 7 % geringer dan in het vrije veld.

De literatuur geeft over de invloed van glasbedekking nog de volgende aanwijzingen:

WINTER (1955) rapporteert over proeven in 1954, waarbij een soortgelijke constructie werd toegepast, dat de opbrengst van radijs en rapen onder de glaskappen een weinig lager was dan daarbuiten, bij vergelijkbare bodemvochtomstandigheden. STANHILL (1958), die met dezelfde apparatuur werkte, constateerde dat de gemiddelde dagtemperatuur op gewashoogte onder de kappen gelijk was aan die in het open veld, doch dat de lichtintensiteit onder het glas 40 % lager was dan erbuiten. Deze auteur schrijft daaraan de groeivermindering van rapen toe, die werd waargenomen onder de kappen, omdat de spruit/wortelverhouding vol-

gens BLACKMAN (1953) onder die omstandigheden toeneemt. De waarnemingen van BLACKMAN kunnen betekenen, dat de aanwezigheid van glas boven bladgewassen een ander effect heeft dan bij wortelgewassen.

FIG. 9. Diagram van de tijdvakken waarin de verschillende gewassen en objecten in 1953 met glaskappen bedekt waren (—). Object 0 werd nimmer bedekt

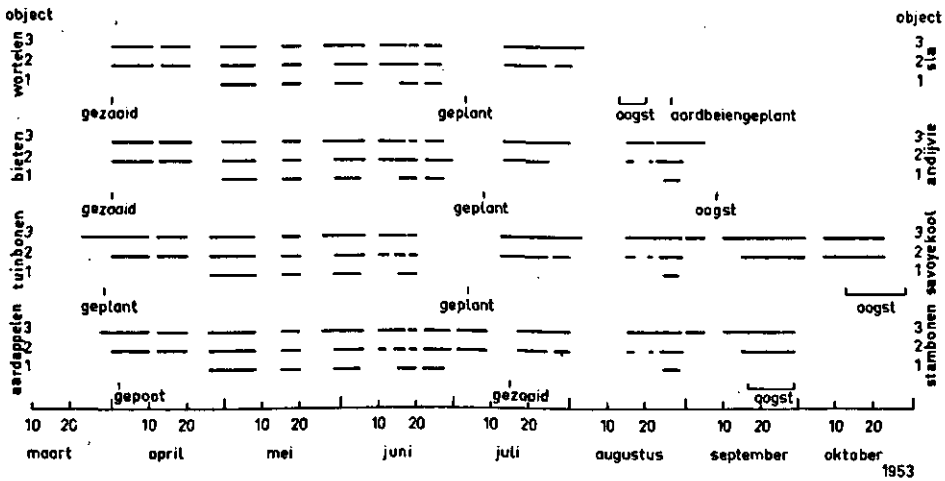


FIG. 9. Diagram of the periods in which the various 1953 crops and objects were covered with glass shelters (—). Object 0 was never covered

Bedacht dient te worden dat de glaskappen bij het onderhavige onderzoek bij vast, droog weer zoveel mogelijk van het proefveld verwijderd werden. Fig. 9 geeft een indruk van de perioden in 1953 waarin de glaskappen op het proefveld aanwezig waren. Aanvankelijk werd verwacht dat het glas ook bij kortere droogteperioden weggereden zou kunnen worden. De ervaring leerde echter dat met het verrollen van 720 ramen (in 144 kappen) vele uren gemoeid waren, hetgeen bij veranderlijk weer risico's opleverde (fig. 10). Daardoor heeft het glas betrekkelijk veel boven de veldjes gelegen.

Er is geen reden om aan te nemen dat dit grote invloed op de resultaten van het onderzoek heeft gehad, zoals nader wordt besproken in hfdst. 4, blz. 174-176. Zelfs indien er een verschil in verdampingsintensiteit is, behoeft dit het effect van de uitdroging van de grond op de gewassen niet te beïnvloeden. Slechts via de snelheid van uitdroging zou invloed van eventuele verschillen te verwachten zijn.

Voor de 12 nimmer afgedekte veldjes, waar veel watertoevoer plaats vond, moest de mogelijkheid van overvloedige neerslag en daarmee die van uitloging van voedingsstoffen uit de grond geaccepteerd worden. Uit het chemisch grondonderzoek is niet gebleken dat deze omstandigheid van veel invloed is geweest (zie ook hoofdstuk 4, blz. 187 en 188).

FIG. 10. Het aanbrengen van glaskappen uit het depot



FIG. 10. *The application of glass shelters from the depot*

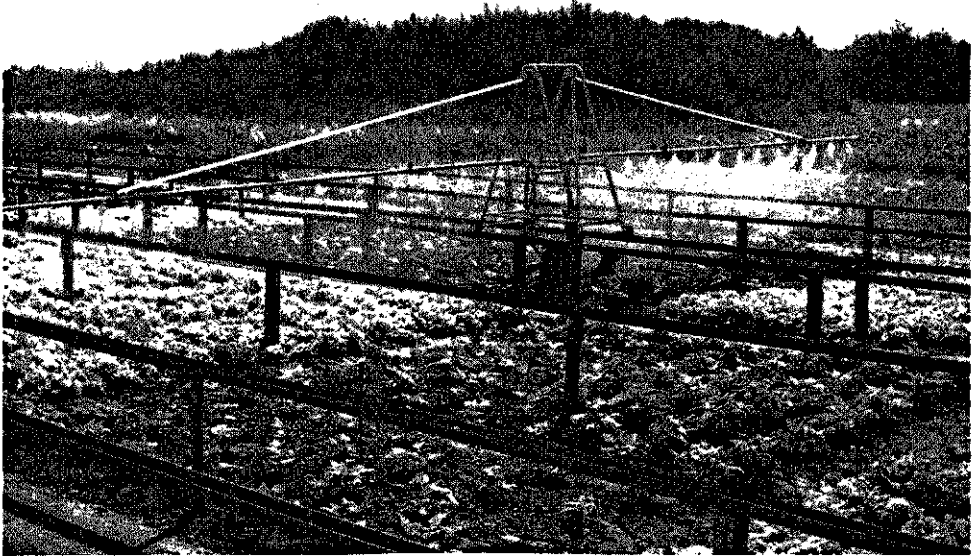
#### 2.4.2. DE WATERVOORZIENING

De omvang en de inrichting van het proefveld en de aard van de proeven maakten het noodzakelijk, een watervoorzieningssysteem te kiezen en te ontwerpen waarmee snel water gegeven kon worden, gelijkmatig verdeeld, in nauwkeurig afgemeten hoeveelheden en voor elk veldje afzonderlijk en voor alle veldjes onafhankelijk van elkaar. Hiervoor is een speciale installatie voor (kunstmatige) beregening gebouwd, die aan deze eisen voldoet (fig. 11 en 12).

Deze bestaat uit 2 wagens, aan weerszijden voorzien van een 6 m lange ijzeren buis, welke met een slang op de gemeentelijke waterleiding zijn aangesloten. Rijdende in de lengterichting van het proefveld op de randen van de goten (U-profiel) langs een pad, bestrijkt elk wagentje de helft van het proefveld. De voortbeweging geschiedt door een electromotor, die aan een der smalle zijden van het proefveld is opgesteld. Een staaldraad-zonder-eind verbindt beide wagentjes met de door de motor aangedreven trommel. Hierdoor rijden de wagentjes steeds tegelijk, met constante snelheid en in een richting die ten opzichte van elkaar tegengesteld is. Een met de hand te bedienen omkeerschakelaar op de motor maakt het mogelijk, de wagentjes over het proefveld heen en weer te laten rijden. De snelheid is 1,0 km per uur.

De bovenbedoelde sproeibuizen (1" gaspijp) zijn elk voorzien van 11 sproeimoppels, op onderlinge afstanden van 50 cm gemonteerd op korte dwarspijpjes (schuin

FIG. 11. Sproeiwagentje tijdens voortbeweging en in werking

FIG. 11. *Mobile sprinkler in motion and in action*

omhoog gericht om te voorkomen dat de sproeibuizen bij afgesloten toevoer nog nadruppelen boven niet te besproeien velden). De sproeidoppen zijn zo geconstrueerd, dat zij bij voldoende waterdruk een waaivormige uitstroming van fijne waterdruppeltjes geven. Deze waaiers liggen in het verticale vlak, dat door de rechte verbindingslijn tussen de sproeinippels gedacht kan worden. De sproeibuizen bevinden zich ongeveer 1,40 m boven het maaiveld, teneinde vrij over eventueel nog aanwezige glaskappen bewogen te kunnen worden. Deze hoogte, gecombineerd met de tophoek van de waaier en de onderlinge afstand tussen de sproeinippels, maakt dat de waaiers van 3 naast elkaar geplaatste sproeinippels elkaar op maaiveldhoogte overlappen.

Met deze constructie ontstaat bij ingeschakelde watertoevoer een verticaal regengordijn, dat zich met de snelheid van de wagentjes over het terrein verplaatst. Er is bij het ontwerp een compromis gezocht tussen enerzijds de nadelen van structuurbederf van de grond en gewasbeschadiging bij direct op de grond, resp. gewas, gerichte waterstralen, anderzijds het voordeel van een geringere invloed van de wind op de waterverdeling. De grootte van de proefveldjes en de breedte der scheidingsstroken maken het noodzakelijk scherpe grenzen tussen beregend en onberegend na te streven. Een verticaal watergordijn blijkt daarvoor een goede oplossing te zijn. De druppelgrootte en de snelheid waarmee de waterdruppels op de grond of het gewas aankomen bepalen hoe groot de hier genoemde nadelen zullen zijn. Ter illustratie diene dat na het bereiken van de maximum valsnelheid een druppel met een diameter van 4 mm een energie bezit die 332 maal zo groot is als van een druppel van 0,5 mm doorsnede (BEAN, 1954). Gebleken is dat bij de gebruikte sproeidoppen en de toegepaste waterdruk een

FIG. 12. Voortbewegingsmechanisme van de sproeiwagentjes. De om de trommel gewonden staaldraad loopt via katrollen naar de wagentjes

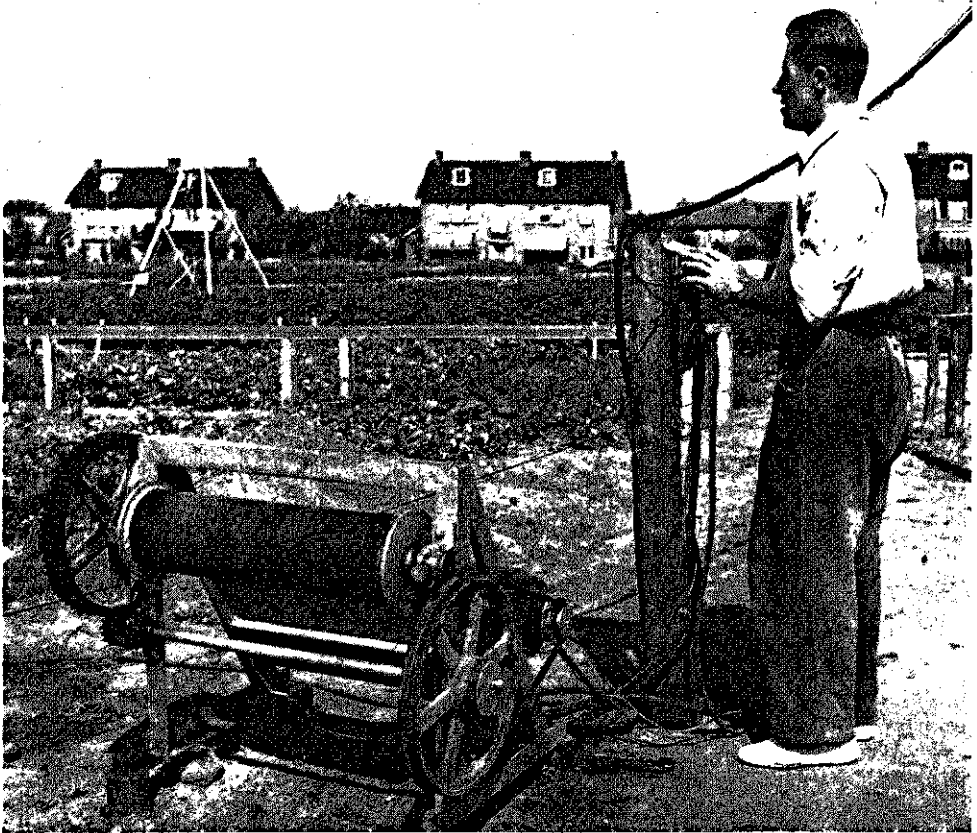


FIG. 12. Propelling mechanism of the mobile sprinkler. The steel wire which is wound round the drum runs over pulleys to the carriers

zodanig fijne druppel ontstaat, dat bedoelde nadelen gering zijn, doch dat enige windgevoeligheid resulteert. Waargenomen werd, dat berekening bij grotere windsnelheden (geschat op  $> 5$  m/sec) bezwaarlijk was. De invloed van O.- en W.-winden — derhalve in de rijrichting der sproeiwagens — kon enigszins gecorrigeerd worden door verplaatsing van de hierna nog te bespreken kraancommandostiften.

De aanvoer van water naar de sproeiwagentjes geschiedt door  $\frac{3}{4}$ " rubber slangen met canvas-inlagen, die via een vast buizenet op de waterleiding zijn aangesloten. Deze slangen, elk ongeveer 40 meter lang, worden door de wagentjes mee heen en weer getrokken over de parallel aan het middenpad lopende paden. Aangezien de waterdruk aan de sproeidoppen constant dient te zijn als gespreoid wordt, is op elk wagentje een reduceer- en regelventiel in de aanvoerleiding gebouwd. De druk in het gemeentelijk leidingnet blijkt nl. veranderlijk te zijn, samenhangende met de onregelmatigheid in de afname van de overige aan-

gesloten. Bovendien zouden door de ongunstige verhouding tussen de lengte en de doorsnede van de slangen veranderingen in de waterafname door de wagentjes relatief grote drukveranderingen tengevolge hebben, indien niet door middel van een reduceerventiel een voldoende verschil tussen de waterleidingdruk en de werkdruk op de sproeiinstallatie werd gehandhaafd.

Eerstgenoemde bedraagt gemiddeld ongeveer 3 atm; het ventiel was ingesteld op 0,8 atm. Voorts is de afname per sproeiwagen constant, omdat beide sproei-buizen (per wagentje) onafhankelijk van elkaar werken en drukfluctuaties tengevolge van het al of niet gelijktijdig sproeien der beide buizen met het ventiel opgevangen worden.

Elk veldje dient afzonderlijk òf beregend òf drooggehouden te kunnen worden. Het is in principe niet aantrekkelijk om de glaskappen ook te gebruiken om bepaalde objecten te beschermen tegen kunstmatige neerslag. In perioden van vast droog weer, waarin beregening veelal plaats vindt, zullen de glaskappen dan ook zoveel mogelijk van het proefveld verwijderd zijn. Zoals reeds vermeld werd, is het op- en afrijden der kappen bewerkelijk. Om die reden zijn op de wagentjes kranen gemonteerd die tijdens het passeren geopend en gesloten worden door in de rails bevestigde stiften. De plaats van deze stiften zal meestal iets afwijken van de veldgrens, omdat rekening gehouden moet worden met het optreden van wind. Ook de omstandigheid dat de eerste druppels door de hoogte van de nippels boven de grond pas enige tijd na het openen der kraan de grond of het gewas bereiken, vereist een marge.

De bereikte waterverdeling is bepaald op de gebruikelijke wijze, nl. door plaatsing van een aantal bakjes, 30 stuks per veldje, waarin de neerslag wordt opgevangen en gemeten. Deze bakjes met een cirkelvormige invalopening, groot 77,8 cm<sup>2</sup>, zijn in 5 rijen van 6 stuks, in rechthoeksverband 100 × 90 cm op de grond opgesteld.

De verschillen in de opgevangen hoeveelheden water, die blijken na een zekere tijd beregening, kunnen een indruk geven van de gelijkmatigheid der kunstmatige watertoevoer. Gemiddeld over de waarnemingspunten binnen een randstrook is de neerslag per keer dat de sproeiwagen passeert 0,21 mm.

In tabel 6 zijn de resultaten van enkele metingen samengevat. Hieruit blijkt dat er randstroken zijn, die aanmerkelijk minder neerslag ontvangen dan de middengedeelten van de veldjes. Dit geldt voor alle zijden van de veldjes: a. evenwijdig met de sproeibuis tengevolge van windinvloeden en van vertraging bij af- en aanslaan; b. evenwijdig met de rijrichting, doordat de sproeibuizen minder buiten de veldjes uitsteken dan nodig is voor eenzelfde overlapping der sproeiwaaiers op de perceelsranden als midden op de veldjes.

Een bevestiging hiervan wordt gevonden bij de variabiliteitscoëfficiënten van Z-arm bij sproeiwagen 2. Het waarnemingsveldje grenst hier aan de W-zijde aan een eveneens beregend veldje, in tegenstelling tot de drie andere, die in de O-W-richting tussen drooggehouden veldjes liggen. Dientengevolge vervalt bij eerstgenoemd waarnemingsveldje een randstrook parallel met de sproeibuis: de variabiliteitscoëfficiënt bij beschouwing van alle 30 bakjes is gelijk aan die bij 18

TABEL 6. Gegevens ter beoordeling van het sproei patroon bij de toegepaste beregningsapparaat

	$\bar{x}_{30}$	$\sigma$	$\frac{100 \sigma}{\bar{x}}$	$\bar{x}_{18}$	$\sigma$	$\frac{100 \sigma}{\bar{x}}$	$\bar{x}_{12}$	$\sigma$	$\frac{100 \sigma}{\bar{x}}$
5 augustus 1953 14.00 uur. Windrichting tussen NW en ZW. Windsnelheid 4 m/sec. Luchttem- peratuur 18°C. Aantal berege- ningen: 15.	18,27	10,53	55	24,61	6,80	28	29,1	2,35	8
	20,77	11,67	56	15,89	7,48	29	29,25	5,24	18
5th Aug. 1953 at 2 p.m. Wind- direction between NW en SW. Wind velocity 4 m/sec. Air tem- perature 18°C. Number of sprinklings: 15.	18,70	10,31	55	22,89	9,17	40	27,75	6,81	25
	26,00	6,48	25	25,61	6,40	25	28,75	5,28	18
	20,93		48	24,75		30	28,71		17
6 augustus 1953 10.00 uur. Windrichting W. Windsnelheid 4 m/sec. Luchttemperatuur 16°C. Aantal beregningen: 10.	10,77	6,71	62	14,28	5,52	39	17,5	3,42	20
	10,33	7,39	72	13,78	5,76	42	16,6	5,07	31
6th Aug. 1953 at 10 a.m. Wind- direction W. Wind velocity 4 m/ sec. Air temperature 16°C. Number of sprinklings: 10.	10,53	6,86	65	13,39	6,87	51	16,8	5,52	33
	13,70	4,58	33	13,89	4,65	33	16,3	3,26	20
	11,33		58	13,83		41	16,8		26

$\bar{x}_{30}$  = aantal ml water per bakje, gemiddeld over alle 30 bakjes / ml water per cup expressed in the average of all cups.

$\bar{x}_{18}$  = idem, doch gemiddeld over 3 binnenrijen (evenwijdig met de sproeibuis) van 6 bakjes / ditto, but expressed in the average of 3 inner rows (parallel with the spraying arm) of 6 cups.

$\bar{x}_{12}$  = idem, doch over 12 bakjes / ditto for 12 cups.

$\sigma$  = standaardafwijking / standard deviation.

$\frac{100 \sigma}{\bar{x}}$

= variabiliteitscoëfficiënt of ongelijkmatigheidsgraad / variability coefficient or degree of inequality of water distribution.

TABEL 6. Figures for evaluating the spraying pattern of the sprinkling apparatus

bakjes, nl. 25 op 5 augustus, toen de sproeibuis 15 maal passeerde en 33 op 6 augustus, toen slechts 10 beregingen plaats vonden. Uit het feit dat bij uitschakeling van de beide andere randen van het veldje de variabiliteitscoëfficiënt daalt van 25 tot 18, resp. van 33 tot 20, blijkt het bestaan van de onder b genoemde invloed.

Het volgende overzicht geeft het sproeipatroon weer van de N-arm van wagen 1 op 6 augustus na 10 maal passeren van de wagen; in elk getallenpaar is het bovenste de opgevangen hoeveelheid water in ml, het onderste in mm:

		West						
Zuid		0	0	0	4	5	3	Noord
		0	0	0	0,51	0,64	0,38	
		5	12	13	17	16	8	
		0,64	1,54	1,66	2,18	2,05	1,02	
		10	18	15	22	22	7	
		1,28	2,30	1,92	2,81	2,82	0,90	
		9	20	16	17	22	8	
		1,15	2,56	2,05	2,17	2,82	1,02	
		7	12	11	8	13	3	
	0,90	1,54	1,41	1,02	1,66	0,38		

## Oost

Voor de centrale 12 punten blijkt per besproeiing gemiddeld 0,21 mm in de bakjes opgevangen te zijn.

De beide genoemde oorzaken van het optreden van afwijkende randstroken kunnen toegevoegd worden aan de omstandigheid dat de vrije hoogte onder de glaskappen inrengen (schuine inval) aan de kanten mogelijk maakt en daarmee eveneens afwijkingen veroorzaakt.

Er is dus aanleiding om bij het beoordelen van de reacties van het gewas op de behandeling een voldoende brede randstrook in acht te nemen. Hierna zal daarom van netto veldjes gesproken worden.

Uit tabel 6 blijkt voorts dat — zoals te verwachten is — een groter aantal besproeiingen de gelijkmatigheid der waterverdeling gunstig beïnvloedt: de variabiliteitscoëfficiënt voor het netto veldje van 12 punten is bij 15 besproeiingen 17 tegen 26 bij 10 maal passeren van de wagen. Wordt nu verondersteld dat de variantie in een zelfde meetbakje van besproeiing tot besproeiing gelijk is aan de variantie van bakje tot bakje bij dezelfde besproeiing, dan zal  $\sigma^2$  omgekeerd evenredig moeten zijn met het aantal besproeiingen. Aangezien de variabiliteits-

coëfficiënt =  $\frac{100\sigma}{\bar{x}}$ , zal het kwadraat van de variabiliteitscoëfficiënt evenredig

zijn met  $\frac{1}{\bar{x}}$ . Wordt dit kwadraat vermenigvuldigd met  $\bar{x}$  dan moet het resultaat bij benadering constant zijn. Derhalve in dit geval  $17^2 \times 28,71 = 8140$  en  $26^2 \times 16,8 = 11200$ ; een redelijke overeenstemming.



Het volgende overzicht geeft de neerslag in mm, die de grond van de netto veldjes bereikt, op basis van de bovenbeschreven waarnemingen, gemiddeld bij éénmaal passeren van de sproeier:

		5 aug.	6 aug.
Wagen 1	N-arm	0,25	0,21 <sup>5</sup>
	Z-arm	0,25	0,21
Wagen 2	N-arm	0,24	0,21
	Z-arm	0,24	0,21

Er zal dus met rond 50 maal sproeien in totaal gemiddeld 11,4 mm water gegeven worden. Dit is een normale watergift. Ook doseringen van 15 à 20 mm komen voor, afhankelijk van de hoeveelheid water die bij een bepaalde uitdrogingstoestand van de grond nodig is om de veldcapaciteit te bereiken. Immers, de watergift wordt afgestemd op het gemeten vochtgehalte van de grond. Wordt de hiervóór beschreven evenredigheid op het aantal van 50 besproeiingen toegepast, dan blijkt dat op de netto veldjes een variabiliteitscoëfficiënt of ongelijkmatighedsgraad van ongeveer 10 verwacht mag worden. Aangezien natuurlijke regen een op dergelijke wijze bepaalde variabiliteitscoëfficiënt heeft, die varieert van 5 tot 10 bij een vergelijkbare hoeveelheid neerslag, mag worden geconcludeerd dat de waterverdeling binnen de randstroken bij de gebruikte beregeningsapparatuur weinig slechter is dan bij natuurlijke regen.

Uit de afstand waarover de wagens heen en weer worden bewogen, de rijsnelheid (1 km/uur) en de neerslag bij éénmaal passeren is te berekenen, hoeveel mm water per uur wordt gegeven. Is het proefveld over de volle lengte bij de berekening betrokken, dan is deze hoeveelheid rond 3 mm/uur, overeenkomende met een matige natuurlijke regenbui. Een gift van 15 mm neemt dan ca. 5 uur in beslag.

Zou slechts één veldje beregend behoeven te worden en zouden de wagentjes daarvoor over een afstand van slechts 4,50 à 5 meter heen en weer rijden, dan zouden 15 mm in rond 20 min. gegeven zijn; deze neerslag-intensiteit van ca. 45 mm/uur is groter dan de onderzochte grond kan verwerken; er treedt plasvorming op. Deze omstandigheid doet zich bij de uitvoering van de proeven niet voor, omdat de herhalingen over het proefterrein verdeeld zijn, in 1953 zelfs over het gehele stuk, in 1954 en 1955 over gedeelten daarvan.

### 2.4.3. WATERDOSERING

In het voorgaande is de installatie beschreven waarmede beregend werd en is een indruk gegeven van de daarbij optredende waterverdeling en neerslagdichtheid. De waterdosering vond in het algemeen <sup>1</sup> niet plaats op grond van de enkele malen waargenomen neerslaghoeveelheden bij het passeren van een sproeiwagen; er werd daarvoor gebruik gemaakt van watermeters, die in de aanvoer-

<sup>1</sup> Uitzonderd enkele proeven in 1954.

leiding waren ingebouwd. Moest een bepaald aantal veldjes van bijv. 10 mm water voorzien worden, dan werd berekend totdat het aantal liters, gelijk aan 10 maal de totale oppervlakte (in m<sup>2</sup>) van de betrokken veldjes, door de watermeter gevloeid was. Daarbij werd dus aangenomen dat alle toegediende water grond en gewas bereikte en dat geen verliezen tijdens de berekening optraden. Dit vindt steun in enkele controlewaarnemingen te velde inzake de bevochtiging van het profiel. Daarbij werd geconstateerd dat enige tijd na toediening van de berekende hoeveelheid water geen bevochtigingsfront in de betrokken laag aanwezig was en een gelijkmatige waterverdeling optrad. Dit wijst op een groot nuttig effect.

Overigens zij er in verband met de waterverdeling over een veldje op gewezen dat dosering via de watermeter een relatief grotere hoeveelheid op het midden van het veldje betekent dan met de berekening overeenkomt.

Hoewel in de literatuur sterk uiteenlopende resultaten en veronderstellingen worden vermeld, worden op grond van de veldwaarnemingen in het onderhavige geval geringe verliezen aangenomen; het effect van natuurlijke en kunstmatige neerslag wordt gelijkgesteld.

In Utah wordt voor praktijkadviezen met verliezen bij berekening van 25 % rekening gehouden.

BROUWER (1930b) meldt dat het nuttig effect van irrigatiewater slechts 15 à 20 % bedraagt. HALLGREN (1947) leidt uit statistische bewerking van neerslag- en irrigatie-proefveldgegevens over 4 jaar af dat het rendement op grasland 40 à 50 % belooft; de significantie van deze uitspraak is niet bepaald en wordt door de auteur zelf sterk in twijfel getrokken.

BOGUSLAVSKI en NEWRZELLA (1939) toonden merkwaardigerwijs aan dat per mm met irrigatiewater een even grote opbrengst is te bereiken als met regen. Volgens JULEN (1952) is uit gegevens van BAUMANN (1947 en 1949c) af te leiden dat de aardappelopbrengst per eenheid water minstens even hoog is op geïrrigeerde als op niet-geïrrigeerde veldjes. JULEN (1951, 1952) kwam op grond van eigen proeven in de jaren 1943—1948 tot soortgelijke conclusies voor kunstweiden.

PEARSON (1954) vond dat kunstmatige berekening van suikerriet een hoger vochtrendement geeft dan natuurlijke neerslag. FROST en SCHWALEN (1955) geven voor Arizona bij hoge temperaturen verliezen van 7 tot 15 % op. MATHER (1950) berekende uit metingen van dauwpunttemperaturen nabij sproeiërs dat 4—30 % van het toegediende water kan verdampen. In hoeverre deze verdamping indirect een vermindering van het vochtverbruik door het gewas ten gevolge heeft wordt niet vermeld. TILL (1957) mat aan de omtrek van de sproeicirkel een verdamping tijdens de luchtweg van slechts ca. 2 %, zelfs bij 80°F, 29 % rel.v. en een windsnelheid van 5 km/uur. WYNN (1954) toonde aan dat de zgn. interceptie door het gewas volledig als — voor het gewas — nuttige neerslag mag worden beschouwd.

In de proeven van WYNN met gerst, die ten doel hadden na te gaan het effect van frequente kleine watergiften op de wateronttrekking van het gewas aan de grond, waren de volgende objecten opgenomen:

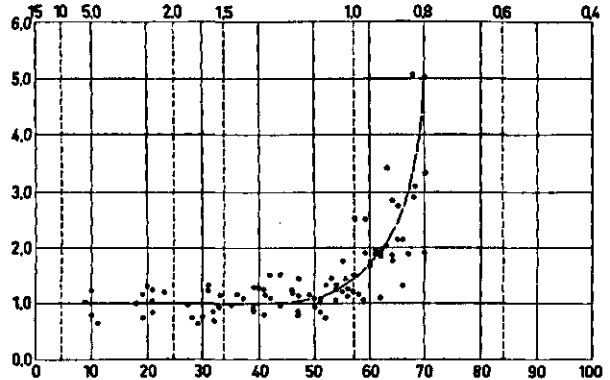
1. dagelijks toevoeging van de geschatte waterbehoefte („consumptive use”), gemiddeld ca. 6 mm/dag;
2. dagelijks een overmaat t.o.v. 1;
3. dagelijks toevoeging van minder dan 1.

Uit de vochtbalansen, die met behulp van vochtgehaltebepalingen in het gehele doorwortelde profiel werden samengesteld, bleek dat in alle gevallen waar geen

overmaat water naar de ondergrond was weggezakt, de kleine waterdoseringen voor 100% effectief waren geweest. Dit resultaat wordt geïnterpreteerd met de absorptie van energie door het water in de bovengrond en hangend aan het gewas. Al droogt een deel van de wortelzone door de sub 1 en 3 genoemde handelingen uit en stijgt daardoor de gemiddelde vochtspanning in het profiel, ook zonder dat de door de uitwendige omstandigheden bepaalde waterbehoefte geheel door de wortelopname wordt gedekt, is de verhouding tussen het gemeten waterverbruik van het veld en het verwachte waterverbruik van het gewas op die objecten ongeveer één (fig. 13).

FIG. 13. Verhouding tussen het gemeten waterverbruik van het veld en het verwachte waterverbruik van het gewas bij verschillende waterdoseringen in termen van het percentage beschikbaar vocht en de vochtspanning (naar WYNN, 1954)

FIG. 13. Ratio between depletion from experimental area and normal consumptive water use in terms of available moisture and soil moisture tension for different water regimes (WYNN, 1954)



De hiermede niet overeenkomende veronderstelling dat meerdere kleine watergiften met een groter totaal een geringer rendement afwerpen dan enkele grote giften met een kleiner totaal, zoals in de literatuur wel wordt geuit, is door WITTE (1955) niet bewezen in proeven met vroege witte kool, omdat in de proefopzet de factoren waterhoeveelheid per keer en het tijdstip waarop met beregening werd begonnen niet gescheiden waren. Bovendien werd het vochtgehaltebeloop in de grond niet vermeld, hetgeen juist onder natuurlijke omstandigheden nodig is om over de efficiency van de — in dit geval — toegediende 90 mm resp. 60 mm te kunnen oordelen.

Een en ander en de bekende invloed van sterke wind op de waterverdeling in aanmerking genomen, is slechts in die weinige gevallen, waarbij het noodzakelijk was te sproeien bij een voor beregening betrekkelijk hoge windsnelheid iets ruimer gedoseerd dan volgens de gegeven berekening.

#### 2.4.4. TIJDSTIP EN HOEVEELHEID VAN WATERTOEDIENING

Bij de uitvoering van de meeste proeven zijn de objecten onderscheiden naar de zgn. uitdrogingsgrens. Onder uitdrogingsgrens wordt verstaan het vochtgehalte in de bemonsterde laag van de betreffende veldjes dat niet beneden een zeker minimum mag dalen. Als momentopnamen van de vochtverhoudingen te velde dienen de wekelijkse vochtbepalingen. Heeft het vochtgehalte van de grond van een bepaald object deze grens bereikt of is het vochtgehalte reeds onder deze grens gedaald, dan wordt zo spoedig mogelijk na deze waarneming berekend. Dit

geschiedt met een hoeveelheid water in mm, gelijk aan het verschil tussen het vochtgehalte bij veldcapaciteit ( $v_c$ ) en dat van de waarneming, vermenigvuldigd met het volumegewicht van de grond, geschat naar de laatste bepaling daarvan en de bodemgesteldheid en de dikte der bemonsterde laag  $d$  (wortelzone) in dm. De aldus:  $(V_{v_c} - V_x) \cdot \text{vol.gew.}d$  berekende hoeveelheid water wordt in verband met het tijdsverloop tussen de bemonstering en het watergeven naar boven afgerond, ten einde de gehele onderzochte bodemlaag op veldcapaciteit te brengen. Het is duidelijk dat de daling onder de grens in bedoeld tijdsverloop aanzienlijk kan worden, indien door sterke transpiratie een grote wateronttrekking plaats vindt. Om die reden is niet steeds de hierboven gegeven gedragslijn strak gevolgd, doch werd tevens reeds achtgeslagen op de vermoedelijke daling van het vochtgehalte sedert de laatste bepaling. Hiertoe werd een globale vochtboekhouding toegepast.

#### 2.4.5. INVLOED VAN BEREGENING OP BODEMTEMPERATUUR

Aangezien de grondtemperatuur als groeifactor bekend is, doet zich de vraag voor in hoeverre de temperatuur in de nat gehouden veldjes (obj. 0) verschilde van die in de droger gehouden veldjes (obj. 3). Geijkte N.T.C.-weerstanden werden geplaatst op diepten 1 en 5 cm beneden maaiveld bij de gewassen sla en savoyekool op veldjes van de objecten 0 en 3. In de periode van 8–22 augustus 1953 werden meerdere keren per dag metingen verricht, soms zelfs  $3 \times$  per uur, zowel — via genoemde weerstanden — van de grondtemperatuur (fig. 14) als van de luchttemperatuur in de weerhut en in voorkomende gevallen van het beregeningswater. Hoewel er gedurende korte tijd verschillen zijn geconstateerd van meerdere graden C (tot  $7^\circ\text{C}$ ), zijn de daggemiddelden betrekkelijk weinig uiteenlopend, terwijl de gemiddelden van de waarnemingen over alle 14 dagen (8–22 augustus) zelfs zeer gering zijn:

gewas	savoyekool				sla			
	0		3		0		3	
object								
diepte in cm	1	5	1	5	1	5	1	5
gem. temp. in $^\circ\text{C}$	20,6	20,2	22,2	21,5	20,5	19,6	21,5	20,7

Het al of niet toepassen van een beregening blijkt weinig of geen invloed te hebben op de temperatuurverschillen tussen de objecten; als voorbeeld is in fig. 15 voor savoyekool de gemiddelde dagtemperatuur op een diepte van 5 cm bij object 3 uitgezet tegen die bij object 0. In fig. 16 is de samenhang gegeven tussen de luchttemperatuur, gemeten in de weerhut op 2 m hoogte, en de temperatuur op 1 cm diepte bij obj. 0, gewas savoyekool. In deze figuren is aangegeven, in welke gevallen een der beide of beide objecten regen ontvingen.

Ook metingen elders wijzen er op dat de bodemtemperatuur in de bovenste lagen 2 à  $3^\circ\text{C}$  kan dalen t.g.v. beregening, iets dieper slechts 0,5 à  $1^\circ\text{C}$ , een

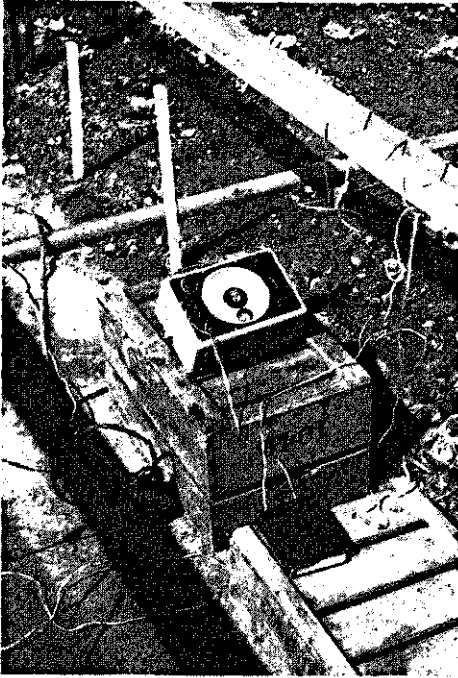


FIG. 14. Opstelling voor de meting van grondtemperaturen

FIG. 14. Apparatus for measuring soil temperatures

FIG. 15. Verband tussen de gemiddelde grondtemperatuur (per dag) op 5 cm diepte in savoyekool bij object 0 (nat) en object 3 (droog) op dagen met en zonder regen.

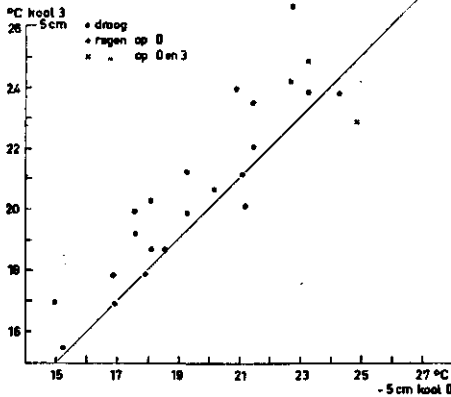


FIG. 15. Relation between the average soil temperature (per day) at a depth of 5 cm in savoy cabbage in object 0 (wet) and object 3 (dry) on days with (o and x) and without rain (·)

FIG. 16. Verband tussen de gemiddelde grondtemperatuur (per dag) op 1 cm diepte in savoyekool bij object 0 (nat) en de lucht temperatuur in de weerhut op 2 m hoogte op dagen met en zonder regen

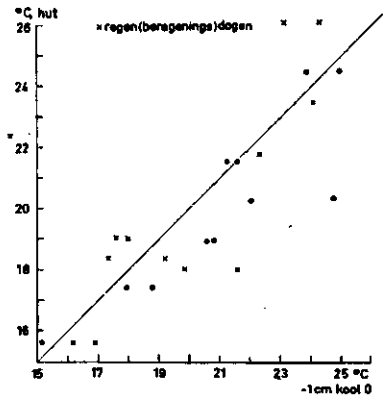


FIG. 16. Relation between the average soil temperature (per day) at a depth of 1 cm in savoy cabbage in object 0 (wet) and the air temperature in the weather house at a height of 2 m on days with (x) and without rain (·)

en ander afhankelijk van de buitenluchttemperatuur (DEMIG, 1933; FEHREND, 1942; LORENZ, 1950; FRECKMANN en BROUWER, 1933; ESBJERG en PRYTZ, 1925). De invloed van de temperatuurverlaging zal afhangen van het gewas en van de heersende temperatuur. Volgens BROUWER (1933) is de afkoeling gunstig voor haver, gerst en aardappelen, nadelig voor bieten, wortelen en gras, als daardoor de temperatuur onder een bepaald minimum daalt. NICOLAISEN en FRITZ (1954) vonden in 2-jarige proeven met kaskommers geen nadelige invloed op de opbrengst door gietwater van 11—14°C tegenover gietwater van 22—25°C.

DIEM (1956) noemt als voordeel van beregening dat de extremen in het microklimaat worden getemperd: de verschillen tussen dag- en nachttemperatuur worden kleiner en de relatieve luchtvochtigheid daalt overdag minder diep. De watertemperatuur heeft hierbij een zeer ondergeschikte invloed. Het warmtegeleidingsvermogen van natte grond is ongeveer 10 maal zo groot als dat van droge grond; oververhitting van de bovengrond wordt daardoor tegengegaan (dit vindt toepassing bij de nachtvorstwering door beregening tijdens de voorafgaande dag bij zonneshijn).

GERLACH (1908) vond geen opbrengstverschillen bij gerst in een proef waarbij irrigatiewater van verschillende temperaturen (5—6, 8—9 en 11—12°C) werd gebruikt.

Zoals hierna (blz. 67) nog zal worden besproken heeft de bodemtemperatuur invloed op de verzadigde en onverzadigde waterbeweging. De tragere instelling van de evenwichtstoestand (veldcapaciteit) na beregening of regenval bij lagere temperatuur kan in geval van waterovermaat in het voordeel zijn van de beregende (koudere) objecten, althans wat betreft de hoeveelheid beschikbaar water. Omgekeerd zal de grotere viscositeit ook invloed hebben op het capillair watertransport naar de wortels, thans in het nadeel van de koudere objecten. Het zal echter blijken dat uiteindelijk geen invloed van de waargenomen temperatuurverschillen kon worden vastgesteld.

Tenslotte zij nog opgemerkt dat een eventueel effect op dezelfde wijze in de praktijk van beregening zal optreden, zodat de overdraagbaarheid van de met het onderzoek verkregen resultaten daardoor niet aangetast wordt.

## 2.5. VOCHTBEPALING EN VOCHTSPANNING

Bij de probleemstelling is uiteengezet dat onderzocht wordt de reactie van het gewas — gemeten aan opbrengst, sortering, kwaliteit e.d. — op de bodemvochtigheid.

In hoofdstuk 3 zullen de resultaten van dit onderzoek worden weergegeven. De bodemvochtigheid wordt daarbij uitgedrukt in het over de tijd en de bemonsteringsdiepten gemiddelde vochtgehalte in gewichtsprocenten van overdroge grond, de variabele die in feite bepaald werd.

Bij de bespreking van deze resultaten in hoofdstuk 4 zal worden nagegaan hoe de gevonden verbanden geïnterpreteerd moeten worden, indien niet het vochtgehalte, doch de vochtspanning als variabele wordt aangenomen.

Daarom zullen hier achtereenvolgens de vochtgehaltebepaling, de bodemvochtspanning en het onderling verband tussen deze grootheden aan een beschouwing worden onderworpen.

Zoals in hoofdstuk 1 is aangegeven wordt de bodemvochttoestand ook wel uitgedrukt als „depletionspercentage”, d.i. het percentage dat van de bij veldcapaciteit beschikbare hoeveelheid water is verbruikt. Hierop wordt in hoofdstuk 4 nog ingegaan.

### 2.5.1. DE VOCHTBEPALING

*a. De grondmonstername.* Per veldje van ca. 12 m<sup>2</sup> (bruto 3,60 × 5,60 m, randstrook van ca. 0,50 m breedte) worden met een normaal grondboortje 5 „steken” à ca. 70 ml verzameld in een blikken bus; na menging van de verkregen grond wordt hieruit een glazen potje van ca. 100 ml gevuld, dat vervolgens gesloten wordt met een schroefdeksel met een rubber inlaag. De tijd die nodig is voor de monstername bedraagt ca. 2 minuten. Op grond van het onderzoek dat VERHOEVEN (1953) deed mag worden aangenomen dat de mogelijke indroging tijdens de monstername te verwaarlozen is. De diepte van bemonstering is gelijk aan de dikte van de laag, waarin de massa der wortels wordt aangetroffen. Deze neemt derhalve toe met de ontwikkeling van het gewas. De diepten zijn in de vocht-diagrammen in hoofdstuk 3 aangegeven.

*b. De analyse.* De gevulde glazen potjes worden op een snelweger met een nauwkeurigheid van ca. 0,1 gram gewogen, ontdaan van het deksel in een droogstoof geplaatst bij 105°C en na ca. 24 uur en na afkoeling met deksel wederom gewogen (fig. 17). Met het bekende leeggewicht van de potjes is het vochtgehalte te berekenen als percentage van het drooggewicht. De droogduur is bij een vooronderzoek ruim voldoende gebleken.

*c. De onzekerheid der gevonden vochtgehalten.* De totale fout  $\sigma_t$ , die aan de bepaling van het vochtgehalte van een veldje kleeft, werd door een intensieve bemonstering op 5 maart 1958 van het gehele proefterrein geschat. Op elk van de 48 veldjes die ook in 1953 bij de proeven betrokken waren werden op de gebruikelijke wijze, d.w.z. 5 prikken per monster, 4 monsters genomen. Uit de daarin bepaalde vochtgehalten is te berekenen dat ten gevolge van de heterogeniteit binnen de veldjes (g.v.v. = 144) en door bepalingfouten, de totale fout 0,65 vocht bedraagt. Bij een gemiddeld vochtgehalte 16,34 gew. % is deze fout derhalve 4 % van de waarneming.

Een soortgelijk onderzoek op 1 mei 1958 met bemonstering in tweevoud gaf een fout ad 0,47 % vocht bij een gemiddelde van 13,75 % vocht, d.i. 3,5 % van het gemiddelde.

De heterogeniteit tussen de veldjes blijkt bij de variantieanalyse van de verzamelde gegevens bij benadering een lineair verloop over het proefterrein te vertonen.

TAYLOR (1955) concludeert uit een onderzoek met verschillende vochtbepalingsmethoden dat de variabiliteitscoëfficiënt waarschijnlijk niet veel kleiner dan 10 % zal worden, tenzij middelen worden gevonden ter beperking of uitsluiting van de factoren die de variatie veroorzaken. Hij constateerde dat bij de gravimetrische vochtbepaling de variabiliteit 9,9 % resp. 7,1 % van de waarneming bedroeg wanneer deze als gemiddelde van 4 resp. 8 bepalingen werd uitgedrukt.

FIG. 17. Weegschaal met monsterapparatuur voor vochtbepaling in grond

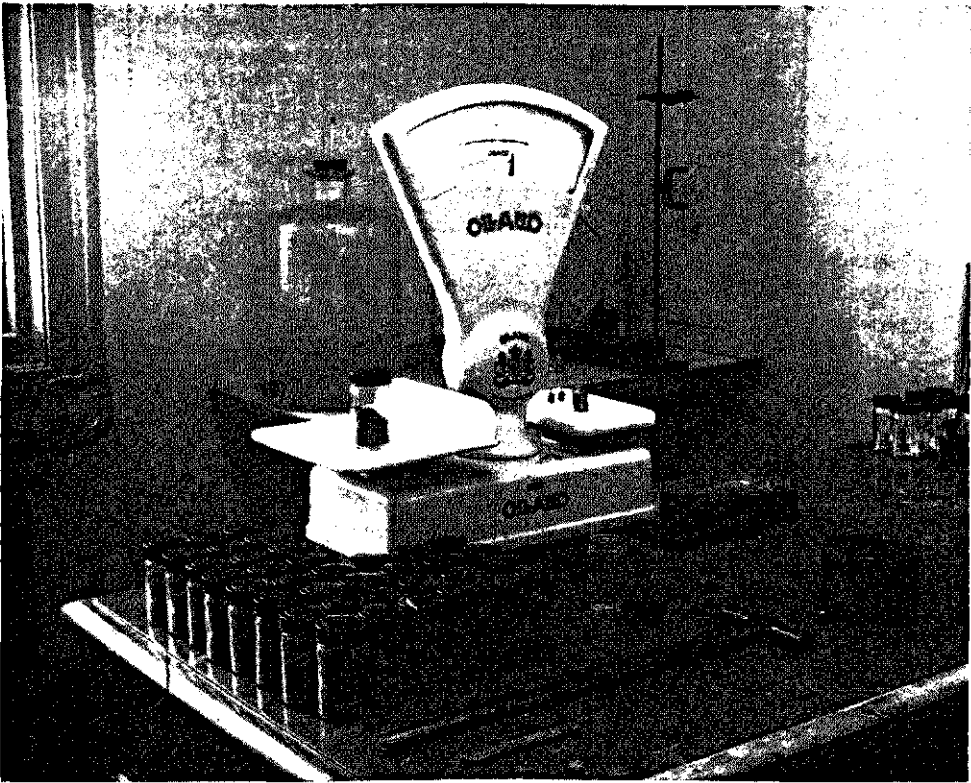


FIG. 17. Scales with soil sampling kit for soil moisture determination

De conclusie uit deze paragraaf mag dan ook zijn dat mengmonsters van 5 boringen per veldje een goede basis bieden voor de vochtbepaling.

De bepaling van het vochtgehalte in gronden te velde (in situ) is niet gemakkelijk. Een vrij groot aantal indirecte methoden is in de literatuur beschreven.

De verscheidenheid op dit gebied vormt op zichzelf reeds een aanwijzing voor de ervaring dat een eenvoudige en betrouwbare methode voor seriemeting te velde nog niet gevonden is. Bespreking van de diverse methoden wordt hier nagelaten.

## 2.5.2. DE VOCHTSPANNING

Hieronder wordt verstaan de kracht waarmee het water ten gevolge van capillaire en andere bindingsverschijnselen door de grond wordt vastgehouden. Deze kan worden bepaald door de kracht te meten die moet worden uitgeoefend om bij een zeker vochtgehalte water aan de grond te onttrekken.



Gebruikelijke maat hiervoor is de lengte in cm van een waterkolom, waarvan het gewicht in evenwicht is met de waterbindingskrachten in de grond. Ter vermijding van grote getallen werd door SCHOFIELD (1935) het begrip pF ingevoerd, d.i. de decimaal logarithme van de afstand in cm boven een vrij wateroppervlak met welke het water een overeenkomende *soortelijk vrije energie* bezit. Volgens EDLEFSEN en ANDERSON (1943) wordt deze grootheid bepaald door de componenten:

1. het krachtveld, uitgaande van bodemdeeltjes;
2. hydrostatische druk; de plaats in het zwaartekrachtveld;
3. osmotische druk;
4. luchtdruk (atmosferische druk);
5. oppervlaktespanning.

Strikt genomen is het gebruik van de term pF derhalve alleen verantwoord, indien de vochtpotentialaal door meting van de vrije energie is bepaald, bijv. door middel van vriespuntverlagingsmetingen. In de praktijk — althans in de niet-zoute gronden — wordt de binding echter meestal uit hydrostatische evenwichten bepaald, waarbij de osmotische waarde niet in de pF tot uitdrukking komt. Ook het in Nederland thans heersende gebruik van het begrip pF wijst erop dat het bedoeld wordt exclusief de osmotische waarde van de bodemoplossing.

De vochtspanning in situ kan via ijkingscurven worden afgeleid uit de vochtgehaltebepalingen volgens een der methoden die in paragraaf 2.5.1. zijn aangeduid. Een directe meting geeft de tensimeter (GARDNER, W. et al., 1922).

Het meetbereik van tensimeters is beperkt tot maximaal 0,85 atm zuigspanning. Voor het uitgevoerde onderzoek is dit te weinig, omdat hiermede bij de gebruikte grond slechts ongeveer de helft van de bij veldcapaciteit beschikbare hoeveelheid water betrokken is. Zoals later zal blijken, is deze beperking voor de praktische toepassing van de onderzoeksresultaten geen bezwaar. Aan technische moeilijkheden voor praktijkgebruik wordt hier voorbijgegaan (DE VRIES en BOLT, 1949; HAISE, 1955; HAISE en KELLEY, 1950). Volgens KAUSCH (1955) zou de tensimeter meestal te laag aanwijzen tengevolge van het geringe onverzadigd watertransport in de grond, blijkend uit een vochtgehalteverval vanaf de potwand naar de grond.

Ter oriëntatie zijn verschillende typen tensimeters en nylonelementen gebruikt om te trachten een aantal waarnemingen te verkrijgen dat als aanvulling op vochtspanningsbepalingen via vochtgehaltemetingen zou kunnen dienen. De uitkomsten van de oriënterende metingen met nylonelementen waren echter van dien aard (fig. 18), dat van systematische toepassing van deze methode bij het onderzoek werd afgezien.

Een benadering van de te velde optredende vochtspanningen werd verkregen met een werkwijze welke bestaat uit:

1. het enkele malen op het laboratorium vastleggen van het verband tussen de vochtspanning (pF) in en het vochtgehalte van de grond, weergegeven als pF-curve, ook wel vocht karakteristiek genoemd;

2. het herleiden van frequent (nl. wekelijks) bepaalde vochtgehalten tot vochtspanning met de onder 1 bedoelde curve.

### 2.5.2.1. De $pF$ -curve

In Nederland is de gangbare methode bij het vervaardigen van een  $pF$ -curve het aanleggen van een reeks onder- of overdrukken op grondmonsters, uitgaande

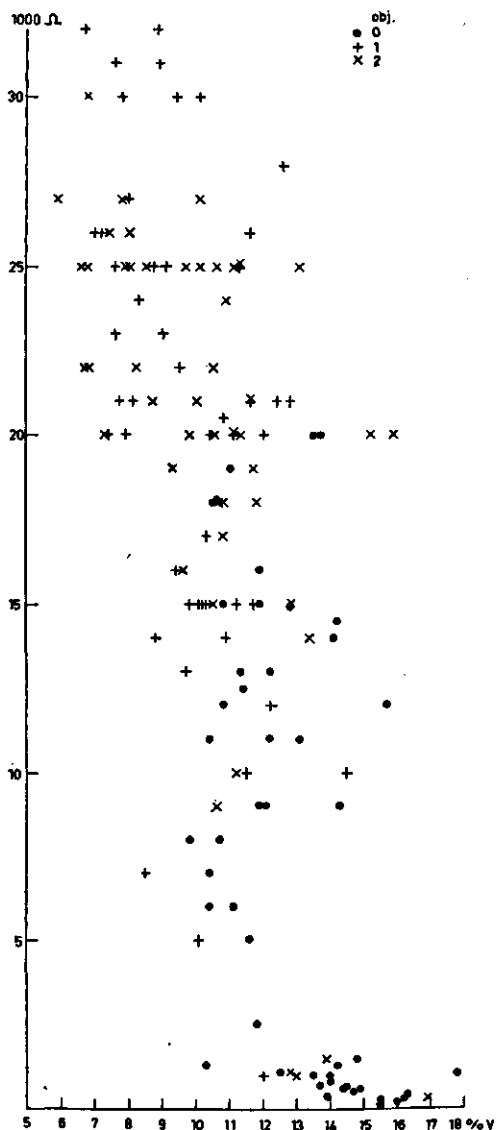


FIG. 18. Verband tussen waargenomen vochtgehalten en de weerstand van nylon-elementen bij bieten 1954

FIG. 18. Relation between soil moisture contents and the resistance of nylon elements in beets 1954

van verzadiging, waarbij voor elke evenwichtstoestand het vochtgehalte van de grond wordt afgeleid uit de gewichtsvermindering van het monster.

In het pF-traject 0,4—2,8 wordt door afzuiging van de monsters op een apparaat, dat gebouwd is naar principes van DONAT (1937) en SEKERA (1938), een aantal punten van de pF-curve bepaald; in het traject 3,0—4,2 geschiedt dit met behulp van overdruk in een filterapparaat volgens RICHARDS (1947) (fig. 19 resp. 20). In het eerste geval wordt uitgegaan van ongeroerde, met ringen à 100 ml genomen monsters, die — mede ter bepaling van het totaal poriëngehalte — in het laboratorium onder vacuüm met water verzadigd worden alvorens met de afzuiging wordt begonnen. In het tweede geval zijn het kleinere, geroerde, doch eveneens met water verzadigde monsters, die op de filterplaat worden geplaatst.

Op de aangegeven wijze zijn in de loop der jaren enkele malen pF-curven bepaald van grondmonsters die op het proefterrein werden genomen. Daarbij werd het proefveld in een oostelijke en een westelijke helft verdeeld. De bemonsteringsdiepte varieerde van 15 tot 25 cm beneden maaiveld.

In verband met de regelmatige bewerking van de bovengrond en de prak-

FIG. 19. Afzuigapparatuur voor de bepaling van de vocht karakteristiek van grond (volgens SEKERA)

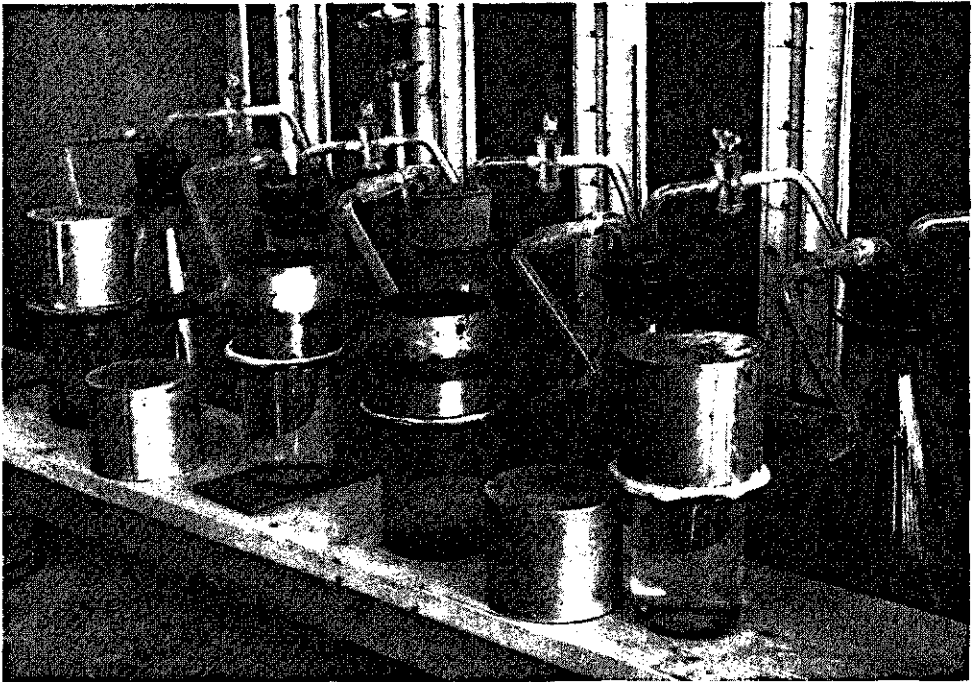


FIG. 19. Suction apparatus for the determination of the moisture retention curve of the soil (according to SEKERA)

FIG. 20. Drukfilterapparaten volgens RICHARDS ter bepaling van de vocht karakteristiek van grond



FIG. 20. Pressure membrane apparatus according to RICHARDS for the determination of the moisture retention curve of the soil

tische moeilijkheden bij het nemen van monsters in de laag 0—15 cm voor de bepaling van vocht karakteristieken, wordt de laag 15—25 cm als representatief genomen voor de gehele bouwvoor.

Aangezien de monsterringen 5 cm hoog zijn en van een ongeveer even grote doorsnede, is de feitelijke bemonsterde laag slechts ongeveer 5 cm dik.

Bepaald werden steeds de vochtgehalten bij pF 0,4; pF 1,6; pF 2,0; pF 2,7 door afzuiging van verzadigde ringmonsters, bij pF 4,2 door overdruk in een filterapparaat. In enkele gevallen werden bovendien de vochtgehalten bij pF 1,9 en pF 2,3 door afzuigen, bij pF 3,4 en pF 3,8 door overdruk bepaald.

In principe is de pF-curve afhankelijk van de structuur van de grond; deze invloed is praktisch alleen merkbaar bij vochtspanningen < 20 cm waterkolom; deze is van groot belang bij zeer lage spanningen, zoals bij pF 0,4.

De invloed van grondbewerking is vermoedelijk te verwaarlozen bij vocht-

spanningen die veel hoger zijn dan overeenkomt met veldcapaciteit. Een verstoring van de natuurlijke ligging, zoals met drogen, malen en zeven van de grond in het laboratorium wel bewerkstelligd wordt, is echter merkbaar tot pF 5,4 (RUSSELL, 1950). Omdat met ongeroerde monsters werd gewerkt, is dit laatste echter bij het onderhavige onderzoek niet van toepassing.

Bij *monsters van verschillende data* van de *westelijke* helft blijken betrouwbare verschillen te bestaan tussen de vochtgehalten die op verschillende monsterdata corresponderen met pF 0,4; 2,0 en 2,7. Er is geen reden om verschillen tussen de vochtgehalten bij pF 4,2 als reëel aan te merken.

De monsterdata zijn 10 juli 1953, 23 sept. 1953, 16 aug. 1954, 27 juli 1956.

Op de *oostelijke* helft werd alleen op 10 juli 1953 en op 27 juli 1956 bemonsterd. Tussen de gegevens van die beide data zijn de verschillen alleen betrouwbaar voor wat betreft pF 0,4; 2,0 en 4,2.

Voor een goed begrip dient te worden opgemerkt dat de werkwijze in het laboratorium in 1956 in zoverre afwijkend was, dat in dat jaar de verzadiging van de monsters met water zonder toepassing van vacuüm geschiedde.

*De verschillen tussen Oost en West* mogen evenmin steeds aan het toeval worden toegeschreven. Met name ten aanzien van de vochtgehalten bij pF 1,6 en pF 2,0 zijn de verschillen tussen Oost en West significant en wel zodanig dat op de eerste monsterdatum (10 juli 1953) de vochtgehalten bij genoemde spanningen op het oostelijk deel hoger zijn dan op het westelijk deel, terwijl op de laatste datum (27 juli 1956) het omgekeerde het geval is. De absolute grootte van de verschillen is van dezelfde orde als de vochtbepalingsfout. Hierbij moet worden opgemerkt dat in 1956 ten tijde van de bemonstering de grond van West reeds bewerkt was, die van Oost niet.

Zoals reeds opgemerkt is, worden de vochtgehalten bij pF 4,2 bepaald in geroerde grondmonsters. Hierdoor zijn structuurinvloeden uitgeschakeld; de gevonden waarden zijn afhankelijk van de textuur van de grond. Het is dan ook niet te verwonderen, dat deze waarden voor de verschillende monsterdata goed overeenstemmen. Slechts geringe verschillen tussen West en Oost werden waargenomen, zij het dan dat deze significant blijken te zijn.

In fig. 21 en 22 zijn de pF curven gegeven voor het westelijk resp. oostelijk gedeelte van het terrein, gebaseerd op de rekenkundige gemiddelden van de per datum verkregen waarnemingen. Zoals blijkt, vallen steeds de waargenomen vochtgehalten bij pF 2,7 niet onbelangrijk buiten de als vloeiende lijnen geschetste curven. Er zijn redenen om aan te nemen dat er een systematische bepalingfout aan deze waarden kleeft. De literatuur geeft uitsluitend voorbeelden van curven met een vloeiend beloop en het is dus wenselijk, ook voor de onderzochte grond een zodanig beloop aan te nemen. Daarbij passen de waarnemingen bij pF 2,7 niet. Bovendien geeft een gedetailleerde granulaire analyse van de grond van het proefterrein geen aanleiding om een discontinue beloop te verwachten.

De voornaamste reden lijkt te liggen in de algemene ervaring van de laboratoria die in Nederland vochtcharacteristieken bepalen dat bij pF 2,7 systematisch te hoge vochtgehalten worden gevonden. De oorzaak wordt gezocht in een onvoldoende contact tussen het grondmonster en het poreuze plaatje van de afzuigapparatuur bij deze betrekkelijk hoge onderdruk. De mogelijkheid dat geen evenwicht tussen vochtgehalte en zuigspanning is bereikt door een te korte expositie

FIG. 21 en 22. De pF-curve van de bouwvoor op het westelijk en oostelijk gedeelte van het terrein, gebaseerd op de rekenkundig gemiddelden van de per datum verkregen waarnemingen

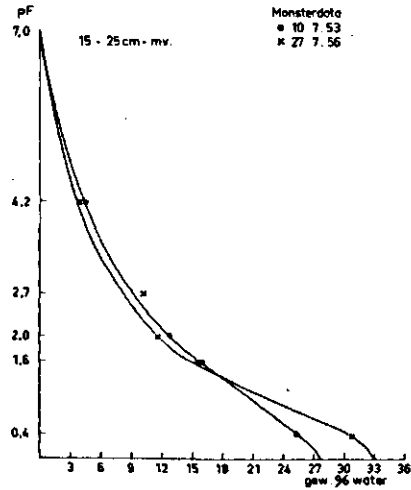
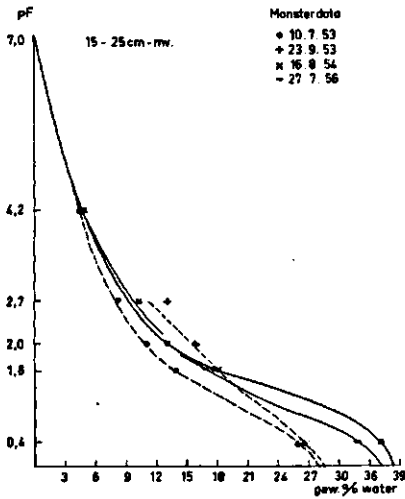


FIG. 21 en 22. The pF curves of the top soil of the western and eastern part of the terrain, based on the arithmetic mean of the figures obtained per sample date

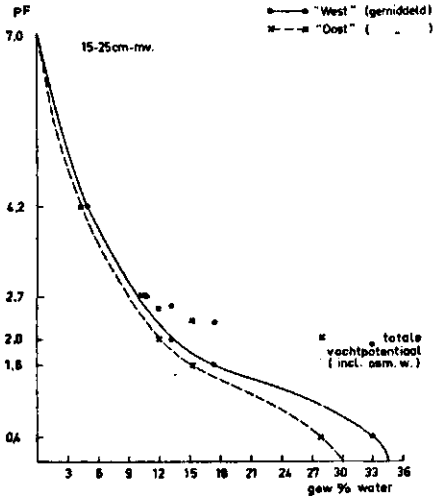


FIG. 23. De gemiddelde pF-curve voor beide terreinhelften, alsmede enkele waarden van de totale vochtpotential, inclusief osmotische waarde

FIG. 23. The average pF curves for the two halves of the terrain, and some values on the total soil moisture stress, inclusive osmotic pressure

aan deze onderdruk, moet voor de hier besproken curven gering worden geacht. Verder is het opvallend dat de curven van verschillende monsterdata elkaar niet zelden kruisen. Ook dit is een algemene ervaring. De verklaring wordt waarschijnlijk gevormd door verschillen in poriëngrootte-verdeling die in de loop van de tijd optreden en die samenhangen met structuurverschillen in de grond (BOEKEL en PEERLAMP, 1957).

Uit figuur 21 is een gemiddelde pF-curve-West afgeleid (fig. 23) onder de volgende overwegingen.

De beschreven variatie in het materiaal is grotendeels onverklaard. Ook anderen (STAKMAN) stuiten veelal op dergelijke verschijnselen. Een analyse van de waargenomen verschillen tussen de data van monsternamen, waarbij aan invloeden als grondbewerking, seizoen, temperatuur, neerslag, begroeiing en dergelijke gedacht zou kunnen worden en waarbij ook de toegepaste methode in het laboratorium betrokken zou moeten worden, is bij de huidige stand van het onderzoek op dit gebied niet mogelijk. Weliswaar vertonen de volumegewichten van de verschillende monsterseries verschillen (in 1953 op beide terreingedeelten ruim 1,5, in 1954 bijna 1,4), doch hiermede kunnen de verschillen tussen de pF-curven niet verklaard worden. Aangezien de gewichtspercentages vocht zijn gebruikt bij de constructie dier curven, is dit ook niet direct te verwachten.

Op grond van eigen waarnemingen met tensimeters en van onderzoeken van anderen (MARSHALL, 1945) komt de vochtspanning bij veldcapaciteit op dit type gronden ongeveer overeen met pF 1,8 à pF 2,0. Genoemd vochtgehalte (13,5 à 14 gew. %) vormt een min of meer vast punt in de vocht karakteristiek.

De pF-curve voor 10 juli 1953 geeft bij een pF 2,0 een vochtgehalte van 11,1 gew. % te zien. Op grond van het vorenstaande moet de juistheid van deze curve in twijfel getrokken worden. Daarbij zij opgemerkt dat de laboratoriumbepalingen bij pF 0,4, oplopend tot pF 2,7, achtereenvolgens aan hetzelfde monster plaatsvinden en dat een verkeerde uitgangstoestand zich dientengevolge over dit gehele traject kan wreken. Bij de constructie van fig. 23 is daarom weinig gewicht toegekend aan de gegevens van 10 juli 1953. Een rechtvaardiging voor deze bewerking is ook de ervaring die werd opgedaan bij het pF-onderzoek dat op drie verschillende laboratoria werd verricht aan grondmonsters van één plek en op dezelfde datum genomen. Ook daarbij werden systematische verschillen

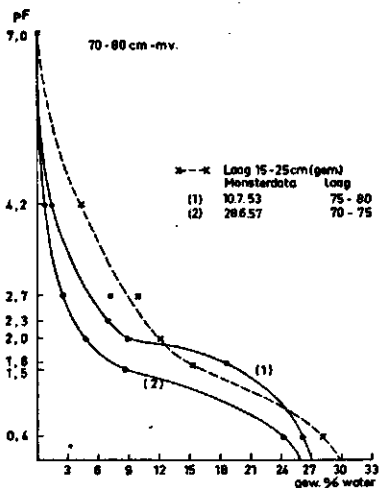


FIG. 24. Twee pF-curven op grotere diepten vergeleken met die van de bouwvoor op de oosthelft

FIG. 24. Two pF curves at greater depths compared with those of the top-soil on the east half

tussen de bepalingen van de verschillende laboratoria geconstateerd, het grootst bij lage pF-waarden.

Ten slotte moet in aanmerking worden genomen dat in 1953 nog betrekkelijk weinig ervaring bestond ten aanzien van de methodiek bij bepaling van vocht-karakteristieken.

In fig. 22 zijn de pF-curven van de oostelijke helft van het proefterrein weer-gegeven voor de beide data waarop een bemonstering plaatsvond. De veldcapaciteit, zoals deze te velde wordt aangetroffen, komt op dit terreingedeelte overeen met een vochtgehalte van ongeveer 12,7 % (gew.). Het niveau der curven komt hiermede goed overeen. In het voor het onderzoek belangrijke traject vallen de beide curven nagenoeg samen. In verband daarmee geeft fig. 23 de gemiddelde pF-curve-Oost.

De coördinaten van de pF-curven zijn:

pF	Vochtgehalte in gew. %	
	West	Oost
0,4	33,0	28,0
1,6	17,4	15,3
2,0	13,5	12,0
2,7	10,8	10,2
4,2	4,7	4,3
7,0	0,0	0,0 (per definitie)

Ten slotte geeft fig. 24 een globale indruk van de vocht karakteristiek op grotere diepte (70—80 cm) ten opzichte van die van de bouwvoor. Daarbij moet in aanmerking worden genomen dat, zoals ook bij de bodemkundige beschrijving bleek, de samenstelling van de aangegeven bodemlaag binnen het proefterrein sterk uiteenloopt.

#### 2.5.2.2. *De herleiding van vochtgehalten tot pF*

De laatste handeling bij de indirecte bepaling van de vochtspanningen in de grond te velde bestaat uit het gebruik van de besproken pF-curve voor de herleiding van de gevonden vochtgehalten in de genomen grondmonsters tot pF-waarden. Deze herleiding vindt plaats door aflezing.

Uit de hierboven becijferde standaardafwijking voor de vochtgehalten ad 0,6 gew. % vocht in het traject pF 2,0 tot pF 4,2 bij 9 gew. % beschikbaar vocht volgt indien rechtlijnigheid van de pF-curve in dit traject wordt aangenomen dat

de standaardafwijking in pF-eenheden op  $\frac{0,6}{9} (4,2-2,0) = 0,15$  gesteld mag worden.

#### 2.5.2.3. *Veldcapaciteit*

Onder de veldcapaciteit van een grond bij diepe grondwaterstand wordt verstaan het vochtgehalte na wateropname op het tijdstip dat de vochtverplaatsing



in de grond te verwaarlozen is geworden. De grond zal dit vochtgehalte hebben als het water in de grond na een overvloedige regenval of een watergift tot evenwicht vrij heeft kunnen uitzakken. De hiermede gemoeide tijdsduur is niet exact aan te geven. In feite houdt de neerwaartse waterbeweging niet plotseling op, doch neemt snel in betekenis af doordat met het leeglopen van de grotere poriën het met water gevulde stromingsoppervlak kleiner wordt en de kleinere poriën èn door hun kleinere afmeting èn door hun grotere weerstand een geringer debiet hebben bij een gelijkblijvend spanningsverval. De weerstand die het water bij stroming bij dalend vochtgehalte ondervindt wordt op de onderzochte zandgrond na korte tijd (hoogstens enkele dagen) reeds zo groot, dat een verdere verlaging van het vochtgehalte (anders dan door verdamping of onttrekking door plantwortels) in het kader van het onderzoek te verwaarlozen is. RICHARDS (1952) stelde met metingen aan Superstition Sand in een drukfilterapparaat vast dat het capillair geleidingsvermogen bij een spanning van 100 cm water nog slechts ca. 0,0001 maal het capillair geleidingsvermogen bij verzadiging bedroeg. Bij „Coachella loamy fine sand” was deze factor 0,008.

Volgens RUSSELL (1950) wordt in de meeste gronden veldcapaciteit na 2 à 3 dagen bereikt als de spanning 50 à 100 cm is, hoewel dit spanningstraject niet erg goed onderzocht is. Er zijn echter ook diepe, homogene gronden, waar het proces veel langer duurt.

Hoewel ook seizoenvariaties in de veldcapaciteit voorkomen (VAN GOOR, 1956), werd uit een groot aantal vochtbepalingen, verricht 1 tot 2 dagen na een regenperiode, afgeleid dat de veldcapaciteit van de grond op het proefterrein samenvalt met een vochtgehalte van ongeveer 13,5 à 14 gew. %.

Waarnemingen zijn o.m. (tussen haakjes het aantal bepalingen, waarvan gemiddelde is gegeven):

Monsterdatum	Voorafgaande regenperiode		Aantal dagen tussen regen- periode en bemonstering	Vochtgehalte in gew. %
	duur in dag	neerslag in mm		
29 jan. 1953	8	3	0	14,3 (2)
7 april 1954	7	25	2	14,2 (17)
16 juni 1954	8	55	2	13,8 (6)
16 aug. 1954	6	40	1	12,8 (3)
1 dec. 1954	7	14	1	14,1 (3)

Ook het gemiddelde van 92 vochtbepalingen op 1 mei 1958 ten tijde dat de grond op veldcapaciteit geacht kon worden geeft met 13,7 % dezelfde orde van grootte aan.

Merkwaardig is echter dat uit een bemonstering op 5 maart 1958 geruime tijd na de laatste neerslag en nadat de grond geheel ontdooid was, bestaande uit een serie van 192 bepalingen, een gemiddelde „veldcapaciteit” = 16,35 % resulteerde.

Als verklaring voor dit grote verschil wordt invloed van de bodemtemperatuur

verondersteld. Deze is wellicht ook een der oorzaken van de genoemde seizoenfluctuaties.

De verzadigde stroming is onder overigens gelijke omstandigheden via een evenredigheid met de viscositeit afhankelijk van de temperatuur (SLICHTER, 1898; ZUNKER, 1933; RICHARDS, 1940; PILLSBURY, 1950).

Aangezien voor de instelling van het „evenwicht”, genaamd „veldcapaciteit”, watertransport plaatsvindt, gedeeltelijk verzadigd, gedeeltelijk onverzadigd, is te verwachten dat bij lage bodemtemperaturen (zoals op 5 maart 1958 na een periode van vorst en sneeuw) dit evenwicht aanmerkelijk langzamer wordt bereikt dan bij hogere voorjaars- en zomertemperaturen. MUSGRAVE (1955) zegt dat de „infiltration capacity” in dit temperatuurtraject nagenoeg omgekeerd evenredig is met de viscositeit en dat deze „infiltration capacity” door dezelfde factoren zal worden bepaald als de instelling van de evenwichtstoestand, die veldcapaciteit genoemd wordt. Daarom kan als benadering worden gesteld dat de veldcapaciteit bij ca. 1°C bereikt zal worden na  $1\frac{1}{2} \times$  het aantal dagen dat daarvoor nodig is bij een bodemtemperatuur van 15°C. Dit impliceert dat op 5 maart 1958 de grond nog niet op veldcapaciteit geweest is en de gevonden vochtgehalten op een te hoog niveau liggen.

Ook uit het tabelletje is te zien dat in de winter bij lagere temperaturen een hoger vochtgehalte wordt waargenomen dan in de zomermaanden.

Het is niet aannemelijk dat de „evenwichtstoestand” zelf sterk afhankelijk is van de temperatuur, omdat volgens  $\sigma_t = 75,7 (1 - 0,002t)$  de oppervlaktespanning van water een geringe temperatuurcoëfficiënt heeft: bij 0°C 75,7, bij 15°C 73,4 dynes/cm. Uit een onderzoek van RICHARDS en WEAVER (1944) bij 12 grondsoorten bleek inderdaad een negatief verband tussen het vochtgehalte bij een zekere vochtspanning en de temperatuur; bij 0,5 atm zuigspanning (in feite druk) liep de temperatuurinvloed voor de 5 lichtere gronden (vochtgehalte bij 0°C variërend van 2,76 % tot 18,99 %) uiteen van 0,004 tot 0,018 % vocht per graad C.

Voor 15°C betekent dit 0,06 tot 0,27 % vocht. Daarmede is dus het hierboven weergegeven verschil tussen 5 maart en 1 mei 1958 niet te verklaren. Het is bekend dat ten gevolge van smeltende sneeuw gemakkelijk structuurverval in de grond optreedt. In hoeverre dit tot een zodanige verandering in de poriëngrootteverdeling en het totaal poriëngehalte leidt dat daarmee het hogere vochtgehalte op 5 maart 1958 verklaard zou kunnen worden, is door het ontbreken van gegevens daarover niet te zeggen.

Als conclusie is van belang dat met de temperatuurinvloed op de instellingsnelheid van veldcapaciteit rekening wordt gehouden.

Aangezien de opengrondsgroenteteelt niet plaatsvindt in een tijdvak, waarin de bodemtemperaturen laag zijn en de behoefte aan aanvullende watervoorziening gepaard gaat met hogere temperaturen, kan worden aangenomen dat de waarnemingen van juni en augustus een goede schatting zijn van veldcapaciteit.

#### 2.5.2.4. *De verwelkingsgrens*

De meeste gewassen op normale gronden verschillen niet veel in de kracht,

waarmee zij water uit de grond kunnen opnemen. Een veel in de literatuur aangegeven traject is 10—20 atm zuigspanning, waarbij de planten gaan verwelken; overeenkomende met pF 4,0 — pF 4,3. Aangezien het moeilijk is een zuivere definitie te geven van verwelking bij P.W.P., suggereren RICHARDS en WADLEIGH (1952) dat het ophouden van de vegetatieve groei een beter criterium is om de ondergrens van het bodemvochtgehalte aan te geven, die voor de landbouw van belang is. SLATYER (1957) merkt op dat het onjuist is, om aan te nemen dat de genoemde kracht voor alle gewassen gelijk is en dat het hiermede overeenkomende vochtgehalte derhalve niet als bodemconstante mag worden beschouwd. Voor mesophyten vormt 15 atm echter een goede benadering. Wordt in overeenstemming hiermee pF 4,2 gelijkgesteld met het vochtgehalte waarbij wel leven, doch geen plantengroei meer optreedt (meestal aangeduid met „P.W.P. = permanent wilting point”, of met „permanent verwelkingspunt”), dan is het vochtgehalte van de onderhavige grond bij deze grens volgens de laboratoriumbepalingen 4,7 resp. 4,3 gew. % voor West resp. Oost.

Verwelkingsproefjes met zonnebloemplanten in potten volgens het gebruikelijke procédé (BRIGGS en SHANTZ, 1912) gaf een gemiddeld verwelkingspercentage ad 3,5 gew. %. Er is derhalve geen volkomen overeenstemming tussen beide bepalingwijzen.

Opgemerkt wordt dat de helling van de pF-curve bij deze vochtgehalten zo groot is, dat het in verband met de vochtbepalingsfout van weinig praktisch belang is om in navolging van o.a. FURR en REEVE (1945) verschillende verwelkingsstadia te onderscheiden. HENDRICKSON en VEIHMAYER (1945) schatten dat het traject waarin permanente verwelking plaatsvindt voor zandgronden ongeveer 0,5 % vocht beslaat.

In het vervolg zal gebruik worden gemaakt van de vochtgehalten welke in het laboratorium werden gevonden bij een overdruk van 15 atm in het drukfilterapparaat.

#### 2.5.2.5. *Hysteresis*

De grootte van het hysteresis-effect, dat is het verschil tussen het vochtgehalte bij een zekere pF indien uitgegaan wordt van een natte grond en het vochtgehalte bij diezelfde pF indien van een droge grond wordt uitgegaan, kon niet worden bepaald. Hoewel de literatuur in deze vaak op het bestaan en de oorzaak van hysteresis wijst, is het niet mogelijk gebleken om met de gebruikte bepalingapparatuur een herbevochtiging van de grondmonsters te bewerkstelligen door verlaging van de aangelegde zuigspanning.

Met het verschijnsel van hysteresis is geen rekening gehouden bij het gebruik van de pF-curven in het onderzoek.

Een indruk van het hysteresis-effect is door SCOFIELD (1945) verkregen met cilinders waarin gewassen groeiden. Door weging werd het vochtgehalte bepaald, een ingebrachte tensimeter gaf de spanning aan; waarnemingen werden zowel tijdens bevochtiging als tijdens uitdroging gedaan.

Een dergelijk onderzoek is niet verricht, omdat de proefnemingen van zodanige aard waren dat dit zonder veel bezwaar achterwege kon blijven. Immers, de vochtgehalten te velde, die eventueel met de pF-curve worden herleid tot vochtspanning (pF), werden in het algemeen bepaald in een tijdsbestek waarin de vochtonttrekking door het gewas een uitdroging bewerkstelligde. Herleiding tot spanning met een pF-curve, die eveneens via vochtgehalteverlaging werd bepaald, lag derhalve voor de hand.

### 2.5.2.6. *Invloed van osmotische spanning*

In dit hoofdstuk werd reeds vermeld dat bij de toepassing het begrip pF een andere betekenis heeft gekregen dan volgt uit de definities die SCHOFIELD in eerste instantie van pF gaf. Met name verdient aandacht de vraag of de osmotische waarde van het bodemvocht inderdaad verwaarloosd mag worden, zoals tot dusverre bij de proeven in de humide gebieden gebruikelijk is (RICHARDS en WADLEIGH, 1952). KRAMER (1956) stelt dat die waarden gewoonlijk kleiner zijn dan 1 atm en daarom verwaarloosd kunnen worden.

Ter bepaling van de osmotische waarde is het elektrische geleidingsvermogen in het grondextract gemeten. Dit extract wordt bereid zoals is aangegeven in „Saline

TABEL 7. Bepalingen van osmotische waarde in grondmonsterextract op enkele data in 1958 en in februari 1956

Datum monsterneming	Osmotische waarde in atm (duplo-gemiddelden)	Neerslag in tussentijdse periode in mm	Bij vochtgehalte in gew. %
<i>Sampling date</i>	<i>Osmotic pressure in atm. (mean)</i>	<i>Precipitation in the intermediate period in mm</i>	<i>Moisture content in %</i>
februari 1956 <i>February 1956</i>	0.155		17,25
5 mei 1958 <i>5th May 1958</i>	0,140 0,185		18,55 18,95
12 mei 1958 <i>12th May 1958</i>	0,83 1,03	14,1	19,5 19,9
27 mei 1958 <i>27th May 1958</i>	0,96 0,86	36,6	18,8 19,4
16 juni 1958 <i>16th June 1958</i>	0,75 0,72	15,0	18,6 19,2
14 juli 1958 <i>14th July 1958</i>	0,97 1,02	64,5	17,6 17,5

TABLE 7. *Determination of osmotic pressure in soil sample extract on some dates in 1958 and in February 1956*

and Alkali Soils" 1954 (grondmonster bevochtigen tot „verzadiging" en daarna filtraat afnemen; het „verzadigings"-vochtgehalte bleek bij de betrokken onderzochte grond rond 17 gew. % te zijn). Op de gebruikelijke wijze werd het geleidingsvermogen gemeten en via tabellen (CAMPBELL e.a., 1949) op 25°C herleid en in osmotische waarde (atm) uitgedrukt. Bij benadering is osmotische waarde  $\pi = 0,4 \times \lambda_e \times 10^3$ , waarin  $\lambda_e$  geleidingsvermogen in extract <sup>1</sup>

Bepalingen werden verricht <sup>2</sup> in het extract van grondmonsters, genomen in februari 1956 en in mei/juli 1958 (tabel 7).

Bij de beoordeling van deze cijfers moet in aanmerking genomen worden dat de gebruikte tabellen betrekking hebben op gronden, waarbij de zoutconcentratie van het bodemvocht een landbouwkundig probleem kan vormen en dat zij voor praktische doeleinden werden samengesteld. De bodemoplossingen zullen in chemisch opzicht afwijken van die op het proefterrein. Nochtans zal geen grote fout worden gemaakt, indien de bedoelde tabellen hier worden gebruikt, want ook toepassing van de formule  $\pi = 0,0130 \lambda_e \cdot RT.1100$ , die door TEPE (1956) werd opgesteld, geeft waarden voor  $\pi$  van dezelfde orde van grootte.

Bovendien werd in het extract van de monsters dd. 14 juli 1958 de vriespuntsverlaging bepaald <sup>3</sup>; de duplogemiddelden van de bijbehorende osmotische waarden bedroegen 0,78 en 0,80 atm, hetgeen in bevredigende overeenstemming met de op andere wijze bepaalde waarden is.

De literatuur geeft geen nauwkeurige aanwijzingen over de samenhang tussen de osmotische waarde van het extract en dit bij de verschillende vochtgehalten te velde. Er is echter weinig bezwaar tegen om voor een schatting van de te velde optredende osmotische waarden aan te nemen dat de concentratie van het bodemvocht, en daarmee de osmotische waarde, omgekeerd evenredig is met het bodemvochtgehalte. Er wordt dan bewust voorbijgegaan aan bijzondere eigenschappen van electrolyten en aan de wisselwerking tussen vaste en vloeibare fase, die beide van invloed zijn op de verandering van de activiteit van de opgeloste zouten van het bodemwater bij wateronttrekking en zoutonttrekking door het gewas. Beide factoren dragen er toe bij dat de osmotische waarde minder dan evenredig met de concentratie toeneemt. Ook de temperatuurinvloed wordt verwaarloosd: volgens  $\pi = c.R.T.$  (waarin  $\pi$  de osmotische waarde,  $c$  de concentratie,  $R$  de gasconstante en  $T$  de absolute temperatuur) bedraagt deze invloed niet meer dan ca. 5 % voor het verschil tussen de opgegeven 25°C en de bodemtemperatuur.

Wordt de aangenomen evenredigheid thans toegepast, dan zal bij veldcapaciteit de osmotische waarde in de winter resp. zomer ongeveer 0,2 resp. 1,2 atm bedra-

<sup>1</sup> Gebruikt is de formule  $\pi = 0,321 (\lambda_e \cdot 10^3)^{1.065}$

<sup>2</sup> Deze bepalingen werden uitgevoerd door ir. J. CH. VAN SCHOUWENBURG op het Laboratorium voor Landbouwscheikunde der Landbouwhogeschool. Voor deze medewerking wordt hier dank betuigd.

<sup>3</sup> Door ir. J. v. D. ENDE, Proefstation voor de groenten- en fruitteelt onder glas te Naaldwijk, waarvoor hier dank wordt gebracht.

gen, bij pF 3,0 ongeveer 0,3 resp. 1,8 en bij pF 4,2 ongeveer 0,6 resp. 3,8 atm. Het is duidelijk dat deze osmotische waarden relatief groot zijn in het gebied van lage zuigspanningen. Immers, wordt de zuigspanning bij veldcapaciteit op 0,1 atm gesteld, dan is de osmotische waarde bij die vochttoestand met 0,2 resp. 1,2 atm tweemaal resp. twaalfmaal zo groot. In fig. 25 is deze invloed op de „pF”-curve in beeld gebracht.

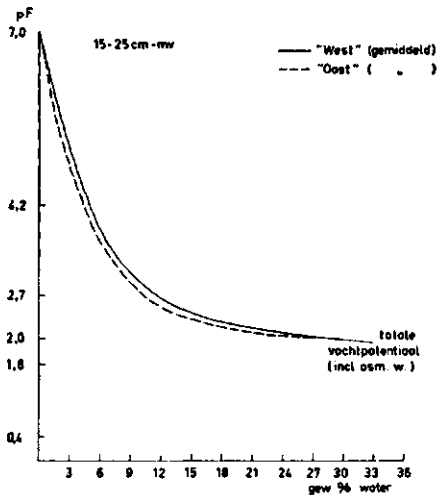


FIG. 25. Het verband tussen het vochtgehalte van de proefveldgrond (15—25 cm -mv) in gew. % en de logarithmen van de totale vochtpotentiaal in cm waterkolom (pF)

FIG. 25. *The relation between the moisture content of the soil of the experimental field (15—25 cm below land level) in percentages in weight and the logarithms of the total soil moisture stress in cm water column (pF)*

In de cijfers van tabel 7 valt een groot verschil op tussen de waarden van februari 1956 en 5 mei 1958 en die van 12 mei en daarna. De verklaring ligt in een bemesting met 1000 kg 12-10-18/ha op 5 mei na de 1e bemonstering. De verwachting dat deze bemesting een aanzienlijke invloed zou hebben op de osmotische waarde van het bodemvocht, is de reden geweest dat de serie monsters in 1958 werd onderzocht.

Er blijkt een belangrijk verschil te bestaan tussen de winter- en de zomertoe-stand. Daling van de osmotische waarde na de kunstmestgift treedt blijkbaar pas laat in het groeiseizoen op.

Het is overigens opmerkelijk dat de literatuur weinig aandacht schenkt aan de invloed van een anorganische bemesting op de osmotische waarde. WADLEIGH (1955) deelt wel mede dat opgeloste zouten afkomstig van kunstmest of van natuurlijke herkomst, zoals in zoute gronden, ook de beschikbaarheid van water voor planten kan verminderen, maar vermoedelijk is hierbij gedacht aan zoutconcentratie ten gevolge van bemesting in droge irrigatiegebieden. Dat de tijdelijke verhoging van de osmotische waarde door een normale kunstmestgift in het voorjaar betrekkelijk groot is, wordt blijkbaar niet onderkend.

TEPE (1956) onderzocht 19 grondmengsels, welke in de Duitse tuinbouw gebruikt worden en vond als laagste osmotische waarde 1,1 atm bij „Wasserkapazität”. RUSSELL (1950) deelt mede dat de osmotische spanning van de bodem-

oplossing in normale gronden in de gematigde luchtstreken  $< 2$  atm bij verwelking, al kan deze waarde overschreden worden op zandige gronden die grote hoeveelheden oplosbare kunstmest hebben gehad, zoals in gebieden met intensieve groenteteelt.

De vraag dient te worden besproken of het voorkeur verdient, in het vervolg de totale vochtpotentialaai („total moisture-stress”, die dus omvat „moisture tension” en „osmotic pressure” (KRAMER, 1949)) in verband te brengen met de gewasgroei, dan wel uit te gaan van de oorspronkelijk bepaalde zuigspanningscurven.

Het is a priori niet aannemelijk, dat de plant op gelijke wijze zal reageren op gelijke veranderingen in een der beide componenten, zuigspanning en osmotische waarde. Uit het vele onderzoek dat elders in de wereld verricht is onder omstandigheden die van de Nederlandse afwijken, kan worden afgeleid dat de osmotische waarde, waarbij plantengroei op zoute substraten stagneert, voor de verschillende planten sterk uiteenliep (WADLEIGH, GAUCH en STRONG, 1947), terwijl — zoals reeds eerder gememoreerd werd — de zuigspanning bij verwelking op normale gronden voor de meeste plantensoorten binnen nauwe grenzen blijft. De plant kan en zal zich richten naar het niveau van de osmotische waarde in het substraat (HAYWARD en SPURR, 1944).

Deze opvatting wordt ogenschijnlijk niet gesteund door proeven met *Parthenium argentatum* (WADLEIGH, 1946) en met bonen (WADLEIGH en AYERS, 1945), waarbij de opbrengstreductie ten gevolge van toenemende „total soil moisture stress” niet onafhankelijk bleek te zijn van de samenstelling der componenten

FIG. 26. Verband tussen het groene-plantgewicht van *Parthenium argentatum* en de totale vochtpotentialaai voor twee vochtspanningsniveau's en verschillende zouten (naar WADLEIGH, 1946). Links: de invloed van de zoutconcentratie bij twee zouten en bij de lage en de hoge spanningsniveau's; rechts: de invloed van de vochtspanning op de opbrengst bij de twee zouten in drie concentraties en bij het geval zonder zouten

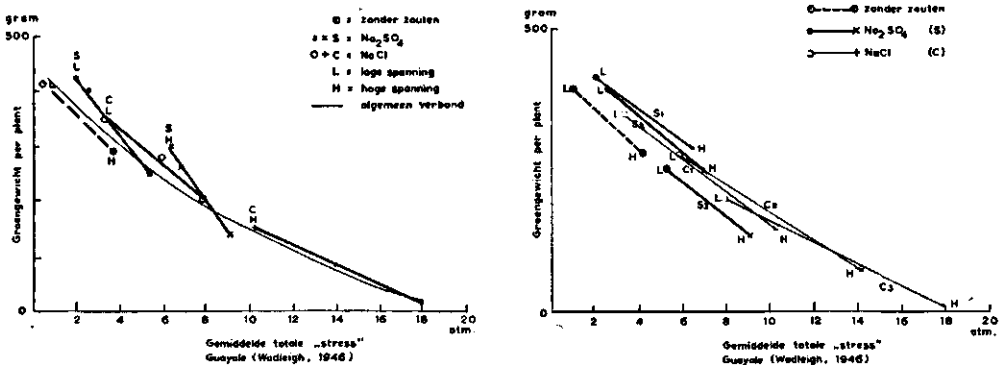


FIG. 26. Relation between the fresh weight per plant of *Parthenium argentatum* and the total soil moisture stress for two moisture tension levels and various salts (according to WADLEIGH, 1946). Left: the effect of the salt concentration of the two salts and with low (L) and high (H) tension levels; right: the effect of moisture tension on the yield with the two salts in three concentrations and without salt (○)

zuigspanning en osmotische waarde. Bij het beschouwen van fig. 26, die deze conclusie zou moeten rechtvaardigen, valt echter op dat er een systematisch verschil in reactie is tussen de objecten waarbij NaCl en die waarbij  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  is gebruikt voor het verhogen van de osmotische waarde van het substraat. Het natriumsulfaat heeft een grotere opbrengstdaling per atmosfeer ten gevolge dan het natriumchloride. Voorts is er verschil tussen de reactie t.g.v. fysische spanning en die t.g.v. osmotische waarde, althans voor de sulfaatreeks, maar het merkwaardige is dat de reactie op de totale „stress” groter is wanneer deze door  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  is veroorzaakt dan wanneer capillaire krachten de oorzaak zijn.

Ten slotte moet opgemerkt worden dat in beide gevallen op een hoger niveau van vrije energie is gewerkt dan normaliter in Nederland voorkomt.

Voorzover de bij het onderzoek verkregen verbanden tussen de gemiddelde vochtgehalten en de gewasgroei zullen worden uitgedrukt in termen van vochtspanning (hoofdstuk 4) zal gebruik worden gemaakt van de pF-curven in engere zin.

De voornaamste reden is de pragmatische doelstelling van het onderhavige onderzoek. Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat de normale bemestingsgewoonten op soortgelijke gronden onderling sterk afwijkende osmotische waarden zullen veroorzaken. Het is aantrekkelijk om voor praktische toepassing deze osmotische invloeden bij de relatie vocht-opbrengst buiten beschouwing te laten en aldus een vereenvoudigd concept te gebruiken.

## 2.6. HOEVEELHEID BESCHIKBAAR VOCHT

Een van de karakteristieke grootheden van een grond is de hoeveelheid vocht die bij veldcapaciteit voor de planten beschikbaar, dat wil zeggen opneembaar is. De veldcapaciteit, hierboven besproken, bedraagt op het proefveld ca. 14,0 resp. 12,7 gew. % vocht voor West resp. Oost, de ondergrens wordt aangenomen op 4,7 resp. 4,3 gew. %. Een en ander betekent, dat bij veldcapaciteit rond 9,3 resp. 8,4 gew. % vocht beschikbaar is voor de plantengroei. Wordt een volumegewicht van 1,5 aangehouden, dan komt dat overeen met 14 resp. 13 mm vocht in elke dm van het profiel waarvoor de pF-curven gelden. Uit de pF-curven is eveneens af te leiden dat het totale poriëngehalte rond 48 resp. 42 vol. % bedraagt en dat bij veldcapaciteit ongeveer 27 resp. 23 vol. % van de grond door lucht, althans bodemlucht, is ingenomen.

Van het totale poriënvolume is bij veldcapaciteit dus rond 55 % lucht en 45 % water.

## 2.7. DE AËRATIE

Dit gegeven is van belang, omdat de aëratie van de grond op verschillende wijzen een rol speelt bij de plantengroei. Zuurstofgebrek en koolzuurovermaat kunnen beide schadelijk zijn. De meeste onderzoeken wijzen erop dat het eerste vaker een slechte groei veroorzaakt dan de tweede.



Tegenstrijdige resultaten moeten veelal verklaard worden door het verschil in onderzoekingsmethode. Zo meenden KRAMER (1940), resp. CHANG en LOOMIS (1945) aan de hand van proeven in watercultures met tomaten en zonnebloemen resp. mais, rijst en tarwe dat koolzuur belemmerend werkt op de water- en voedselopname. WHITNEY (1942) daarentegen toonde o.a. aan bij tomaten, tabak, zonnebloemen, katoen en mais, dat in de eerste plaats zuurstofgebrek de transpiratie beperkte. Het staat echter wel vast dat zuurstofgebrek de ademhalng belemmert die nodig is voor „actieve” wateropname en voorts de permeabiliteit van de wortels verlaagt.

Volgens RANEY (1949) is het feitelijke zuurstof- of koolzuurgehalte dat op een zeker ogenblik gemeten wordt van minder betekenis dan de mate waarin zuurstof aan- en koolzuur afgevoerd kan worden. De oplosbaarheid van zuurstof in water is gering; in evenwicht met zuivere lucht is de concentratie in water slechts 0,03 van die in lucht; bij toenemende temperatuur neemt deze oplosbaarheid af, terwijl dan de zuurstofbehoefte voor normale wortelgroei juist toeneemt (CANNON, 1925).

Gezien de poriëngrootteverdeling en de water/luchtverhouding bij veldcapaciteit zal de aëratie in de onderzochte grond niet in het minimum zijn. De samenhang tussen de zuurstofdiffusie en de dichtheid en het vochtgehalte van de grond berust op de evenredigheid tussen gasdiffusie en het met lucht gevulde poriënvolume, terwijl de luchtdoorlatendheid evenredig is met een hogere macht van het beschikbaar poriënvolume (PENMAN, 1940; TAYLOR, 1949).

Een aanwijzing dat in de grond van „De Dreyen” goede luchtverhoudingen bestaan vormt ook het voormalige gebruik als tabaksgrond, aangezien tabak bekend staat als een gewas met een grote zuurstofbehoefte.

Ter vergelijking zijn in tabel 8 de water/luchtverhoudingen van enkele gronden samengevat (zie ook tabel 2, blz. 30).

TABEL 8. Gehalten beschikbaar vocht en lucht bij pF 2,0 en de verhouding water/lucht bij pF 2,0 voor een aantal grondsoorten

	vol. % beschikbaar vocht <i>available moisture</i> vol. %	vol. % lucht bij pF 2,0 <i>air content at pF 2,0</i> in vol. %	water: lucht, volumeverhouding bij pF 2,0 <i>water: air ratio on volume basis at pF 2,0</i>
Enkzandgrond (proefterrein Wageningen) „Enk” sandy soil (trial field Wageningen)	12	26	0,7 : 1
Loess bovengrond (Groesbeek)	33	11	3 : 1
Loess ondergrond (Groesbeek) top soil (Groesbeek) sub soil	24	17	1,5 : 1
Loess bovengrond (Maastricht)	28	9	3 : 1
Loess ondergrond (Maastricht) top soil (Maastricht) sub soil	34	4	8,5 : 1

TABLE 8. Contents of available moisture and air at pF 2,0 and the water/air ratio at pF 2,0 for a number of types of soil

## 2.8. HET GEMIDDELDE VOCHTGEHALTE EN HET VOCHTGEHALTEBELOEP TUSSEN DE PERIODIEKE VOCHTGEHALTEBEPALINGEN

Zoals in de inleiding is vermeld, had het onderzoek ten doel de samenhang te bepalen tussen de vochttoestand in de grond en enig resultaat van de gewasgroei in/op die grond. De vochttoestand kan uitgedrukt worden als vochtgehalte of als vochtspanning, zoals reeds besproken werd. In beide gevallen kan dan nog de uitdrogingsgrens of het gemiddelde als criterium aangenomen worden. Aangezien het vochtgehalte in feite bepaald werd, ligt het voor de hand dat dit in eerste instantie als maatstaf voor de bodemvochttoestand wordt genomen en wel het gemiddelde daarvan.

Het bodemvochtgehalte (of een maat daarvoor) werd niet continu geregistreerd, doch in het algemeen éénmaal per week bepaald. Daarom geven de rekenkundige gemiddelden van deze bepaling niet meer dan een benadering van de werkelijkheid. Hoewel deze benadering in overeenstemming is met de aard van de proefopzet, zal thans worden nagegaan of een indruk verkregen kan worden van de veranderingen die zich in de tussenliggende tijdvakken voorgedaan hebben. Daaruit moet dan geconcludeerd worden of een beter beeld van de werkelijk opgetreden bodemvochtcondities, waaraan het gewas in de betrokken laag en groeitijd onderworpen is geweest, verkregen wordt.

Als uitgangspunt hierbij wordt aangenomen dat het uitdrogingsbeloop wordt bepaald door: 1. het vochtgehalte van de grond, 2. de ontwikkeling (bodembedekking) van het gewas en 3. de weersomstandigheden.

In de hierna volgende beschouwing wordt verder geen rekening gehouden met de sub 2 genoemde invloed, omdat deze invloed daarbij van weinig essentiële betekenis is. Ten aanzien van punt 1. zijn de opvattingen in de literatuur verdeeld.

De weersomstandigheden zullen via de verdamping van vrij water in de beschouwing betrokken worden.

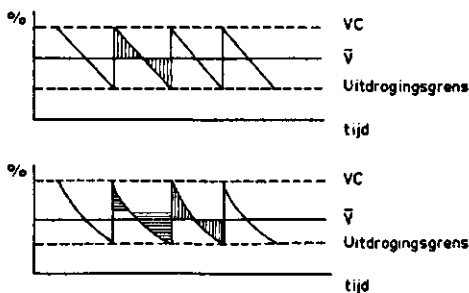


FIG. 27. Twee mogelijkheden van vochtgehaltebeloop onder invloed van vochtonttrekking tot een constant aangenomen uitdrogingsgrens en herbevochtiging tot veldcapaciteit (VC) (schematisch)

FIG. 27. Two possibilities of change in moisture content due to moisture extraction up to a constant assumed lower limit (uitdrogingsgrens) and wetting to field capacity (VC) (schematic)

In fig. 27 zijn twee mogelijkheden schematisch weergegeven. Daarbij zijn de invloeden van gewasontwikkeling en variërende weersomstandigheden niet in

acht genomen door de opeenvolgende uitdrogingslijnen parallel te tekenen. Het verschil tussen A en B is gelegen in het verband tussen het vochtgehalte en de wateronttrekking door evapotranspiratie. In A is dit rechtlijnig, in B kromlijnig verondersteld. Geval B leidt tot een lager gemiddeld vochtgehalte dan geval A.

Over de kwestie of de evapotranspiratie met dalend vochtgehalte afneemt dan wel binnen het traject VC-PWP onafhankelijk is van het vochtgehalte en uitsluitend wordt bepaald door de ontwikkeling van het gewas en klimatologische factoren, bestaat omvangrijke literatuur. De verschillende meningen zijn goed vertegenwoordigd in VEIHMAYER en HENDRICKSON (1955) en in de „Proceedings of the informal meeting on physics in agriculture” (1956).

In hoofdstuk 1 (blz. 10, 18 e.v.) werden de opvattingen van VEIHMAYER en HENDRICKSON over de beschikbaarheid van het bodemvocht reeds uitvoerig besproken, waarbij ook enkele mogelijke verklaringen voor de verschillen van mening in deze werden gegeven.

Van belang is thans het verband tussen bodemvochttoestand en transpiratie. KRAMER (1949) beschrijft vele proeven met watercultures waarin de osmotische waarde gevarieerd werd en die een type reactie geven als bij B in fig. 27. ARMY en KOZLOSKI (1951) vonden dat de transpiratie verminderde bij een osmotische waarde  $> 1$  à  $2$  atm (tengevolge van suikertoevoeging).

TAYLOR et al. (1953) toonden met meerjarige proeven met luzerne, suikerbieten en aardappelen te N.Logan (Utah) aan dat de transpiratie 10 à 20 % groter was wanneer de uitdrogingsgrens  $< 0.8$  atm dan wanneer pas geïrrigeerd werd nadat de gemiddelde vochtspanning in de wortelzone  $> 4$  atm.

WIND (1955) vond op zware klei, waar grondwaterinvloed uitgeschakeld was, dat de verhouding tussen evapotranspiratie van gras en de verdamping van vrij water negatief gecorreleerd is met de pF van het bodemvocht; met andere woorden, hoge vochtspanningen deden de evapotranspiratie van het gras dalen (zie ook blz. 214).

MAKKINK en VAN HEEMST (1956) vonden met lysimeterproeven (gras), dat de transpiratieafname ten gevolge van hoge vochtspanningen samenhangt met het niveau der potentiële evapotranspiratie: bij 4 mm/dag en pF 2,85 op 5 cm diepte was deze afname op kleigrond ca. 30 %, bij 2 mm/dag en dezelfde pF nagenoeg nihil. BIERHUIZEN (1958) toonde soortgelijke samenhang aan voor bonen bij verschillende lichtintensiteiten. Daarbij bleek tevens dat een der proeven van VEIHMAYER en HENDRICKSON (1955) met bonen bij zo'n laag transpiratieniveau plaats vond, dat geen vermindering daarvan tengevolge van uitdroging tot nabij P.W.P. verwacht kon worden.

VAN BAVEL stelt in de discussie volgend op het aangehaalde artikel van VEIHMAYER en HENDRICKSON (1955) dat geen grote fout zal worden gemaakt als wordt aangenomen dat de transpiratie onafhankelijk is van het vochtgehalte in het traject V.C.-P.W.P., indien het grootste deel van het beschikbare water met spanningen  $< 2$  atm (pF 3,3) gebonden is.

Bij de betrokken grond blijkt dat slechts ongeveer 60 % van het „beschikbare water”  $< pF 3,3$ . Daarmee neemt deze grond een positie in, die de bedoelde

onafhankelijkheid niet lijkt te rechtvaardigen. Er moet dus een verband worden verondersteld.

Deze overweging geeft aanleiding tot een poging aan de hand van het beschikbare materiaal een indruk van de bedoelde samenhang te verkrijgen.

*Type A.* Eerst zal echter getracht worden — uitgaande van uitdrogingstype A (fig. 27), d.w.z. van een uitdroging die bij een goed groeiend, de grond bedekend gewas slechts door de grootte van de potentiële evapotranspiratie en niet door de uitdrogingsgraad van de grond wordt beïnvloed — een nauwkeuriger schatting van het vochtgehaltebeloop gedurende de groeitijd te maken dan de periodieke vochtgehaltebepalingen zonder meer toelaten.<sup>1</sup>

Daarbij wordt gebruik gemaakt van waarnemingen die betrekking hebben op neerslag en verdamping (evapotranspiratie), aangezien dit de factoren zijn die de vochtgehalteverandering voornamelijk bepalen. De neerslag is dagelijks met regenneters vastgesteld; de verdamping is gemeten als die van vrij water in een verdampingspan (model K.N.M.I.) en met verdampingsmeters volgens PICHE. Bovendien is uit waarnemingen van de luchttemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid, de windsnelheid en de straling met behulp van de formules van PENMAN de verdamping van vrij water berekend. Uit onderlinge vergelijking van deze drie methoden om de bedoelde verdamping te bepalen is gebleken, dat de gegevens die met de Piche-meter worden verkregen een behoorlijke maat verschaffen. Deze vergelijking blijft hier verder onbesproken, doch vermeld mag worden dat ook door anderen (K.N.M.I., MAKINK) deze conclusie is getrokken.

Het lijkt aantrekkelijk om de Piche-cijfers te hanteren als maat voor de evapotranspiratie van een te velde staand gewas en daarbij voor korte perioden — i.c. een week — een evenredigheid tussen beide grootheden te veronderstellen. Als de totale evapotranspiratie gedurende de besproken periode (een week) is te beschouwen: de vochtinhoudsverandering van de wortelzone plus capillair naar de wortelzone aangevoerd water plus de neerslag minus uit de wortelzone weggezakt water (zakwater).

De vochtinhoudsverandering wordt berekend uit de waargenomen vochtgehalten aan het begin en aan het eind van de periode en door daarbij de dikte en het volumegewicht van de bemonsterde laag in aanmerking te nemen.

Het van onder de bemonsterde laag eventueel capillair aangevoerde water wordt verwaarloosd, omdat niet aannemelijk is dat deze bron kwantitatief van veel betekenis is.

Onder neerslag wordt hier verstaan de som van de natuurlijke en de kunstmatige neerslag.

De hoeveelheid zakwater is niet gemeten en zonder speciale voorzieningen, die de groeiomstandigheden zullen beïnvloeden, ook niet te bepalen. Deze is slechts te schatten. Zoals later zal blijken, vormt dit een zwak punt in de redenering en het is zeer wel mogelijk, dat om die reden de geschetste methode geen toepassing zal kunnen vinden.

<sup>1</sup> Het is duidelijk, dat de lijnen in fig. 27 (A), mits zij recht blijven, wel verschillende hoeken mogen maken met de horizontaal.

TABEL 9. Enkele voorbeelden van vochtgehalteberekening tussen twee monsterdata volgens rechtlijnige

datum in juni 1954	waargenomen vochtgehalte		Piche- verdamping (P) ml	berekende evapotranspiratie in mm	neerslag in mm		
	gew. %	laag-mv in cm			nat.	kunstm.	tot.
<i>date in june 1954</i>	<i>determined moisture content %</i>	<i>layer cm</i>	<i>evaporation acc. Piche ml</i>	<i>calculated evapotranspi- ration mm</i>	<i>precipitation</i>		
					rain	irr.	total
1	2	3	4	5	6	7	8
					I		
23	7,7	5—25	—				
24			10,0	3,0	—	—	—
25			18,1	5,5	—	16,5	16,5
26			1,6	0,5	9,3	—	9,4
27			11,9	3,6	—	—	—
28			15,5	4,7	—	—	—
29			2,4	0,7	—	—	—
30	9,4	5—25	8,7	2,6	—	—	—
	<u>—</u>		<u>—</u>	<u>—</u>			<u>—</u>
	-1,7		68,2	20,6			25,8
					II		
9	11,8	5—25					
10			12,0	10,6	2,6	—	2,6
11			12,8	11,3	—	—	—
12			10,4	9,2	0,1	—	0,1
13			6,8	6,0	19,3	13,2	32,5
14			3,0	2,6	26,2	—	26,2
15			8,3	7,3	—	—	—
16	12,5	5—25	13,9	12,2	—	—	—
	<u>—</u>		<u>—</u>	<u>—</u>			<u>—</u>
	-0,7		67,2	59,2			61,4
					II A		
9	11,8	5—25					
10			12,0	3,6			2,6
11			12,8	3,8			—
12			10,4	3,1			0,1
13			6,8	2,0			18,5
14			3,0	0,9			0,9
15			8,3	2,5			—
16	12,5	5—25	13,9	4,2			—
	<u>—</u>		<u>—</u>	<u>—</u>			<u>—</u>
	-0,7		67,2	20,1			22,1

TABLE 9. Some examples of the computation of the moisture content between two sampling-dates

## interpolatie met Piche verdampingscijfers

vochtsinhoud toename in mm <i>increase of moisture content in mm</i>	vochtgehalte- verandering gew. % (toename) <i>increase of moisture content in %</i>	berekend vochtge- haltebe- loop gew. % <i>calculated change in moisture content %</i>	
9	10	11	
		7,7	
— 3,0	— 1,0	6,7	I. Kolom / Column 2 en 3: $0,20 \times 1,5 \times -1,7 \times 10 = -5,1$ mm
+ 11,0	+ 3,7	10,4	II. Kolom / Column 2 en 3: $0,20 \times 1,5 \times -0,7 \times 10 = -2,1$ mm
+ 8,8	+ 2,9	13,3	II A. Kolom / Column 2 en 3: $0,20 \times 1,5 \times -0,7 \times 10 = -2,1$ mm
— 3,6	— 1,2	12,1	
— 4,7	— 1,6	10,5	
— 0,7	— 0,2	10,3	
— 2,6	— 0,9	9,5	
—	—	—	
5,2	1,7	gem. 10,1 (8,6) <i>average</i>	I Kolom 5: $25,8 - 5,1 = 20,7$ Column 20,7 — = 0,30 (× P) 68,2
			II Kolom 5: $61,4 - 2,1 = 59,3$ Column 59,3 — = 0,88 (× P) 67,2
			II A. Kolom 5: $22,1 - 2,1 = 20,0$ Column 20,0 — = 0,30 (× P) 67,2
		11,8	
— 8,0	— 2,7	9,1	
— 11,3	— 3,8	5,3	
— 9,1	— 3,0	2,3	
+ 26,5	+ 8,8	11,1	I. Kolom / Column 10: Kolom 9: $(0,20 \times 1,5 \times 10 = 3)$
+ 23,6	+ 7,9	19,0	II. Kolom / Column 10: Kolom 9: $(0,20 \times 1,5 \times 10 = 3)$
— 7,3	— 2,4	16,6	
— 12,2	— 4,1	12,5	
—	—	—	
2,2	0,7	gem. 11,0 (12,2) <i>average</i>	II A. Kolom / Column 10: Kolom 9: $(0,20 \times 1,5 \times 10 = 3)$
		11,8	
— 1,0	— 0,3	11,5	I. Aardappelen obj. 17—200 <i>Potatoes</i>
— 3,8	— 1,3	10,2	
— 3,0	— 1,0	9,2	II Aardappelen obj. 26—50 <i>Potatoes</i>
+ 16,5	+ 5,5	14,7	
0,0	0,0	14,7	
— 2,5	— 0,8	13,9	II A. Aardappelen obj. 26—50 <i>Potatoes</i>
— 4,2	— 1,4	12,5	
—	—	—	
2,0	0,7	gem. 12,3 (12,2) <i>average</i>	

according to rectilinear interpolation with Piche evaporation figures

Wordt de aldus verkregen waarde voor de totale (week-) evapotranspiratie naar *evenredigheid* met de dag-cijfers van de Piche-meter over de verschillende dagen verdeeld, dan is, de neerslagcijfers in aanmerking genomen, per dag de bodemvochtinhoudsverandering (en via laagdikte en volumegewicht ook de vochtgehalteverandering) te berekenen.

Op deze wijze wordt derhalve afgeleid hoe het vochtgehalte tussen twee monsterdata gevarieerd heeft en met de aldus geïnterpoleerde waarden is een week-gemiddelde en ook een groeiperiode-gemiddelde van het vochtgehalte te becijferen, dat een betere maat kan zijn dan het gemiddelde van alleen de *waargenomen* vochtgehalten (zie fig. 27 blz. 75).

Bij de toepassing van de beschreven interpolatiemethode doen zich echter enkele complicaties voor, die er enerzijds op wijzen hoe groot de schommelingen van het vochtgehalte in een week wel kunnen zijn, anderzijds het dubieuze van de bruikbaarheid der methode aantonen. Enkele voorbeelden kunnen dit verduidelijken, waarbij tevens een overzicht van de berekeningswijze wordt verkregen (tabel 9).

Het volumegewicht is op 1,5 gesteld (zie blz. 64).

Voorbeeld I is aannemelijk; er zijn geen bijzonderheden bij op te merken: het vochtgehalte heeft volgens de berekende interpolatie gevarieerd tussen een minimum van 6,7 % en een maximum van 13,3 %. Het gemiddelde uit de reeks van 8 waarden is 10,1 % uit de 2 bemonsteringen 8,6 %; een beduidend verschil derhalve, dat de interpolatie lijkt te rechtvaardigen.

Voorbeeld II bevat een aantal onwaarschijnlijkheden. In voorbeeld I is het quotiënt  $C = \frac{\text{totaal vocht „verbruik”}}{\text{totale Piche-verdamping}}$  = 0,30; in voorbeeld II, waarbij de noemer van dat quotiënt van dezelfde orde van grootte is, wordt C op 0,88 berekend, een waarde die te denken moet geven.

Zo is ook aan de cijfers in de kolom „Berekende evapotranspiratie” gemakkelijk te onderkennen, dat het optreden van verliezen niet genegeerd mag worden.

Een en ander leidt tot uitkomsten in de laatste kolom van voorbeeld II die onwaarschijnlijk zijn.

Voor 12 juni blijkt een vochtgehalte van 2,3 % te zijn berekend. Deze waarde is onwaarschijnlijk, omdat het 15-atm percentage van deze grond ongeveer 5 is en een snelle en verdere uitdroging dus nauwelijks door tussenkomst van de planten zal plaatsvinden, evenmin als door dampdiffusie naar de atmosfeer uit de laag 5—25 cm. Er kan gevoeglijk worden aangenomen dat het vochtgehalte in de wortelzone (onder de soms aan sterke uitdroging onderhevige bovenste kruimellaag van de grond) in het korte tijdsbestek, waarvan hier steeds sprake is, niet veel lager dan 4,5 gew. % zal worden. Voor 15 juni is een ander uiterste, nl. 19,0 gew. % vocht verkregen. Ook dit is niet waarschijnlijk, aangezien de veldcapaciteit overeenkomt met ongeveer 14 gew. %. Overschrijding daarvan leidt tot het doorzakken van water tengevolge van de zwaartekracht. Er moet dus worden aangenomen, dat bij de grote hoeveelheden neerslag op 13 en 14 juni verliezen zijn

opgetreden die niet bij de evapotranspiratie gerekend mogen worden. De juiste grootte van de hoeveelheid zakwater is — zoals reeds opgemerkt — moeilijk of niet te bepalen, mede omdat gedurende de tijd, dat deze natuurlijke drainage plaatsvindt, de veldcapaciteit wordt overschreden en pas enige tijd na de laatste (overvloedige) neerslag weer bereikt wordt, inhaerent aan de capillaire stromingsweerstand in de grond. Hoewel deze tijd bij zandgronden in het algemeen korter is dan bij kleigronden, ligt deze bij de betrokken zandgrond in de orde van één à twee dagen. Het zou daarom onjuist zijn, de bovengrens van de bekende vochtgehalten zonder meer op 14 % te stellen en alle neerslag die tot een hoger (berekend) vochtgehalte zou leiden als onnuttig zakwater van de berekende evapotranspiratie af te trekken, alvorens tot interpoleren over te gaan.

Het is tenslotte duidelijk, dat met het redresseren van de aangenomen evapotranspiratie tot reële grootte, de interpolatie zodanig beïnvloed zal worden dat ook de minimum vochtgehalten hoger worden en wellicht (in voorbeeld II) boven het 15-atm-percentagē zullen blijven. Wordt bijv. het bovenbedoelde quotiënt C op 0,30 gesteld en als reëel beschouwd, dan zou in voorbeeld II niet 59,3 mm, doch slechts  $0,3 \times 67,2 = 20,0$  mm door het gewas verdampt kunnen zijn, hetgeen zou betekenen dat van de 61,4 mm neerslag  $59,3 - 20,0 = 39,3$  mm weggezakt is. Er laat zich dan een berekening opstellen zoals is weergegeven in tabel 9 ad. II A (weliswaar is de laag 0—5 cm noch in de bemonstering, noch in de berekening betrokken, maar hoewel enkele mm verschil verklaard zouden kunnen worden, heeft het geen belangrijke invloed op uitkomsten en conclusies).

Er blijkt uit tabel 9 ad. II A: 1. dat het vochtgehalte op 11 juni bijna 6 % hoger ligt dan aanvankelijk (II) werd berekend; 2. dat onvermijdelijk op 12 en 13 juni het vochtgehalte hoger komt dan wat met veldcapaciteit overeenstemt; 3. dat het gemiddelde van de reeks van 8 waarden nagenoeg gelijk is aan dat van de beide waarnemingen.

Een en ander resulteert dus in de vraag of een vaste waarde voor het eerder genoemde quotiënt C aangenomen kan worden, of dat deze afhankelijk gesteld

TABEL 10. Het quotiënt C voor een aantal proeven in 1953 en 1954 per vochttrap

gewas <i>crop</i>	1953				gewas <i>crop</i>	1954			
	vochttrappen <i>water-regimes</i>					vochttrappen <i>water-regimes</i>			
	0	1	2	3		35	26	17	
aardappelen <i>potatoes</i>	0,59	0,30	0,16	0,09	aardappelen <i>potatoes</i>	0,41	0,34	0,21	
tuinbonen <i>garden beans</i>	0,48	0,34	0,18	0,05					
krotten <i>red beets</i>	0,60	0,24	0,15	0,07	krotten <i>red beets</i>	0,21	0,11	0,12	3
wortelen <i>carrots</i>	0,44	0,20	0,06	0,07	aardbeien <i>strawberries</i>	0,30	0,19	0,16	0,09

TABLE 10. The quotient C for a number of trials in 1953 and 1954 per water-regime. C = consumptive use/Piche evaporation for a number of crops and treatments in 1953 and 1954



moet worden van het heersende bodemvochtgehalteniveau en eventueel van het betrokken tijdvak (ontwikkelingsstadium van het gewas) waarmee uitdrogings-type B (blz. 75) geïntroduceerd wordt. De gemiddelden van C (met veronachtzaming van zakwater en capillaire aanvoer) per vochttrap en per gewas zijn in de tabel op blz. 81 samengevat.

Deze cijfers bevestigen dat hoge vochniveaus samengaan met hoge waarden van C. Hierop wordt in hoofdstuk 4 (blz. 213) teruggekomen.

*Type B.* Het verband tussen de factor C en het gemiddelde vochtgehalte per periode, dat uit de vochtbepalingen en de daartussen geschatte gehalten is te berekenen, is voor het gewas aardappelen 1953 in fig. 28 weergegeven. Daarin zijn de perioden en objecten opgenomen, waarbij naar alle waarschijnlijkheid noch verdroging noch zakwater is opgetreden.

Uit de figuur is een positieve correlatie tussen beide grootheden af te leiden, die erop wijst dat het vochtgebruik relatief groter is naarmate de grond vochtiger is ( $r = 0,62 \pm \sigma_r = 0,22$ ). Verschillende literatuurgegevens steunen de veronderstelling, dat deze correlatie reëel is.

Aangezien de vochtgehalten binnen een periode (i.c. een week) sterk kunnen schommelen ten gevolge van wisselende weersomstandigheden, is het dus onjuist met een gemiddelde C te werken. Er zal per dag een factor C dienen te worden gebruikt die past bij het vochtgehalte van die dag, rekening houdende met de verandering van vochtgehalte gedurende het betrokken etmaal.

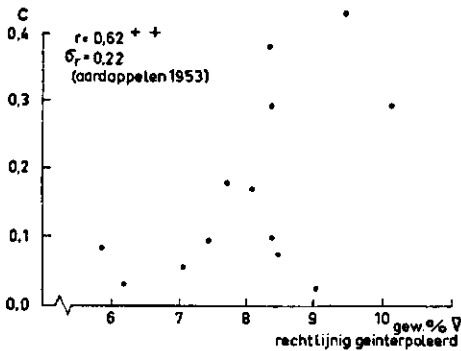


FIG. 28. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte berekend door rechtlijnige interpolatie per bemonsteringsperiode en het quotiënt C van vocht, „verbruik” en evaporatie volgens Piche voor een aantal uitgezochte perioden bij aardappelen 1953

FIG. 28. Relation between the average moisture content computed through rectilinear proportional interpolation per sampling interval and the quotient C of consumptive use and evaporation according to Piche for a number of selected periods with potatoes 1953

Wordt het verband tussen C en vochtgehalte V weergegeven door  $C = \alpha V + \beta$  en daarmee eenvoudigheidshalve als rechtlijnig verondersteld, dan is  $\beta$  de waarde van C bij vochtgehalte = 0. Zoals later zal blijken is het voor de berekeningen aantrekkelijk de oorsprong van het assenstelsel zodanig te kiezen dat  $C = \alpha V'$ , waarvoor alle waarden van V met de absolute waarde van  $\beta/\alpha$  worden vermindert.

Fig. 28 leert dat  $\beta/\alpha$  ongeveer gelijk aan 6,0 moet zijn; dit is van dezelfde orde van grootte als het 15-atm-percentage van de betrokken grond, waarbij het waterverbruik, dus ook C, praktisch tot nul nadert.

$C = \alpha V'$ , doch volgens de definitie van  $C$  ook  $C = - \frac{dV'}{dP} f$ , waarin  $dP$  de Piche-verdamping,  $f =$  laagdikte  $\times$  volumegewicht,  $dV' =$  de vochtgehalteverandering en dus  $f dV'$  de vochtinhoudsverandering in mm; zodat  $-\frac{dV'}{dP} = \alpha V'$ .

In perioden waarin geen regen valt of wordt gegeven is  $\ln \frac{V'_0}{V'_1} = \frac{\alpha}{f} P_1$  of

$$V'_1 = \frac{V'_0}{e^{\frac{\alpha}{f} P_1}}$$

(met  $P_1$  wordt de Piche-verdamping van het eerste betrokken etmaal aangegeven, zoals in onderstaand voorbeeld). De waarde van  $\alpha$  is dan te berekenen uit

$$V'_n = \frac{V'_0}{e^{\frac{\alpha}{f} [P]_n^1}}$$

waarin  $V'_n$  en  $V'_0$  uit de bepalingen zijn,  $[P]_n^1 =$  de totale Piche-verdamping in  $n$  dagen en  $f =$  laagdikte  $\times$  volumegewicht.

In perioden met neerslag — aangenomen dat deze aan het einde van de dag gevallen is — wordt  $V'_1 = \frac{V'_0}{e^{\frac{\alpha}{f} P_1}} + \frac{N}{f}$ , waarin de neerslag in mm niet zo groot is dat zakwaterverliezen zijn opgetreden.

$$V'_n = \frac{fV'_0 + N_1 e^{\frac{\alpha}{f} P_1} + N_2 e^{\frac{\alpha}{f} (P_1 + P_2)} + \dots + N_n e^{\frac{\alpha}{f} (P_1 + \dots + P_n)}}{e^{\frac{\alpha}{f} [P]_n^1}}$$

waarin  $N_k$  het dagcijfer van de neerslag is.

$\alpha$  laat zich nu het eenvoudigst bepalen door een drietal waarden aan te nemen en deze grafisch uit te zetten tegen de bijberekende  $V'_n$  en vervolgens daaruit de opgetreden  $\alpha$  af te lezen bij de bepaalde  $V'_n$ .

Het aannemen van  $\beta/\alpha$  is arbitrair, doch niet volkomen willekeurig. Het gemiddelde van de minimum vochtgehalten, die in 1953 op 24 veldjes werden waargenomen, bedroegen  $5,87\% \pm 0,83$ . Het is geen toeval dat dit gemiddelde van dezelfde orde van grootte is als de gevonden  $\beta/\alpha$ , omdat de vochtgehalten die

samen met C de waarde van  $\beta/\alpha$  bepalen dezelfde zijn als die waaruit genoemd gemiddelde is berekend.

De berekeningsuitkomsten van  $\alpha$  worden sterk beïnvloed door de grootte van  $\beta/\alpha$  (die werd aangenomen om  $V'$  uit  $V$  te berekenen), zoals blijkt uit een voorbeeld: object 1, periode 21—28 mei  $V_0 = 8,1$   $V_7 = 11,3$ .

f = 2,25		ml	mm	V gew. %
mei	dag	Piche	neerslag	
21	0	9,75		8,1
22	1	11,0		
23	2	15,1		
24	3	15,1		
25	4	22,0	11,7	
26	5	7,4	1,6	
27	6	7,1	2,5	
28	7			11,3
		87,45	15,8	

$\beta/\alpha$	$\alpha$
4,5	0,037
5,0	0,044
6,0	0,066
7,0	0,10
8,0	0,143
9,0	0,18

Indien het verschil ( $V_0 - \beta/\alpha$ ) afneemt, wordt de invloed van deze term op de uitkomst geringer. Nadert echter  $V_7 - \beta/\alpha$  tot 0 dan neemt  $\alpha$  toe tot oneindig.

Deze omstandigheid doet zich speciaal gelden bij de eindvochtgehalten = 6,0. Voor  $V_7 < 6,0$  zijn met  $\beta/\alpha = 6,0$  geen reële waarden van  $\alpha$  te berekenen. In dergelijke gevallen  $\beta/\alpha < V_7$  aannemen is niet consequent. Waar dit desondanks gebeurde is in de grafieken een aantekening gemaakt.

Met de aldus per object en per periode berekende waarde van  $\alpha$  laat zich het vochtgehaltebeloop tussen de bemonsteringsdata opnieuw berekenen.

$$V'_1 = \frac{V'_0}{\frac{\alpha}{f} P_1} + \frac{N_1}{f}; V'_2 = \frac{V'_1}{\frac{\alpha}{f} P_2} + \frac{N_2}{f}; \text{ enz.}$$

Uit het hiermede af te leiden gemiddelde vochtgehalte  $\bar{V}'$  voor in aanmerking genomen periodes is met  $C = \alpha \bar{V}'$  een nieuwe waarde voor C te berekenen. In fig. 29 wordt het verband uit fig. 28 opnieuw gegeven, doch thans met deze C-waarden. De correlatie is door deze bewerking niet verbeterd ( $r = 0,49$   $\sigma_r = 0,25$ ). Belangrijk is nu natuurlijk het verband tussen de gemiddelde vochtgehalten, berekend door rechtlijnig evenredig interpoleren, en die berekend met behulp van de beschreven e-functie, weergegeven in fig. 30. Hieruit blijkt dat door het invoeren van de e-functie de gemiddelde vochtgehalten in het algemeen een geringe verlaging hebben ondergaan.

Worden de thans — door beide berekeningswijzen — verkregen cijfers vergeleken met de gemiddelden van de twee vochtbepalingen per periode — van meestal 8 dagen — (fig. 31 en 32), dan blijkt dat het wel enig verschil maakt

FIG. 29. Verband tussen het met behulp van de e-functie berekende gemiddelde vochtgehalte en de bijbehorende waarden van C volgens  $C = \alpha \nabla'$  (vergelijk fig. 28)

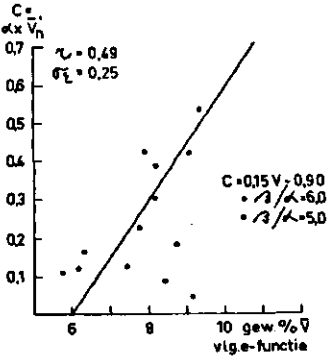


FIG. 29. Relation between the average moisture content computed with the e-function and the corresponding values of C on the basis  $C = \alpha \nabla'$  (compare fig. 28)

FIG. 30. Verband tussen de per periode gemiddelde vochtgehalten, berekend na rechtlijnig evenredig interpoleren en die, berekend met behulp van de e-functie

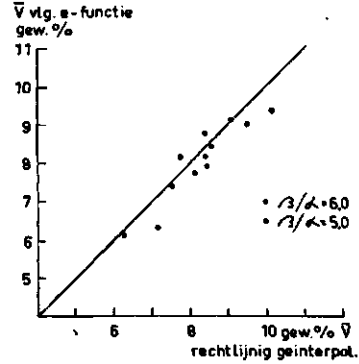


FIG. 30. Relation between the average moisture contents per period computed through rectilinear proportional interpolation and those computed with the e-function

FIG. 31. Verband tussen de periode gemiddelde vochtgehalten volgens bepaling en die, berekend na rechtlijnig evenredig interpoleren

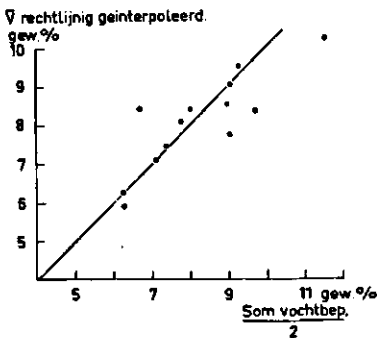


FIG. 31. Relation between the average moisture contents determined per period and those computed through rectilinear proportional interpolation

FIG. 32. Verband tussen de per periode gemiddelde vochtgehalten volgens bepaling en die, berekend met behulp van de e-functie

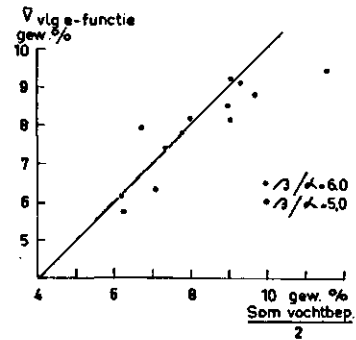


FIG. 32. Relation between the moisture contents determined and those computed with the e-function

voor een aantal der beschouwde perioden of al dan niet geïnterpoleerd wordt tussen de vochtbepalingen.

Hoewel het voor de hand ligt te verwachten dat gemiddelden die verkregen zijn door interpoleren — een grotere waarschijnlijkheid hebben, leren fig. 31 en

32 tevens, dat de verschillende punten zich zodanig om de 45°-lijn groeperen dat, gemiddeld over langere tijdvakken, de gesignaleerde verschillen gering zullen zijn.

Fig. 33 bevestigt dit voor aardappelen 1953, waarbij de bewerkingen bij wijze van illustratie in geschikte perioden voor elk object zijn uitgevoerd. Er zijn aanwijzingen die steun geven aan de opvatting die onafhankelijkheid van C en V verwerpt. De verkregen informatie is onvoldoende om te kunnen dienen voor een betere schatting van het gemiddelde vochtgehalte tijdens de onderscheiden groei-perioden der gewassen dan uit een rekenkundig middelen van de wekelijkse vochtbepalingen verkregen wordt.

FIG. 33. Vochtgehaltewaarnemingen op een viertal veldjes aardappelen in 1953 (alle objecten) en het berekende vochtgehaltebehoop tussen opeenvolgende monsterdata door interpoleren met e-functie resp. een constante factor C per interval, alsmede de totaal gemiddelden

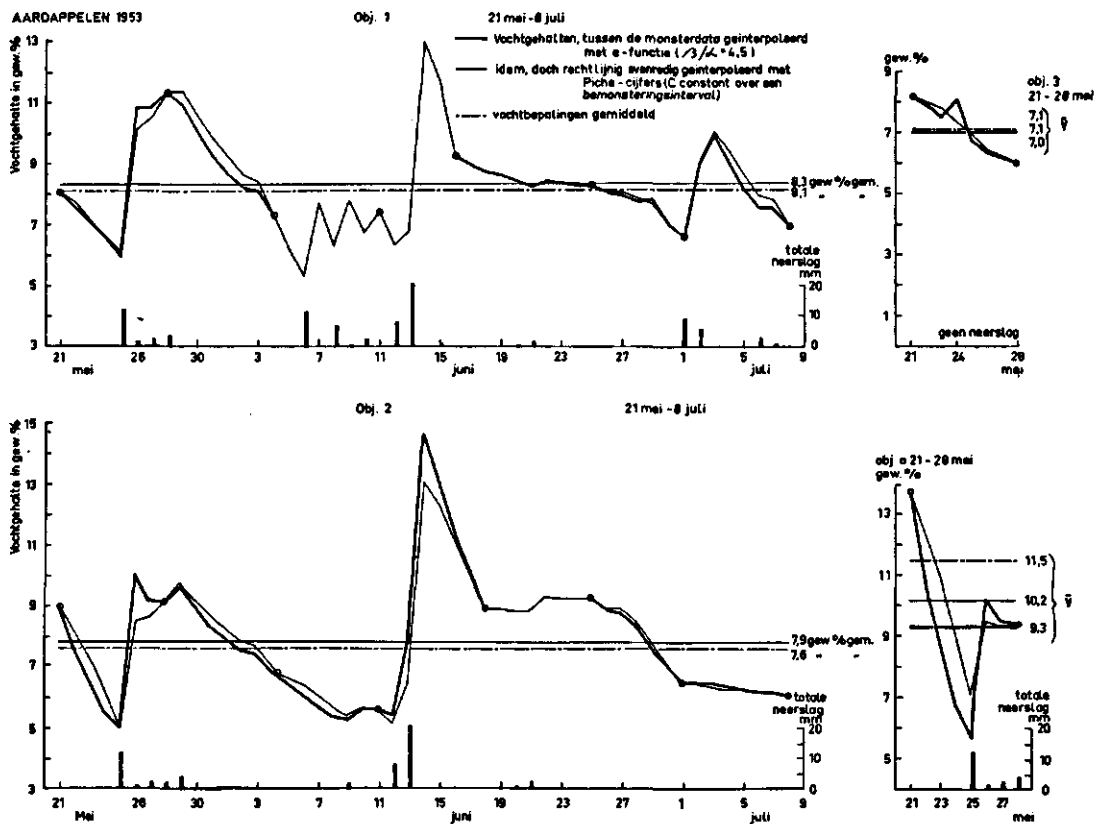


FIG. 33. Moisture content data concerning four trial plots of potatoes in 1953 (all treatments) and the computed change in moisture content between successive sampling dates through interpolation with e-function (—) and a constant factor C per interval (---) as well as the total averages (· — ·)

## 2.9. SAMENVATTING

Op een proefterrein (fig. 3) van tamelijk droogtegevoelige hoge zandgrond (fig. 2, tabel 1, tabel 2) werden voorzieningen getroffen om een serie bodemvochtregimes te kunnen realiseren bij groentegewassen. Het aantal proefveldjes varieerde in de loop der jaren (de proefnemingen liepen over de periode 1953—1955) van 48 tot 56, elk groot  $3,60 \times 5,60$  m. Als proefgewassen werden gekozen vroege aardappelen, wortelen, tuinbonen, bieten, andijvie, sla, bloemkool, stamslabonen, boerekool, savoyekool, spinazie en aardbeien. De objecten lagen in tweevoud of drievoud, eenmaal in zesvoud (schema's blz. 36 en 37). Teneinde tot de gewenste waterbeheersing te komen konden zesendertig veldjes door afdekking met verrolbare glaskappen afgeschermd worden tegen natuurlijke neerslag (fig. 4, 10). Uit metingen met Piche-evaporimeters (fig. 8) bleek over een lange periode gemiddeld de verdamping onder de glaskappen ongeveer 7 % geringer te zijn dan in het vrije veld. Het watergeven vond plaats door middel van heen en weer rijdende wagens, waarop sproeiarmen gemonteerd waren, die op de gemeentelijke waterleiding waren aangesloten (fig. 11, 12). Binnen een randstrook bedroeg de neerslag per keer dat de sproeiwagen passeerde rond 0,2 mm; de gelijkmatigheid van de waterverdeling benaderde die van regen.

Bij de uitvoering van de meeste proeven werden de objecten onderscheiden naar de zgn. uitdrogingsgrens. Dit betekent dat het waargenomen vochtgehalte niet onder een vooraf gestelde grens mag dalen. Als momentopname van de vochtverhoudingen te velde dienden vochtgehaltebepalingen door droging in het laboratorium van monsters uit de laag grond, waar de hoofdmassa van de wortels werd aangetroffen (fig. 17). Bemonstering geschiedde doorgaans wekelijks uit vijf boringen per veldje. De totale onzekerheid van een vochtbepaling lag in de orde van 0,5 % vocht. Bij het bereiken van of een daling onder de gestelde uitdrogingsgrens werd de grond door watertoediening op veldcapaciteit gebracht met een waterhoeveelheid, die werd berekend uit de opgetreden uitdroging, het volumegewicht van de grond (1,5) en de laagdikte. Invloed van de berekening op de bodemtemperatuur lijkt te verwaarlozen (fig. 14—16).

Een indruk van de opgetreden vochtspanningen werd verkregen uit de pF-curven van grondmonsters die met afzuig- en overdrukfilterapparaten in het laboratorium waren bepaald (fig. 19, 20). Er bleken betrekkelijk kleine verschillen binnen het proefterrein te bestaan t.a.v. deze vocht karakteristiek (fig. 21—24). Veldcapaciteit (13 à 14 gew. % vocht, blz. 66) kwam op deze grond overeen met ongeveer pF 2,0; de verwelkingsgrens, gelijkgesteld aan het vochtgehalte bij 15 atm overdruk (15 atm %), is ongeveer 4,5 gew. %. Het volumegewicht werd op 1,5 gesteld. Er was derhalve gemiddeld rond 8 gew. % = 12 vol. % vocht beschikbaar voor de plant. De volumeverhouding tussen water en lucht in de grond bij veldcapaciteit bedroeg 0,7 : 1 (tabel 8 blz. 74). De osmotische waarde van het bodemvocht had na de normale bemesting met kunstmest in het voorjaar een beduidende invloed op de totale vocht potentiaal (fig. 25, tabel 7, blz. 71 en 69). In verband met de pragmatische doelstelling van het onderzoek wordt

— voorzover de verkregen verbanden tussen gemiddelde vochtgehalten en gewasgroei zullen worden uitgedrukt in termen van vochtspanning — gebruik gemaakt van de  $pF$ -curven in engere zin.

In eerste instantie wordt het uit de periodieke bepalingen over de tijd en bemonsteringsdiepte rekenkundig gemiddeld vochtgehalte als maatstaf voor de opgetreden bodemvochttoestand gebruikt bij de bestudering van de opbrengstreacties der geteelde gewassen op de toegepaste behandelingen. Getracht werd het vochtgehaltebeloop tussen de monsterdata te berekenen met behulp van de verdampingscijfers van de Piche-evaporimeter en de neerslaggegevens; in de eerste plaats door per periode een constante verhouding  $C$  tussen de som van neerslag en vochtinhoudsverandering in de bemonsterde laag en de Piche-verdamping aan te nemen en de dagelijkse vochtinhoudsverandering evenredig te stellen aan de dagelijkse Piche-cijfers, rekening houdend met de dagelijkse neerslagcijfers (tabel 9 blz. 78 en 79); in de tweede plaats door de verhouding  $C$  per dag afhankelijk te maken van het vermoedelijk opgetreden vochtgehalte (fig. 28—32). Deze voor een aantal gevallen uitgevoerde bewerkingen leidden weliswaar tot het vermoeden van sterk schommelende vochtgehalten tussen de monsterdata, maar over de groeitijd gemiddeld waren de verschillen met het in de proefnemingen aangehouden eenvoudig gemiddelde der vochtbepalingen zeer gering (fig. 33).

### 3. PROEFNEMINGEN

#### 3.1. INDELING VAN DE PROEFNEMINGEN IN VERBAND MET DE DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek had ten doel een verband te leggen tussen de opbrengst van een aantal tuinbouwgewassen en het vochtgehalte in de bemonsterde grondlaag, gemiddeld over de groeitijd of over een deel daarvan. Dit gemiddelde is het resultaat van een afwisseling van vochtonttrekking en bevochtiging.

Het onderzoek moet leren, welke vochtbeheersing in de groenteteelt bij de huidige stand van de watervoorzieningstechniek op hoge gronden moet worden toegepast voor het verkrijgen van maximale opbrengsten, zowel naar kwantiteit, kwaliteit als vroegheid.

De vragen die daarbij aan de orde komen zijn als volgt samen te vatten:

Hoe ver mag de grond in de wortelzone uitdrogen, voordat de opbrengst ongunstig wordt beïnvloed?

D.w.z. wanneer dient de vochtvoorraad in deze zone aangevuld te worden tot veldcapaciteit om groeiremmingen te voorkomen, die in de vorm van een geringere, slechtere of latere opbrengst tot uiting komen? Welke invloed heeft de uitdrogingsnelheid op de reactie? Zijn er ontwikkelingsstadia bij de gewassen te onderscheiden, waarin een bijzondere gevoeligheid voor uitdroging van de bedoelde bodemlaag bestaat? Welke zijn deze gevoelige perioden tijdens de groei der gewassen? Welke is de gevoeligheid van de gewassen voor abnormaal hoge vochtgehalten, hoger dan overeenkomend met VC?

Samenhangend met deze vragen kunnen de proeven die in de jaren 1953 t/m 1955 werden genomen in 4 groepen worden ingedeeld:

1. Proeven in 1953 en een in 1954 met vochttrappen; bij het bereiken van of bij een daling onder een vooraf gestelde vochtgehaltegrens werd zoveel water gegeven of toegelaten dat de bemonsterde laag op veldcapaciteit moest zijn gekomen. Deze grenzen varieerden bij deze proeven van 12,5 tot 5,8 gew. % vocht in 1953 en van 11,7 tot 7,0 % in 1954. (aardappelen, bieten, tuinbonen, wortelen).
2. Proeven in 1953 en enkele in 1954 met vochttrappen, waarbij een of enige zeer natte objecten waren. In deze proeven werd een aantal vochttrappen aangelegd volgens de onder 1. beschreven werkwijze; de uitdrogingsgrenzen waren hierbij 9,0 en 7,5 gew. % vocht in 1953 en varieerden in 1954 van 10,0 tot 6,7 %. Bij de objecten met een hoger vochtgehaltniveau dan met het stellen van uitdrogingsgrenzen bereikt wordt, ontving de grond ongeacht de verdamping en ongeacht de waargenomen vochtgehalten wekelijks een vooraf vastgestelde hoeveelheid water, hetzij als neerslag, hetzij kunstmatig (andijvie, savoyekool, sla, stamslabonen, aardbeien).
- 2a. Een proef in 1954 met aardappelen, waarbij als vochttrappen vaste hoeveelheden water per week golden, welke betrekkelijk weinig variatie in het bodemvocht veroorzaakten, gecombineerd met vier stikstoftrappen.



3. Proeven in 1954 met langzame uitdroging van de grond, waarbij zoveel mogelijk dagelijks een kleine hoeveelheid water werd gegeven (of als regen werd toegelaten), welke meestal kleiner was dan de evapotranspiratie. Aan de daarmee gepaard gaande langzame uitdroging van de grond was wederom een grens gesteld (7,3 gew. %), bij het bereiken of overschrijden waarvan aanvulling tot veldcapaciteit plaats vond (andijvie en bloemkool).
4. Proeven in 1955 met vochttrappen in de onderscheiden groeistadia. Hierbij werd de groeitijd, gerekend vanaf het tijdstip waarop het gewas goed aangeslagen of bovengronds gekomen was, in een aantal (n) perioden verdeeld, waarop twee vochttrappen werden gelegd (uitdrogingsgrenzen 11,6 en 9,3 gew. %), zodat 2<sup>n</sup> combinaties ontstonden; deze proeven dienden om de reactie van het gewas op vocht in elk van die perioden afzonderlijk te meten aan de opbrengst of daarmee verwante eigenschappen. Een sterkere reactie op een hoger (of lager) gemiddeld vochtgehalte in een of meer der perioden dan in de overige periode(n) wordt met de term „gevoeligheid” aangeduid (gevoelige perioden; Duits „kritische Zeiten”) (stamslabonen, tuinbonen, sla, spinazie, boerekool).

In de gevallen waar uitdrogingsgrenzen werden gesteld, werd het moment van watergeven geïndiceerd door het over de herhalingen gemiddelde vochtgehalte.

Bij de objecten waar uitdroging en herbevochting elkaar opvolgden — zoals in de proeven sub 1 en sub 4 en bij enkele vochttrappen sub 2 en sub 3 — zijn de verkregen gemiddelde vochtgehalten van de grond steeds lager dan met veldcapaciteit overeenkomt.

De toegepaste behandeling bij enkele objecten van de proeven sub 2 en sub 3 heeft ertoe geleid, dat bij een aantal objecten geen uitdroging optrad. Een hoog vochtgehalte ontstond of werd gehandhaafd, tegen de verwachting die de cijfers in het overzicht op blz. 66 wekken in; dit lag zelfs niet zelden hoger dan veldcapaciteit.

De vochtgehalten die bij periodieke bemonstering werden geconstateerd zijn bij de volgende proefbeschrijvingen niet als lijngrafieken tegen de tijd, maar als staafdiagrammen weergegeven, omdat — zoals in paragraaf 2.8 werd aangetoond — geen betrouwbare schatting gemaakt kan worden van het vochtgehaltebeloop tussen de monsterdata.

In de gevallen, waarbij meer of minder dan een week verliep tussen opeenvolgende bemonsteringen, is aan de betreffende waarneming een evenredig groter resp. kleiner gewicht toegekend bij de berekening van het gemiddelde ( $\bar{V}$ ). Dit geldt bijv. voor de vochtgehalten op 22 april en 21 mei bij een aantal proeven in 1953.

Hierbij wordt opgemerkt, dat als begin van de periode waarover het gemiddeld vochtgehalte is berekend, ongeveer de datum van opkomst van zaaigewassen en de datum van planten bij verplante gewassen is aangehouden.

Alleen bij de proeven in 1955 wordt van deze regel afgeweken, zoals bij de bespreking daarvan nog zal blijken.

### 3.2. PROEVEN IN 1953 EN EEN PROEF IN 1954 MET VOCHTTRAPPEN

#### 3.2.1. AARDAPPELEN 1953

##### Teeltgegevens

4 maart	bemesting met Dolokal
26 maart	bemesting met 1,7 kg kas per veldje (850 kg/ha) 1,7 kg pk per veldje (850 kg/ha)
2 april	(slecht) voorgekiemde aardappelen gelegd voor 80 planten per veldje 55 × 47 cm var. Eersteling
25 april	bij obj. 2 en 3 eerste bladeren zichtbaar
29 april	op alle objecten de planten goed op rij zichtbaar
8 mei	ook bij obj. 0 en 1 eerste bladeren zichtbaar
10/11 mei	zware nachtvorst, schade beperkt tot de topblaadjes
29 juni	oogst van een veldhelft (40 planten)
10 juli	oogst van de andere helft

##### Objecten

Vier vochttrappen; uitdrogingsgrens in gew. % vocht bij:

obj. 0	12,5
obj. 1	8,2
obj. 2	6,4
obj. 3	5,8

alle objecten in drievoud.

##### Uitvoering

Gerekend vanaf de eerste grondbemonstering (22 april) tot de 1e rooiing op 29 juni werd op de objecten 0, 1, 2 en 3 een daling onder de gestelde uitdrogingsgrens 5 maal resp. 4, 1 en 0 maal geconstateerd, terwijl bij obj. 1 en 3 een keer die grens nagenoeg bereikt was en ook daar watertoediening volgde. Voor het rooien van de 2e helft der veldjes bleek op 8 juli bij alle objecten de grens overschreden te zijn (fig. 34). Behalve in het laatste geval werd op de vochtgehalte-indicaties water gegeven en/of regen toegelaten. In de periode 22.4 tot 21.5 werd op de objecten 1 t/m 3 een gelijke behandeling toegepast, neerkomende op een bescheiden watervoorziening. In de week 21—28.5 werd op obj. 2 ten onrechte 15,9 mm water toegediend/toegelaten.

Op deze wijze ontvingen de obj.	0	1	2	3
de volgende hoeveelheden water (in mm)	290,2	100,5	89,5	58,1
in de periode 22 april tot 29 juni, terwijl de obj. 0 en 1 tussen 1e en 2e oogst nog	17,9	17,9		
mm water kregen				
voor de 2e oogst totaal dus	308,1	118,3	89,5	58,1

In fig. 34 zijn de gestelde uitdrogingsgrenzen met streeplijnen aangegeven, met getrokken lijnen de (gewogen) gemiddelde vochtgehalten per object (gestippeld voor de tweede rooidatum).

##### Oogstresultaten

Zoals bij de teeltgegevens is vermeld, vond de oogst op twee data plaats met een tussentijd van 11 dagen; dit geschiedde om het vroege rooien — bij

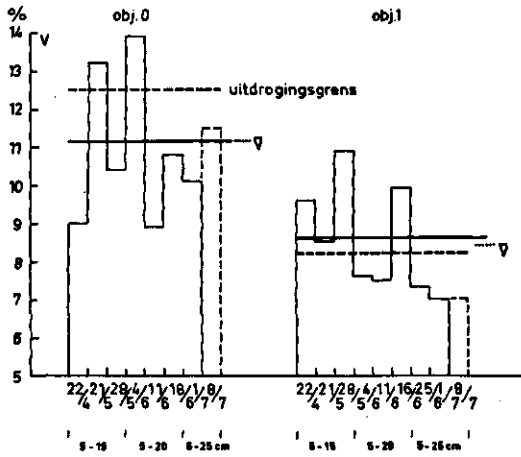


FIG. 34. Vochtgehaltebeeloop bij aard-appelen 1953, gemiddelden per object; — — — uitdrogingsgrens; ——— gemiddeld vochtgehalte  $\nabla$

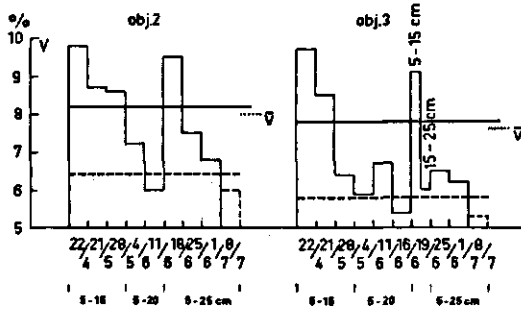


FIG. 34. Change in moisture content in potatoes, 1953; averages per treatment; — — — lower soil moisture limit; ——— average moisture content  $\nabla$

FIG. 35. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de knolopbrengst (kg per veldje) voor de twee rooidata bij aard-appelen 1953. De vier objecten zijn met de tekenjes onderscheiden

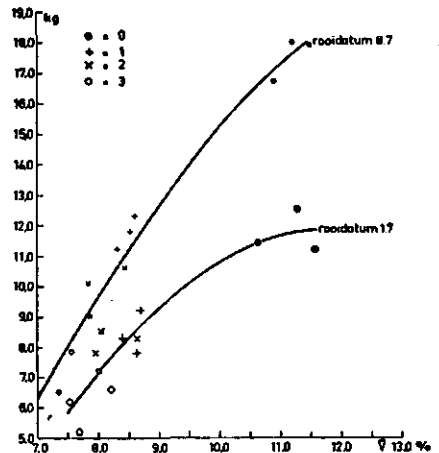


FIG. 35. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the tuber yield (kg per plot) for the two lifting dates of potatoes, 1953. The four treatments have been marked

Eersteling gebruikelijk — te kunnen vergelijken met een oogst in een rijper stadium. Op elk der beide data werd de helft van elk veldje gerooid, hetzij de N-helft, hetzij de Z-helft, volgens toeval bepaald. In verband met randwerking zijn de waarnemingen aan 16 van de 40 geogoste planten per half veldje als maatstaf beschouwd (zie ook paragraaf 4.1.3.).

De gewasanalyse, waarbij het droge-stofgehalte van knollen en loof afzonderlijk werd bepaald, vond alleen bij monsters van de eerste rooiing plaats.

De bedoelde waarnemingen zijn in verband gebracht met het vochtgehalte  $\bar{V}$ , zoals dat als gewogen gemiddelde werd berekend uit de periodieke bepalingen in de teeltlaag, toenemend van 5—15 cm tot 5—25 cm.

De *kg-opbrengst aan knollen* blijkt volgens fig. 35 gevoelig te zijn voor het (gemiddeld) vochtgehalte in de grond. De waarnemingspunten duiden eerder op een kromlijngig dan op een rechtlijngig verband, zodat een optimum verwacht mag worden. De coördinaten van dit optimum zijn met de beschikbare waarnemingen slechts globaal te schatten. Vergelijking van beide figuren leert dat verlenging van de groeitijd met 11 dagen de opbrengst aanzienlijk verhoogt en de reactie op  $\bar{V}$  versterkt.

Het *aantal knollen* per plant blijkt weliswaar enigszins positief gecorreleerd met  $\bar{V}$ , maar de spreiding der punten is zowel bij de 1e als 2e rooiing zodanig, dat niet van een significant verband gesproken kan worden.

De *sortering* is geschied in de maten  $> 45$  mm, 35—45 mm en  $< 35$  mm. Deze sortering is in een getal uitgedrukt, door aan de kg-opbrengsten per maat een gewicht toe te kennen van resp. 2, 3 en 1. Uit de volgende tabel blijkt, dat tussen de objecten geen noemenswaardige verschillen bestaan. Er is geen reden om een behandelingseffect aan te nemen, noch voor de 1e, noch voor de 2e rooi-datum.

TABEL 11. Sorteringsgetallen

Rooiing / Lifting	Objecten / Treatments									
	0		1				2		3	
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Par. / Repl. a	2,25	2,73	2,28	2,58	2,26	2,55	2,50	2,67		
b	2,44	2,70	2,34	2,70	2,40	2,57	2,25	2,60		
c	2,28	2,77	2,44	2,59	2,35	2,85	2,36	2,70		
Gemiddeld	2,32	2,73	2,35	2,62	2,34	2,66	2,37	2,66		
Average										

TABLE 11. Grading figures

De *loofopbrengst* is positief gecorreleerd met  $\bar{V}$  (fig. 36). Bij de werkmethode bij het oogsten kon geen rekening worden gehouden met het relatief grote gewichtsverlies, dat bij scherp weer in korte tijd door uitdroging van de verse massa kan ontstaan. Aangezien bij de oogst geen systematische veldjesvolgorde werd aangehouden, is de overeenkomst der herhalingen binnen een object zeer bevredigend. Het wordt uit vergelijking in fig. 36 duidelijk, dat de groene massa bij de 2e oogst kleiner was dan bij de eerste. Blijkbaar was het afstervingsproces op

FIG. 36. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het aardappeloofgewicht (vers) per veldje voor beide rooidata

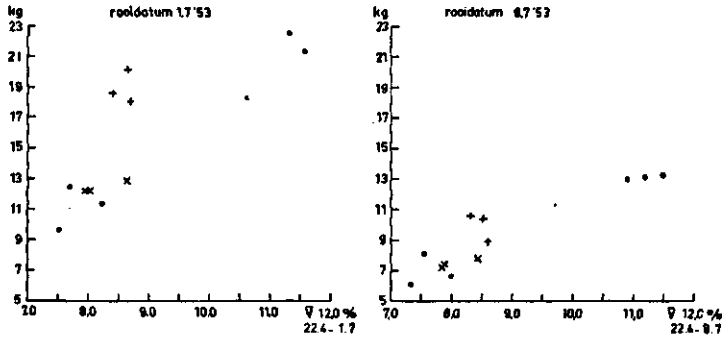


FIG. 36. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the potato foliage weight (fresh) per plot for the two lifting-dates

10 juli reeds ingezet, tenzij op die datum het vochtgehalte van het bovengrondse gewas door uitwendige omstandigheden lager was dan op 29 juni. Door het ontbreken van een gewasanalyse van de 2e oogst is een uitspraak hierover niet mogelijk.

Bij het *onderwatergewicht* van de knollen (van één der oogstdata) dat kan dienen als maat voor het zetmeelgehalte is een zeer significant behandelingseffect waar te nemen. Het negatieve verband met  $\nabla$  (fig. 37/38) geeft de indruk dat deze invloed alleen bij de zeer lage vochtgehalten van betekenis is.

Hetzelfde kan gezegd worden van het *drogestofgehalte* in de knollen (fig. 39). Het is ook plausibel, omdat onderwatergewicht en drogestofgehalte met elkaar samenhangen (fig. 39). De bezwaren die tegen de oogstmethode bij het aardappelooft werden aangevoerd zijn niet van toepassing op de monsters die vóór de oogst werden genomen voor de bepaling van het droge-stofgehalte. De gegevens uit fig. 40 zijn daarom niet met een eventuele uitdrogingsfout belast. Het kromlijng verband met  $\nabla$  dat uit deze figuur naar voren komt wijst op een zeker minimum droge-stofgehalte dat bij hoge bodemvochtgehalten wordt bereikt en

FIG. 37 en 38. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het onderwatergewicht resp. het drogestofgehalte van aardappelknollen 1953

FIG. 37 and 38. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the under-water weight

(left) and the dry matter content (right) of potato tubers (1953)

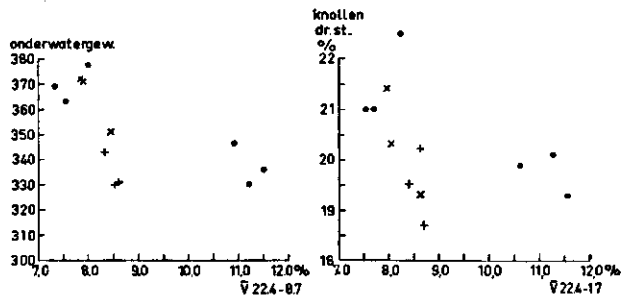


FIG. 39. Verband tussen het drogestofgehalte en het onderwatergewicht van aardappelknollen (1953)

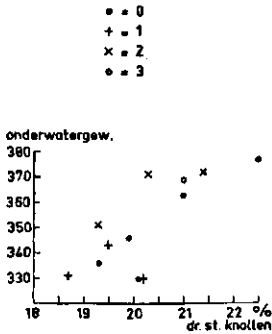


FIG. 39. Relation between the dry matter content and the under-water weight of potato tubers (1953)

FIG. 40. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het drogestofgehalte van aardappelloof

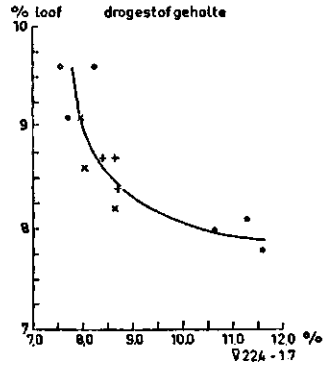


FIG. 40. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the dry matter content of potato foliage

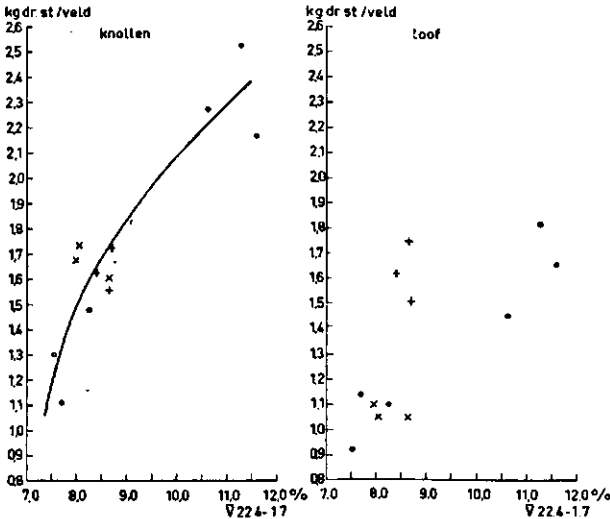


FIG. 41 en 42. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de drogestofopbrengst per veldje voor knollen, resp. voor loof

FIG. 41 and 42. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the dry matter yield per plot for tubers (left) and foliage (right)

een vrij sterke stijging van de eerste bij daling van de tweede beneden 9% vocht. Fig. 38, alhoewel op zichzelf met sterk gespreide punten, is hiermee niet in strijd. Nochtans is deze invloed van het vochtgehalte niet groot genoeg om het positieve effect daarvan op de droge-stofproductie (knollen) per veldje op te heffen (fig. 41). Ook bij het loof komt in de gelijkvormigheid van fig. 36 en fig. 42 tot uiting dat de invloed van het bij toenemend vochtgehalte afnemend droge-stofgehalte op de droge-stofproductie in loof per veldje gering is.

3.2.2. BIETEN 1953

**Teeltgegevens**

- 4 maart bemesting met Dolokal
- 26 maart bemesting met 1,5 kg kas per veldje (750 kg/ha)  
1,7 kg pk per veldje (850 kg/ha)
- 31 maart gezaaid, var. Nunhem's Ronde Biet;  
bruto 26 rijen à 360 m, afstand 20 cm
- 16 april opkomst
- 22/23 mei gedund (op één gezet)
- 6 juli geoogst (in één keer).

**Objecten**

Vier vochttrappen; uitdrogingsgrens in gew. % vocht bij:

obj. 0	12,5
obj. 1	8,2
obj. 2	6,4
obj. 3	5,8

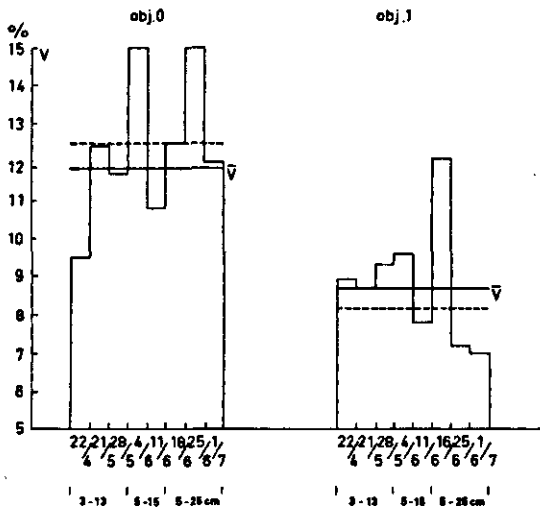


FIG. 43. Vochtgehaltebeloop bij bieten 1953, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ————— gemiddeld vochtgehalte  $\bar{v}$

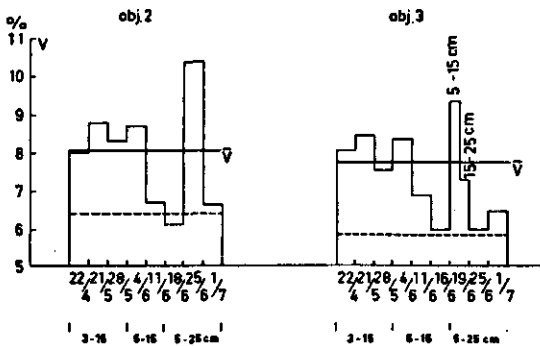


FIG. 43. Change in moisture content in beet 1953, average per treatment — — — — lower limit; ————— average moisture content  $\bar{v}$

### Uitvoering

Zie fig. 43. Object 0 is conform het schema behandeld; overvloedige regenval veroorzaakte enkele malen hoge vochtgehalten. Het lage vochtgehalte op 22 april bij de obj. 0 en 1, beide tot die dag onafgedekt gebleven, moet worden toegeschreven aan het feit dat de laag 3—13 cm werd bemonsterd, waarbij de uitgedroogde bovenste cm's het gemiddelde beïnvloedden.

Bij obj. 1 werd na de bemonstering op 25 juni ten onrechte nagelaten met beregening de 7 mm natuurlijke neerslag op 27 juni aan te vullen tot de hoeveelheid die nodig was om de wortelzone op veldcapaciteit te brengen.

Bij obj. 2 heeft het tot 18 juni geduurd voordat de gestelde grens overschreden werd. Er werd met 30 mm aangevuld.

Aangezien op obj. 3 de uitdrogingsgrens op 16 juni nagenoeg bereikt werd, is op 19 juni een beregening uitgevoerd; deze was echter onvoldoende om de laag 5—25 cm op veldcapaciteit te brengen. Het gevolg hiervan is geweest, dat de grens op 25 juni wederom nagenoeg bereikt werd. De 7 mm regen in de volgende week bleek voldoende om boven deze grens te blijven.

FIG. 44 en 45. Verband tussen het aantal geoogste planten en de kg-opbrengst (vers) per veldje van resp. de 1e soort en de totale oogst bij bieten 1953. Met de tekenjes zijn de vier objecten onderscheiden

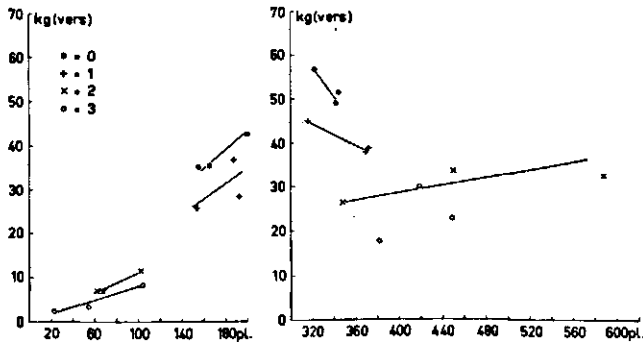


FIG. 44 and 45. Relation between the number of plants harvested and the yield in kg (fresh) per plot for 1st grade and the total crop of beet (1953). The four treatments have been marked

FIG. 46. Verband tussen aantal planten 1e soort en de droge stofopbrengst per veldje bij bieten 1953

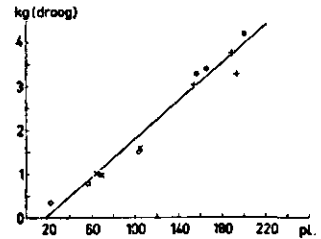


FIG. 46. Relation between the number of plants 1st grade and the dry matter content per plot of beet (1953)

### Oogstresultaten

Volgens fig. 44 en 45 is de gevonden opbrengst (loof + biet, vers gewogen, van netto veldjes, d.w.z. 20 rijen van ca. 2,10 m lengte) afhankelijk van het aantal planten, althans voor de (verkoopbare) sortering I. Dit wordt bevestigd door fig. 46, waarin een rechtlijnig verband tussen de droge-stofopbrengst en het aantal geoogste planten 1e soort blijkt. Een afzonderlijke bewerking van de opbrengst met correctie op het aantal planten door uit te gaan van het gemiddeld plantgewicht is dus wenselijk.

*Opbrengst (vers).* Het verband tussen het (gewogen) gemiddelde vochtgehalte in de periode 22 april—1 juli 1953 en de totale (verse) opbrengst per netto veldje



FIG. 47. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de totale bietenopbrengst (wortel + loof, vers) per veldje

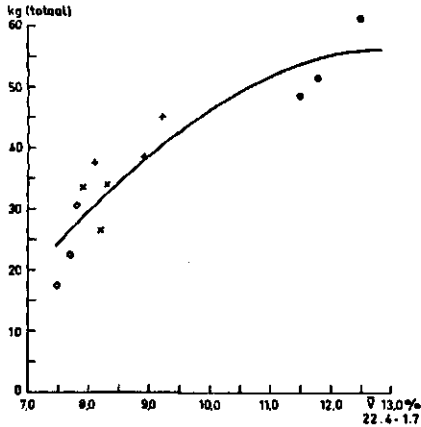


FIG. 47. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the total beet yield (root + foliage, fresh) per plot

FIG. 48. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en het gemiddeld plantgewicht in grammen voor de totale bietenopbrengst voor de 1e en 2e soort

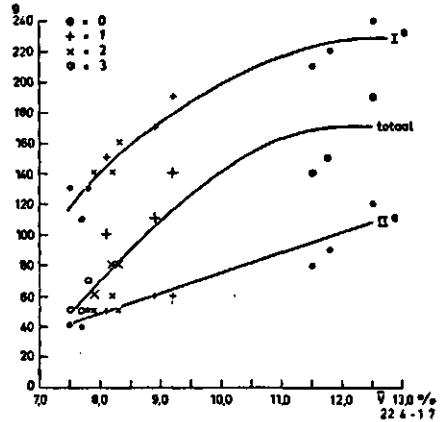


FIG. 48. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the average plant weight in grammes for the total beet yield of 1st and 2nd grade

is weergegeven in fig. 47. Gezien de waarnemingspunten is er reden om aan een kromlijng verband  $y = -1,148 x^2 + 29,341 x - 131,434$  waarschijnlijkheid toe te kennen. Deze functie heeft een maximale waarde voor  $y$  bij  $x = 12,78$  ( $y = 56,01$ ) en  $y = 0$  bij  $x = 5,7$ .

In fig. 48 is de invloed van het aantal planten op de (verse) opbrengst geëlimineerd. Voor de 1e soort is de correlatiecoëfficiënt met  $r = 0,9584$  hoger dan zonder deze correctie op het aantal planten. De kromme door deze punten:  $y = -0,393 x^2 + 10,039 x - 41,107$  heeft het optimum wederom bij  $x = 12,77$  gew. % ( $y = 22,00$ ), terwijl  $x = 5,13$  bij  $y = 0$ .

Bij de totale opbrengst hangt het gemiddeld plantgewicht met het gemiddeld bodemvochtgehalte samen volgens  $y = -0,407 x^2 + 10,603 x - 51,560$ .

De droge-stofgehalten zijn van wortel (biet) en loof afzonderlijk bepaald. Het verband tussen beide is in fig. 49 weergegeven. Daaruit blijkt dat de gehalten van de biet gemiddeld 4,5% hoger zijn dan die van het loof.

Teneinde een redelijke benadering te verkrijgen van de droge-stofopbrengst van (biet + loof), is met behulp van de eveneens aan monsters bepaalde loof/biet quotiënten het gewogen gemiddelde droge-stofgehalte per veldje berekend van de totale oogsten.<sup>1</sup> De hiermede berekende droge-stofopbrengst per veldje is in fig.

<sup>1</sup> Aangezien de droge-stofgehalten niet afzonderlijk van sortering I werden bepaald, moet hier volstaan worden met het totaal.

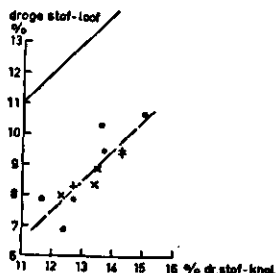


FIG. 49. Verband tussen de droge stofgehalten van wortel en van loof bij bieten 1953, veldgewas

FIG. 49. Relation between the dry matter contents of root and foliage of beet (1953) gross product

FIG. 50. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de droge stofopbrengst per veldje bij bieten (1953)

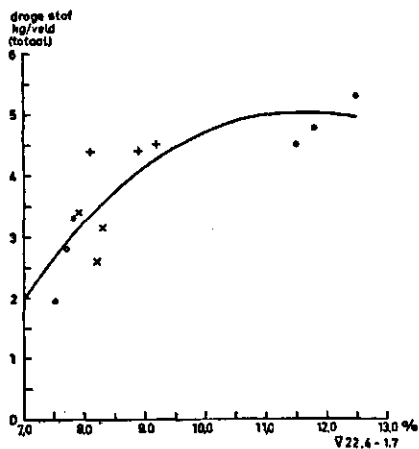


FIG. 50. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the dry matter yield per plot of beet (1953)

FIG. 51. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de droge stofopbrengst per plant, gemiddeld voor de totale oogst

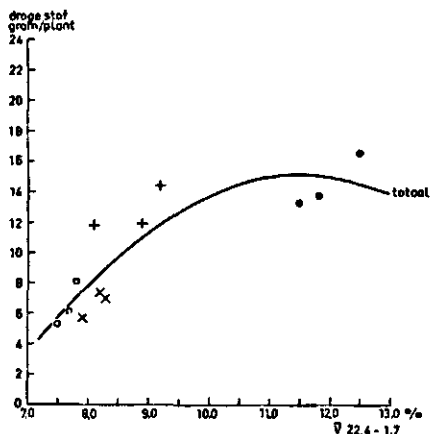


FIG. 51. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the dry matter yield per plant, average for the total crop

50 uitgezet tegen het gemiddelde vochtgehalte;  $r = 0,79^{++}$ . De 2e graads-functie, passend bij de gevonden waarden, is  $y = -0,152 x^2 + 3,489 x - 14,937$ , waar  $x = 5,70$  als  $y = 0$  en  $y_{\max} \approx 5,03$  bij  $x = 11,44$ .

De droge-stofopbrengst *per plant* (van de totale netto oogst<sup>1</sup>) hangt volgens  $y = -0,552 x^2 + 12,828 x - 59,351$  samen met het gemiddeld vochtgehalte tussen 22 april en 1 juli 1953 (fig. 51). De kromme snijdt de abscis bij  $x = 6,38$ . Het optimum der kromme ligt bij  $x = 11,612$  en  $y = 15,131$ .

<sup>1</sup> Aangezien de droge-stofgehalten niet afzonderlijk van sortering I werden bepaald, moet hier volstaan worden met het totaal.

## 3.2.3. TUINBONEN 1953

## Teeltgegevens

24 februari	gezaaid onder plat glas, var. Nunhem's Eerste Witkiem
4 maart	proefveld bemest met Dolokal
25 maart	bemesting met 1 kg kas per veldje (500 kg/ha) 1,7 kg pk per veldje (850 kg/ha)
30 maart	geplant, 2 planten bij elkaar, 240 × 2 planten op 55 × 15 cm
4 mei	eerste bloei op obj. 3
8 mei	volle bloei op alle obj.
11 mei	door nachtvorst lichte schade aan blad en bloemen
15/18 mei	vruchtzetting zichtbaar
5 juni	gewas getopt, o.a. i.v.m. luisaantasting
16 juni	1e oogst van obj. 1, 2 en 3
22 juni	1e oogst van obj. 0 en 2e oogst van obj. 1, 2 en 3
30 juni	napluk van alle objecten
1 juli	gehele gewas geruimd

## Objecten

Vier vochttrappen; uitdrogingsgrenzen in gew. % vocht bij:

obj. 0	12,5
obj. 1	8,2
obj. 2	6,4
obj. 3	5,8
alle objecten in drievoud	

## Uitvoering

Conform de indicaties van de vochtgehaltebepalingen werd neerslag toegediend en/of toegelaten (fig. 52). Bij obj. 0 werd de uitdrogingsgrens 4 maal bereikt of overschreden. Aangezien tussen 22 april en 21 mei geen grondmonsters werden genomen, had hier — mede doordat obj. 0 niet tegen regen werd afgedekt — regelmatig aanvulling plaats, in totaal met 107,8 mm, waardoor het vochtgehalte in die periode op het gewenste hoge niveau werd gehouden. Bij de obj. 1, 2 en 3 werd in die periode een nagenoeg uniforme behandeling toegepast, resulterende in ongeveer even lage vochtgehalten (gem. 6,5 %) op 21 mei, na een totale neerslag van rond 30 mm. Dat betekent, dat obj. 1 in die tijd droger is geweest dan de opzet was, maar bij de verdere bewerking is dit van weinig belang.

Samengevat komt de uitvoering van het proefplan erop neer, dat de verschillen tussen de obj. 1, 2 en 3 onderling gemiddeld kleiner zijn geworden dan de bedoeling was. Er is daardoor een vrij grote ruimte tussen deze 3 objecten en obj. 0 ontstaan. Hierbij zij nog opgemerkt dat de bemonsteringsdiepte, tussen 22 april en de oogst oplopend van 10 tot 25 cm, voldoende is geweest, gezien de waarnemingen aan het wortelselsel bij de oogst: zonder opvallende verschillen tussen de objecten bleef de beworteling beperkt tot de bovenste 20 cm van de grond; door het verplanten was de penwortel niet tot verdere ontwikkeling gekomen.

## Oogstresultaten

De waarnemingen zijn verricht aan netto veldjes (met inachtneming van een rand ter breedte van 55 cm in de ene, van ca. 70 cm in de andere richting), omvattende 8 rijen à 2,10 m lengte (= 9,25 m<sup>2</sup>). Het stro is gewogen van 6 rijen à 2,10 m = 6,94 m<sup>2</sup>.

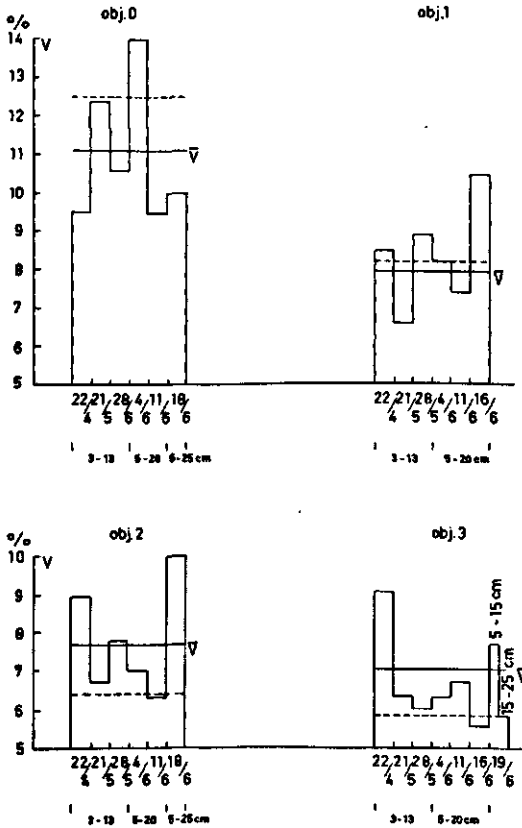


FIG. 52. Vochtgehalte beloop bij tuinbonen 1953, gemiddelden per object; — — — — — uitdrogingsgrens; ————— gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$

FIG. 52. Change in moisture content in garden beans (1953), averages per treatment; — — — — — lower soil moisture limit; ————— average moisture content  $\bar{V}$

De waarnemingen aan het gewas zijn in het navolgende steeds betrokken op het gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$  tussen 22 april en 19 juni, waarbij aan de bepalingen dd. 22 april en 21 mei in verband met de omstandigheid dat deze op een langere periode slaan, een groter gewicht is toegekend resp.  $3 \times$  en  $4 \times$  zo groot als aan de overige.

*Hoogte van het gewas op 5 juni* (fig. 53). Positieve reactie op  $\bar{V}$ , alleen significant verschil van obj. 0 ten opzichte van de overige.

*De kg-opbrengst aan (verse) bonen* (in de peul), per veldje (fig. 54). Hoge correlatie ( $r = 0,964$ ) met  $\bar{V}$ . Geëxtrapolerd wordt volgens  $y = 4,77x - 24,68$ , de opbrengst  $y = 0$  bij  $\bar{V} = 5,17\%$ .

*Aantal geoogste peulen per veldje* (fig. 55) vertoont hetzelfde beeld als fig. 54, waaruit blijkt dat het gemiddeld peulgewicht weinig of geen invloed heeft ondergaan van de behandelingsverschillen en dat de kg-opbrengst zeer nauw samenhangt met het aantal geoogste peulen (fig. 57).

*Aantal stengels per veldje* (fig. 56) vertoont ook positieve afhankelijkheid van het gemiddelde vochtgehalte, zodat het effect uit fig. 55 grotendeels wordt bepaald door het aantal peulen per stengel (fig. 58).

FIG. 53. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de hoogte van het gewas tuinbonen op 5 juni 1953

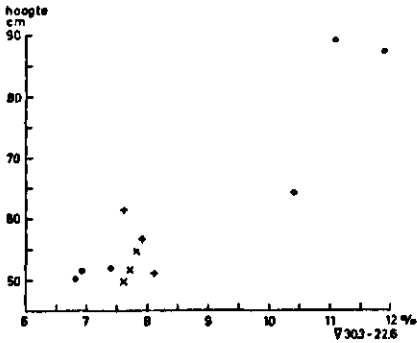


FIG. 53. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the height of the crop of garden beans on 5th June 1953

FIG. 54. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de tuinbonenopbrengst (in de peul, kg per veldje)

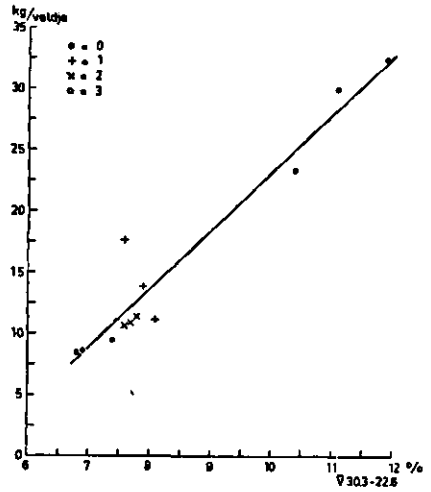


FIG. 54. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the yield of garden beans (in the pod, kg per plot)

FIG. 55. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en het aantal per veldje geoogste peulen

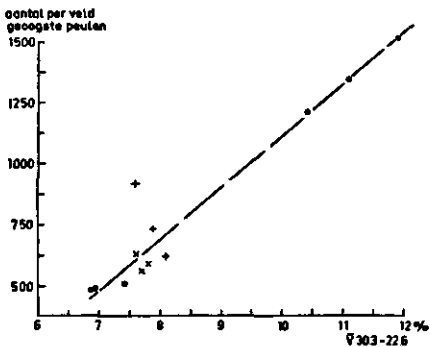


FIG. 55. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the number of pods harvested per plot

FIG. 56. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en het aantal stengels per veldje tuinbonen

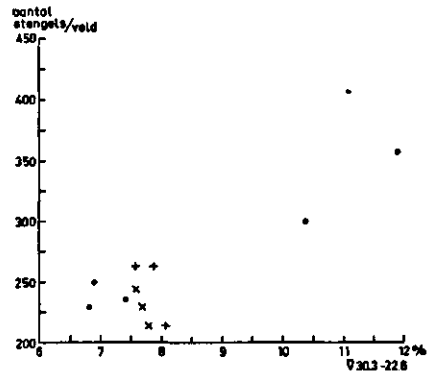


FIG. 56. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the number of stems per plot of garden beans

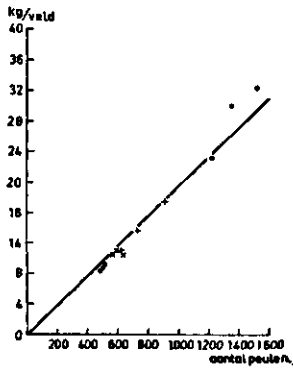


FIG. 57. Verband tussen het aantal peulen en de kg-opbrengst tuinbonen per veldje

FIG. 57. Relation between the number of pods and the yield in kg of garden beans per plot

In gewasmonsters werd een dop-analyse uitgevoerd, waaruit bleek dat er een — vrij zwakke — negatieve correlatie bestond tussen de gewichtsverhouding boontjes/lege peulen en  $\bar{V}$  (fig. 59).

Het aantal boontjes per peul heeft de tendens bij toenemende uitdroging te dalen, maar het gemiddelde gewicht per boontje neemt daarbij toe (tabel 12).

TABEL 12. Het aantal boontjes per peul en het gemiddeld boongewicht ten opzichte van het gemiddeld vochtgehalte ( $\bar{V}$ ) van de grond

objecten treatments	gew. % weight %	aantal boontjes per peul number of beans per pod	gem. gewicht per boontje; g average bean weight
0	11,9	3,82	1,68
	11,1	4,10	1,29
	10,4	3,66	1,53
	11,1	3,86	1,50
1	7,6	3,62	1,53
	7,9	3,60	1,74
	8,1	3,23	1,60
	7,9	3,48	1,62
2	7,6	3,20	1,95
	7,8	3,52	1,94
	7,7	3,32	1,84
	7,9	3,35	1,91
3	6,9	2,35	2,68
	7,4	3,60	1,84
	6,8	3,37	1,84
	7,0	3,11	2,12

TABEL 12. Number of beans per pod and average bean weight in relation to the average moisture content ( $\bar{V}$ ) of the soil

De stro-opbrengst, gewogen (van 6 rijen/veldje) bij het beëindigen van de proef, reageert op soortgelijke wijze op vocht (fig. 60) als het aantal stengels. Dit was wegens een nauw verband tussen beide waarnemingen te verwachten. Deze reactie wordt door het verband uit fig. 53 versterkt.

FIG. 58. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het aantal peulen per stengel

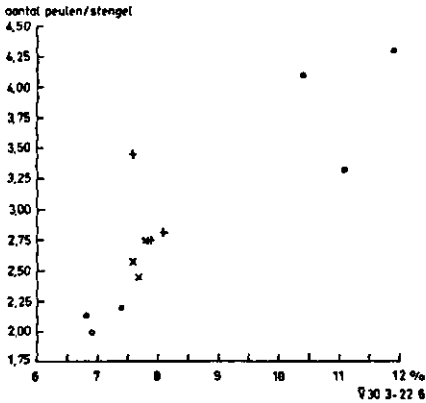


FIG. 58. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the number of pods per stem

FIG. 59. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de gewichtsverhouding tussen gedopte bonen en lege peulen

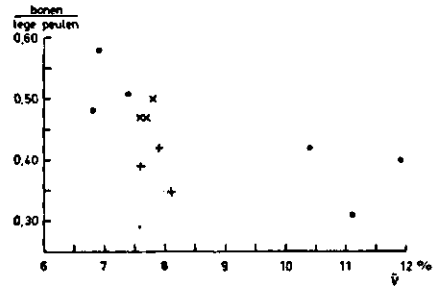


FIG. 59. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the weight ratio between podded beans and empty pods.

FIG. 60. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de „stro“-opbrengst per veldje tuinbonen

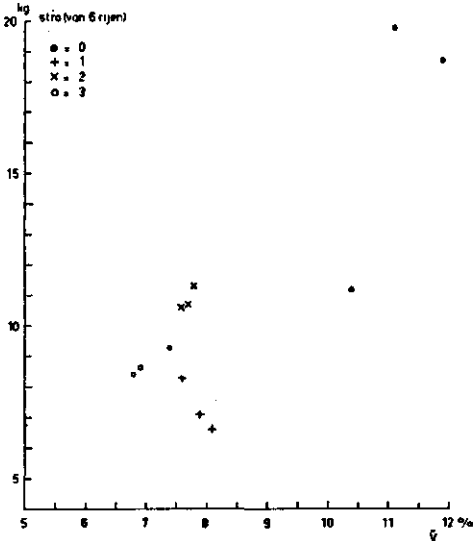


FIG. 60. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the stem and foliage weight per plot of garden beans

FIG. 61. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het drogestofgehalte van het „stro“ direct na de oogst

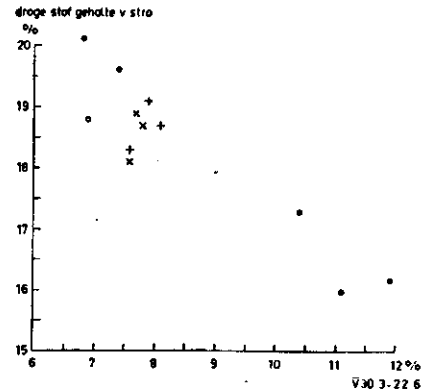


FIG. 61. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the dry matter content of stems and foliage immediately after harvesting

De *vroegheid* van de oogst op de gebruikelijke wijze<sup>1</sup> berekend, is negatief gecorreleerd met  $\bar{V}$  (fig. 62). Ook uit de teeltgegevens bleek reeds, dat het obj. 0 later oogstbaar was dan de overige objecten.

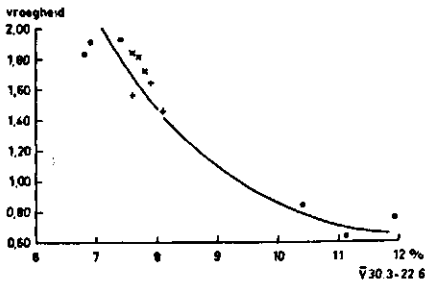


FIG. 62. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en de vroegheid van de oogst

FIG. 62. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the earliness of the harvest

Samenvattend kan gesteld worden dat het handhaven van een hoog vochtgehalte in de grond een welige vegetatieve ontwikkeling geeft, een grote, doch late kg-opbrengst, welke voornamelijk door een groter aantal oogstbare peulen (bonen) wordt veroorzaakt; deze peulen bevatten een groter aantal, per stuk iets lichtere, boontjes met een iets lager dop-rendement als resultante.

Het *droge-stofgehalte* is alleen in de stengels na de oogst („stro”) bepaald. Begrijpelijk is de negatieve correlatie met  $\bar{V}$  (fig. 61).

*Wortelknolletjes.* Bij het bewortelingsonderzoek werd waargenomen dat op de veldjes van obj. 0 de wortels dicht bezet waren met dikke, samengegroeide wortelknolletjes; bij ob. 1 werden slechts enkele, kleine aanzwellingen aangetroffen, bij obj. 2 en 3 geen. Aangezien voor de ontwikkeling van deze wortelknolletjes zuurstof nodig is, mag worden geconcludeerd dat de behandeling van obj. 0 niet tot zuurstofbrek in de grond heeft geleid.

#### 3.2.4. WORTELEN 1953

##### Teeltgegevens

4 maart	bemesting met Dolokal
26 maart	bemesting met 1,5 kg kas/veldje (750 kg/ha) 1,7 kg pk/veldje (850 kg/ha)
1 april	gezaaid, var. Nunhem's Voorjaarswortel; 32 rijen $\times$ 15 cm
15 april	begin van opkomst
21 april	stand zeer matig
5 mei	gehele proefveld schoongemaakt
27/28 mei	idem
25/26 juni	oogst

<sup>1</sup> Door gewichten toe te kennen aan de opbrengst op de verschillende oogstdata, evenredig met het aantal dagen tussen deze data.



**Objecten**

Vier vochttrappen: uitdrogingsgrenzen in gew. % vocht bij:

obj. 0	12,5
obj. 1	8,2
obj. 2	6,4
obj. 3	5,8

Alle objecten in drievoud.

**Uitvoering**

Fig. 63 geeft het vochtgehaltebehoop gemiddeld per obj. De grondbemonstering heeft voor de eerste maal plaats gehad op 22 april, toen het gewas juist boven de grond was. Er bleek in de laag 0—10 cm reeds enige uitdroging te hebben plaatsgevonden, die bij obj. 0 berekening rechtvaardigde (19,1 mm). Bij obj. 1 t/m 3 was geen berekening volgens het schema nodig; niettemin is een aanvulling van 16,5 mm gegeven, die ten gevolge had, dat alle objecten met veldcapaciteit een uniform uitgangspunt kregen. In de volgende weken, tot 21 mei, vond geen bemonstering plaats. In deze periode kwam aan natuurlijke en kunstmatige neerslag tezamen op de obj. resp. 85,3; 23,3; 23,3 en 23,3 mm, gebaseerd op vermoedelijke behoefte om overschrijding van het grens-vochtgehalte te voorkomen. Voor obj. 0 was dit stellig te veel, zodat mag worden aangenomen, dat de grond hier zelden ver onder veldcapaciteit is geweest.

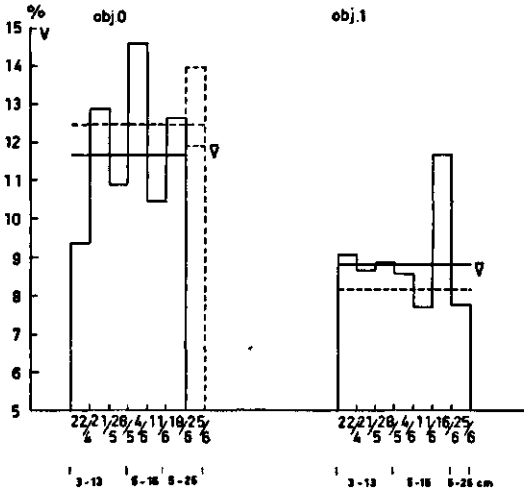


FIG. 63. Vochtgehaltebehoop bij wortelen 1953, gemiddelden per object; — — — uitdrogingsgrens; ————— gemiddeld vochtgehalte ▽

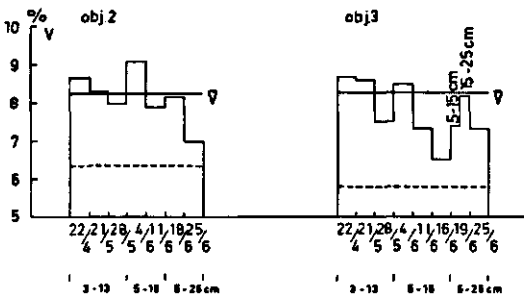


FIG. 63. Change in moisture content in carrots (1953), averages per treatment; — — — lower limit; ————— average moisture content ▽

Bij de overige objecten heeft deze behandeling ertoe geleid, dat op 21 mei nog geen onderlinge verschillen waren ontstaan en dat het vochtgehalte (laag 0—15 cm) nog juist boven de grens van obj. 1 lag.

Volgens de vochtbepalingen is bij de obj. 0 en 1 resp. 3 en 1 maal de gestelde uitdrogingsgrens overschreden, bij de obj. 2 en 3 geen enkele keer.

### Oogstresultaten

Opbrengst van 24 rijen van 2,30 m lengte netto, d.w.z. met een rand van ca. 0,60 m rondom. Oppervlakte 8,28 m<sup>2</sup>.

Opvallend is dat enkele waarnemingen van veldje no. 6 (obj. 0) sterk van de herhalingen afwijken. In de figuren zijn deze waarnemingen gemerkt. Er zou geen reden zijn om hieraan een andere dan toevallige oorzaak toe te schrijven (want de ligging van het veldje op het terrein is t.o.v. het gesignaleerde vruchtbaarheidsverloop gunstig), ware het niet dat de waarnemingen aan het gewas aardbeien in 1954 op ditzelfde veldje eveneens zeer afwijkend waren. Gecompliseerd

FIG. 64. Verband tussen het aantal planten en de kg-opbrengst per veldje, resp. voor de gehele oogst en 1e en 2e sortering. ⊙ zie tekst

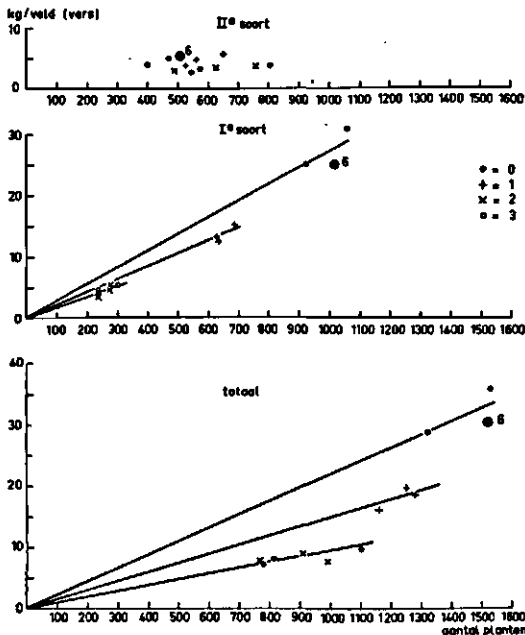


FIG. 64. Relation between the number of plants and the yields in kg per plot for the whole crop and 1st and 2nd grade. ⊙ plot 6 with unknown deviation

FIG. 65. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de opbrengst (kg wortelen + loof) per veldje, resp. voor het totaal en voor de 1e en 2e soort

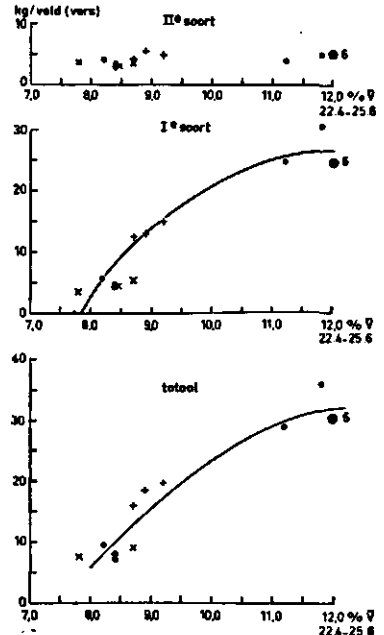


FIG. 65. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the yield (kg of carrots + foliage) per plot, for the total and for 1st and 2nd grade. ⊙ see fig. 64

wordt het echter door de omstandigheid dat bij de tussenliggende proef met sla (zomerteelt 1953) geen afwijking werd geconstateerd. Intussen werden de waarnemingen op dit veldje no. 6 bij wortelen normaal in de wiskundige bewerking betrokken.

De hoofdmasa van de wortels werd aangetroffen in de bovenste 15 cm; bij alle objecten werden enkele diepergaande (zichtbaar tot ca. 40 cm) wortels aangetroffen. Geen opvallende objectverschillen in beworteling.

Het aantal planten per (netto) veldje is voor de verschillende veldjes niet gelijk.

Er is samenhang tussen het aantal planten en de opbrengst per veldje, zij het dat er enige spreiding der waarnemingspunten is om de lijn die door de oorsprong gaat (fig. 64). Het is overigens merkwaardig, doch vooralsnog niet verklaard, dat er tussen de obj. 0 en 1 en de beide andere objecten significante verschillen zijn in het aantal planten per veldje. Wellicht moet in dit verband toch aandacht besteed worden aan fig. 66, waarin het grote aantal planten (bij de oogst geteld) op de veldjes van obj. 0 wel met een hoog gemiddeld vochtgehalte samengaat. Mogelijk is het aantal planten dat geoogst zou worden nog beïnvloed door de behandeling tussen 22 april en 25 juni.

*Opbrengst in kg (vers)*. Hoewel het voorkeur verdient het gemiddeld gewicht per plant als maatstaf voor de opbrengst te nemen, zal eerst de kg-opbrengst per veldje in samenhang met een maat voor de vochttoestand beoordeeld worden. Onder verse opbrengst wordt verstaan loof + wortel, omdat het geoogste produkt als bospeen is verkocht. Er is gesorteerd in een 1e en 2e soort, een indeling naar grootte. In fig. 65 is het verband met het gemiddeld vochtgehalte tussen 22 april en 25 juni gegeven. De opbrengst 2e soort is zo gering en vertoont — zoals te verwachten is — zo weinig reactie op het vochtgehalte, dat voor een verdere beoordeling even goed het totaal als de 1e soort kan dienen.

De *sortering* op zichzelf, uitgedrukt als het aandeel dat de 1e soort (resp. naar gewicht en naar aantal) in het totaal heeft, vertoont — hetgeen na de vorige alinea voor zichzelf spreekt — een verband met het gemiddeld vochtgehalte als in fig. 67 is weergegeven. Hieruit blijkt dat de hogere opbrengst bij de obj. 0 en 1 behalve aan een groter aantal planten, ook toegeschreven moet worden aan een groter percentage 1e soort.

Het gemiddeld *plant-gewicht* is zowel voor de gehele oogst als voor de 1e soort uitgezet tegen het gemiddeld vochtgehalte (fig. 68). Er is een strak verband, dat, als het als rechtlijnig wordt aangenomen, de functie  $y = 3,52x - 19,12$  heeft met een opbrengst  $y = 0$  bij een gemiddeld vochtgehalte  $x = 5,43\%$  voor het totaal (a). De 2e graads functie  $y = -0,712x^2 + 16,959x - 74,022$ , met de waarde  $x = 5,76$  bij  $y = 0$  voor de 1e soort (b).

Het *droge-stofgehalte* van het gewas, bij de monsters gescheiden in wortel en loof, vertoont een reactie op het gemiddeld vochtgehalte in de bovengrond als is aangegeven in fig. 69 (a resp. b). Hieruit blijkt dat het loof meer droge stof bevat dan de wortel; voorts, dat het verband in soort verschilt van de tot dusverre besproken regressies, omdat thans de ligging van de punten een hyperbolische vorm van de kromme suggereert.

FIG. 66. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en het aantal geoogste planten per veldje

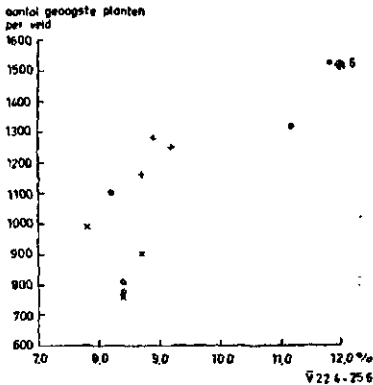


FIG. 66. Relation between the average soil moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the number of plants harvested per plot.  $\odot$  see fig. 64

FIG. 67. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en de sortering van de wortelen, uitgedrukt als het percentage 1e soort naar gewicht resp. naar aantal

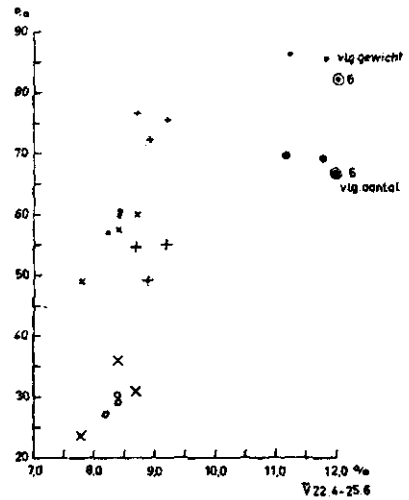


FIG. 67. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the grading of the carrots in terms of percentages 1st grade according to weight and number.  $\odot$  see fig. 64

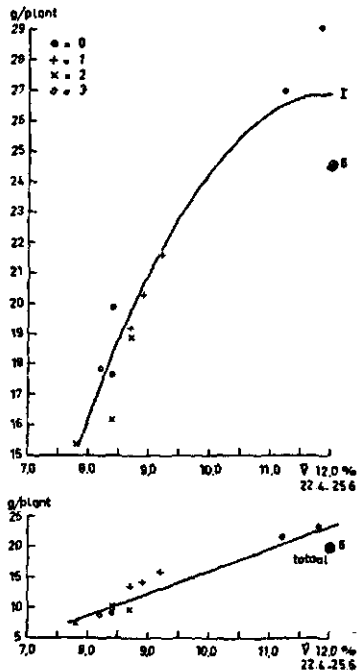


FIG. 68. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en het gemiddeld plantgewicht van de totale oogst resp. van de 1e soort bij wortelen 1953

FIG. 68. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the average plant weight of the total crop resp. for 1st grade carrots (1953).  $\odot$  see fig. 64

FIG. 69a en b. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het drogestofgehalte van de wortelen (a), resp. het loof (b) (veldgewas)

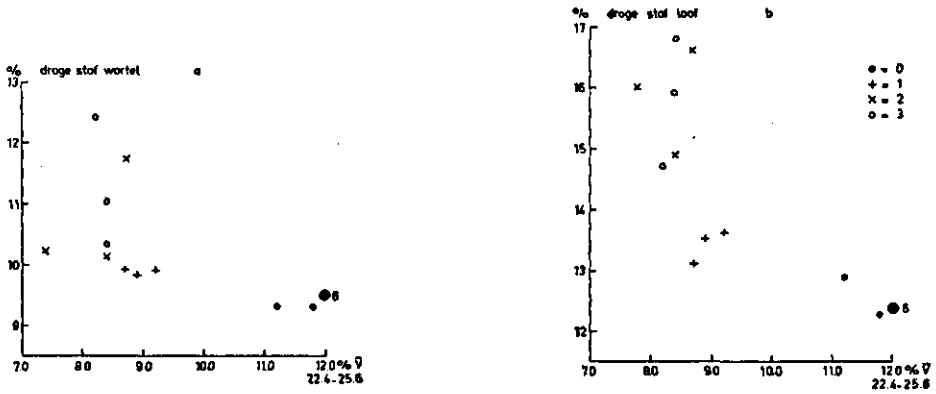


FIG. 69a and b. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the dry matter content of the carrots (a) and foliage (b) (gross product).  $\odot$  see fig. 64

FIG. 70a en b. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de drogestofopbrengst per veldje (1e soort) (a) resp. per plant (1e soort) (b)

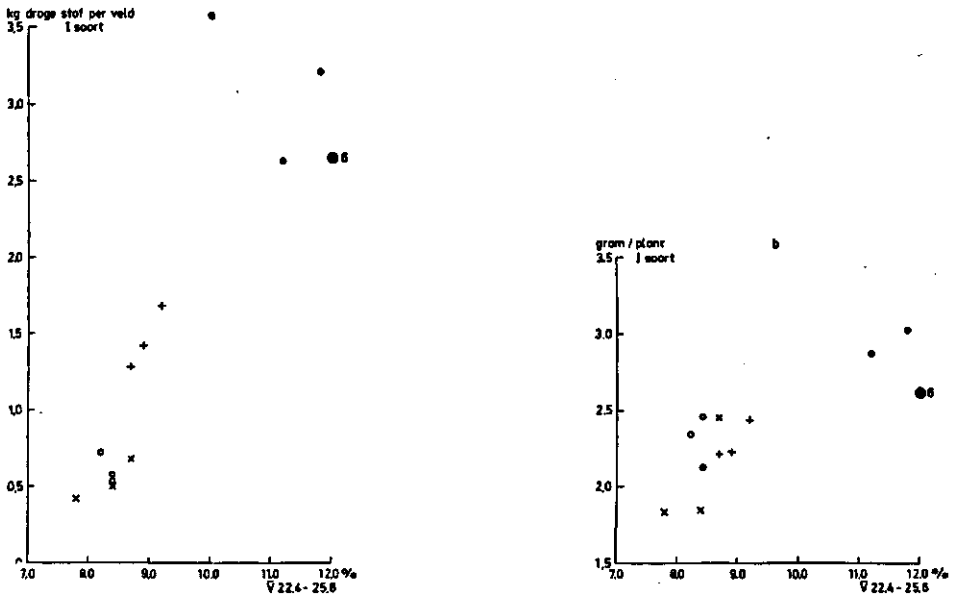


FIG. 70a and b. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the dry matter yield per plot (1st grade) (a) and per plant (1st grade) (b).  $\odot$  see fig. 64

De *droge-stofopbrengst* per veldje resp. per plant (voor de 1e soort) is berekend uit het, met behulp van het bepaalde spruit/wortel-quotiënt, gewogen gemiddelde van de droge-stofgehalten van loof en wortel, en de verse opbrengst per veldje resp. per plant. De uitkomsten van deze berekening zijn in fig. 70a resp. b in verband gebracht met het gemiddeld vochtgehalte. Dit verband voor de opbrengst per veldje (a) toont veel overeenkomst met dat voor het vers gewicht (fig. 66). Deze overeenkomst moet worden toegeschreven aan de relatief kleine invloed van het vochtgehalte op het droge-stofgehalte ten opzichte van de grote invloed op de opbrengst aan verse massa.

### 3.2.5. BIETEN 1954

#### Teeltgegevens

9 maart	varkensmest ca. 50 ton/ha (100 kg per veldjes)
9/12 maart	rogge en mest ondergespit
19 maart	bemesting met 1 kg pk 1 kg superfosfaat en 1,2 kg kas op obj. 0 1953 0,8 kg kas op overige veldjes
22 maart	gezaaid ras Gladoro P 1950, rij-afstand 20 cm, 26 rijen/veldje
12 april	begin van opkomst; 20 april: op rij zichtbaar
29 april	geschoffeld; 10/11 mei: gewied; 21 mei: gedund; 31 mei-4 juni: geschoffeld
23 juni	oogst van 0-objecten
1/2 juli	oogst van alle veldjes
15 juli	oogst van alle veldjes
22 juli	laatste oogst van alle veldjes

#### Objecten

Uitdrogingsgrenzen in gew. % bij drie vochttrappen, te weten:

obj. 0	11,7
obj. 1	8,7
obj. 2	7,0
Alle in zesvoud.	

#### Uitvoering

Aanvankelijk bestond het voornemen in de vochttrappenproef een experiment op te nemen dat zou aansluiten bij het onderzoek van WYNN (zie blz. 51) om het rendement van veel kleine watergiften te vergelijken met enkele grote; doordat dit niet tot uitvoering is gekomen, ligt de proef in 6-voud. In fig. 71 is nochtans het vochtgehaltebeloop weergegeven van steeds 2 gemiddelden van 3 waarnemingen per object (a en b). De overeenkomst tussen beide series is bij de obj. 1 en 2 duidelijker dan bij obj. 0. Het gemiddelde van alle 6 herhalingen per obj. is bepalend geweest voor de behandeling. Tot 5 mei was de behandeling van alle obj. gelijk; van 7 april tot 5 mei werd als aanvulling op 7,4 mm regen 29,0 mm water toegediend. Bij obj. 0 werd tussen 5 en 19 mei nog rond 20 mm water als aanvulling gegeven op 1,3 mm regen, hoewel het gemiddeld vochtgehalte niet duidelijk de uitdrogingsgrens was gepasseerd. Na het begin van de oogst vond alleen op de tegen regen afgeschermden obj. 1 en 2 nog berekening plaats. Op obj. 0 viel in de oogstperiode bijna 100 mm regen, waarvan 32,2 mm tot 15 juli.

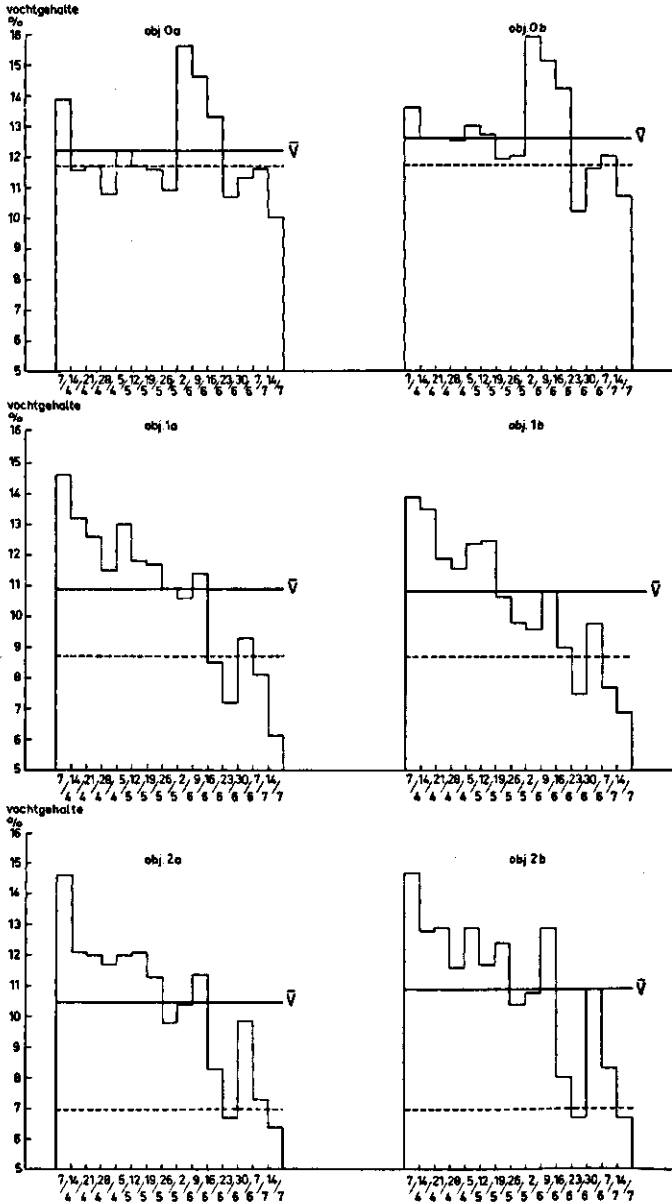


FIG. 71. Vochtgehalte-belooft bij bieten 1954, gemiddelden per object; — — — uitdrogingsgrens; — — — gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$ .

Bemonsteringsdiepten:  
 5—20 cm 4 april-28 april  
 3—20 5 mei  
 3—25 12 mei-16 juni  
 3—27 23 juni-30 juni  
 3—28 7 juli-14 juli

FIG. 71. Change in moisture content in beet (1954), averages per treatment; — — — lower limit; — — — average moisture content  $\bar{V}$ .

Sampling depths:  
 5—20 cm  
 7th April-28th April  
 3—20 cm 5th May  
 3—25 cm  
 12th May-16th June  
 3—27 cm  
 23th June-30th June  
 3—28 cm  
 7th July-14th July

### Oogstresultaten

De opbrengst is uitgedrukt in kilogrammen per netto veldje van 20 rijen, oppervlakte  $4 \times 2,10 \text{ m} = 8,40 \text{ m}^2$ . Opbrengstniveau rond 45 ton per ha. Van de oogst is het gewicht en het aantal stuks bepaald. Er blijkt (fig. 72) per vochttrap verband tussen beide te bestaan. Ook de waarnemingen, gemerkt met de veld-

nummers 51, 53, 54 en 56, voldoen aan deze evenredigheid per vochttrap. Aangezien de opbrengst per veld dus behalve door de vochttrap wordt bepaald door het aantal planten, mag worden aangenomen dat het lage opbrengstniveau van de bedoelde vier veldjes wordt veroorzaakt door een abnormaal gering aantal planten, d.w.z. door een dunne stand van het gewas. De oorzaak hiervan is onbekend, doch het is opvallend dat deze vier veldjes de zuidelijkste strook van het bij deze proef betrokken deel van het proefveld vormen. Ook in fig. 73, waar de kg-opbrengst per veldje is uitgezet tegen  $\nabla$ , zijn deze afwijkende waarnemingen gemerkt. Deze storing wordt geëlimineerd door het vers gewicht per plant als maatstaf voor de opbrengst te nemen (fig. 74). In beide gevallen is een rechtlijnig verband tussen de genoemde grootheden waar te nemen; het volgt ook uit de berekende correlatiecoëfficiënten.

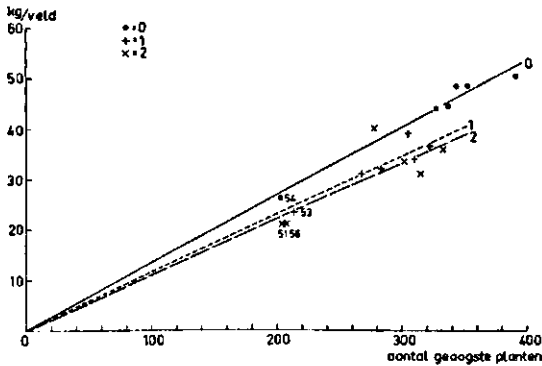


FIG. 72. Verband tussen het aantal geoogste planten en de kg-opbrengst per veldjes bieten (1954), per object aangegeven

FIG. 72. Relation between the number of harvestad plants and the yield in kg per plot of beet (1954), stated per treatment

FIG. 73 en 74. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de opbrengst van bieten (1954) incl. loof resp. in kg per veld en in g per plant

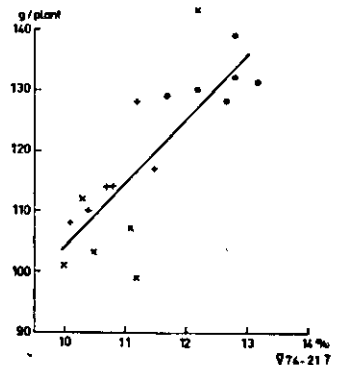
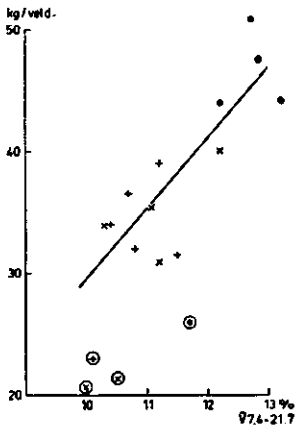


FIG. 73 and 74. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the yield of beet incl. foliage (1954) in kg per plot and in gm per plant



FIG. 75. Verband tussen het drogestofgehalte van de biet en dat van het loof bij bieten (1954)

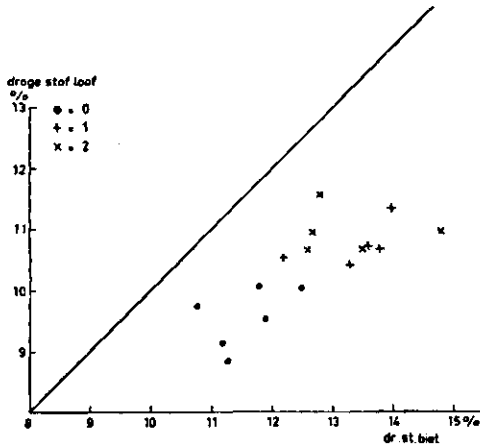


FIG. 75. Relation between the dry matter content of beet and that of beet foliage (1954)

FIG. 76. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en het drogestofgehalte van de biet

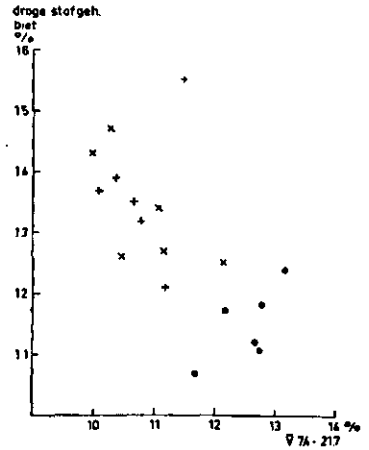


FIG. 76. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the dry matter content of beet

FIG. 77. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de drogestofopbrengst in kg per veldje (benadering)

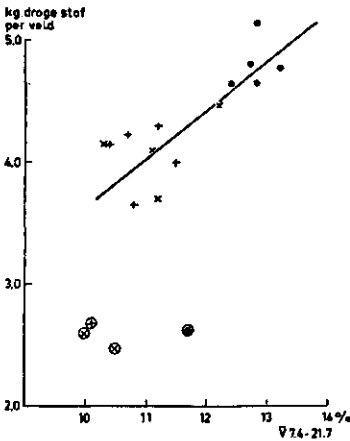


FIG. 77. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the dry matter yield in kg per plot (approximately)

FIG. 78. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de gemiddelde drogestofopbrengst per plant (benadering)

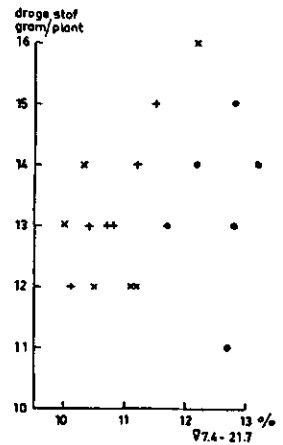


FIG. 78. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the average dry matter yield per plant (approximately)

Van de oogst zijn monsters biet en monsters loof onderzocht op *gehalte droge stof*. De resultaten hiervan zijn weergegeven in fig. 75; daaruit blijkt dat het droge-stofgehalte van de biet steeds hoger is dan dat van het loof, maar dat overigens een nagenoeg rechtlijnig verband tussen beide bestaat. Nadere gegevens over droge-stofgehalte van de bieten in fig. 76.

Aangezien overigens bij de oogst loof en bieten niet gescheiden werden, kan niet met absolute nauwkeurigheid de totale *droge-stofopbrengst* per veld berekend worden, doch wanneer hiertoe het gewogen gemiddelde van de gehalten van de biet en het loof worden gebruikt zal geen systematische afwijking ontstaan<sup>1</sup>; de verkregen cijfers zijn een goede maat voor de werkelijke *droge-stofproductie* en worden thans als zodanig gecorreleerd met  $\nabla$ , berekend voor de periode 7 april—21 juli (fig. 77). Hoewel dit verband soortgelijk is aan dat voor het vers gewicht, blijkt bij vergelijking dat de opbrengstreesessie tengevolge van een toenemende uitdroging bij het vers gewicht belangrijk groter is dan bij de droge-stofproductie. Wordt de droge-stofopbrengst per plant berekend en verder bewerkt als hierboven is aangegeven, dan is de correlatiecoëfficiënt zeer onzeker geworden. Blijkbaar wordt de opeenstapeling van restvariantiebronnen, nl. in de opbrengst, in het aantal en in het droge-stofgehalte voor deze bewerkingen te groot (fig. 78).

De *vroegheid van de oogst* is uitgedrukt in een getal dat wordt verkregen als volgt:

vroegheid =

$$\frac{3 \text{ (kg, geoogst op datum 1)} + 2 \text{ (kg, datum 2)} + 1 \text{ (kg, datum 3)} + 0 \text{ (kg, datum 4)}}{\text{totale kg-opbrengst}}$$

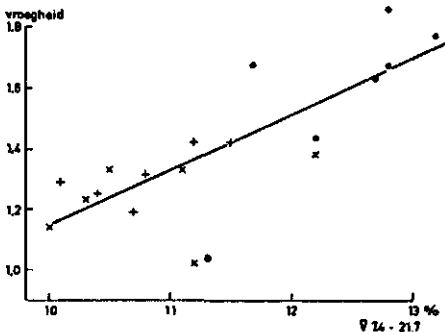


FIG. 79. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de vroegheid van de bietenoogst (1954)

FIG. 79. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the earliness of the beet harvest (1954)

<sup>1</sup> Uit bepalingen van de spruit/wortel verhouding, bij bieten in 1953 verricht, bleek dat er geen reden is om een systematische invloed van het bodemvochtregiem op deze verhouding te verwachten, zodat slechts het gesignaleerde verschil tussen droge-stofgehalte van biet resp. loof overblijft. Het is voor het hiernavolgende gebruik der cijfers niet nodig om door middel van een aangenomen spruit/wortel-quotient een nauwkeuriger benadering van de werkelijke totale droge-stofopbrengst na te streven.

De aldus berekende waarden blijken eveneens in een — althans bij benadering — rechtlijnig verband te staan tot  $\bar{V}$  (fig. 79)<sup>1</sup>

### 3.3. PROEVEN IN 1953 EN 1954 MET VOCHTTRAPPEN, WAARBIJ EEN OF ENIGE ZEER NATTE OBJECTEN

#### 3.3.1. ANDIJVIE 1953

##### Teeltgegevens

1 juni	gezaaid (buiten de proef)
8 juli	geplant 18 × 12 planten, 30 × 30 cm (216 planten) var. Volhart no. 5
9 en 23 juni	uitvallers ingeboet
28 juli	veld no. 36 (obj. 3) blijft in ontwikkeling achter
6 aug.	obj. 0 — veldjes 375 kg kas/ha (= 750 gr/veldje)
8 en 9 sept.	oogst van gehele proef

##### Objecten

obj. 0	natuurlijke neerslag zonodig aanvullen tot 45 mm/week
obj. 1	als obj. 0, doch met een totaal van 30 mm/week
obj. 2	bemonsterde laag aanvullen tot veldcapaciteit, zodra vochtgehalte < 9,0 gew. %
obj. 3	als obj. 2, met uitdrogingsgrens 7,5 gew. %

Alle objecten in drievoud.

##### Uitvoering

Gemiddeld over de negen weken die de andijvie uitgeplant is geweest ontvingen de veldjes van obj. 0 en 1 resp. 50 en 33 mm per week. Bij de uitvoering van de proef zijn afwijkingen niet geheel te vermijden geweest, zodat in 3 resp. 2 van deze weken de totale neerslag geringer bleef dan de in het schema gestelde hoeveelheid. De verdeling over de dagen was echter zodanig, dat nauwelijks van een afwijking van het schema kan worden gesproken. De wekelijks gegeven hoeveelheden water waren bij deze objecten zodanig dat vochtgehalten werden bereikt die soms aanzienlijk hoger lagen dan bij de proeven die in de vorige paragraaf (3.2.) werden beschreven. Het gemiddeld vochtgehalte van obj. 0 is zelfs enkele procenten hoger dan hetgeen met veldcapaciteit overeenkomt; blijkbaar is de regelmatige waterovermaat hiervan de oorzaak.

Bij obj. 2 en 3 werd de gestelde uitdrogingsgrens 4 resp. 5 keer overschreden. In deze gevallen en bovendien in een geval dat overschrijding in de week na de bemonstering verwacht mocht worden, werd neerslag toegelaten resp. gegeven om de bemonsterde laag (tot en met 22 juli 3—13 cm, op 29 juli 5—20 en daarna 5—25 cm) op veldcapaciteit te brengen (fig. 80).

##### Oogstresultaten

Binnen een rand van 2 rijen planten rondom het netto-veldje, groot 14 × 8 = 112 planten (10,08 m<sup>2</sup>) werd elke plant gewogen. Het aantal planten dat kon worden geoogst heeft onder invloed gestaan van de behandeling. Bij de

<sup>1</sup> Hierbij zijn ook de waarnemingen van de veldjes 51, 53, 54 en 56 betrokken, omdat niet aannemelijk is dat de vroegheid samenhangt met de standdichtheid van het gewas.

obj. 0 en 1 vielen gemiddeld 2 planten per veldje weg, bij obj. 2 bedroeg dit aantal 10 en bij obj. 3 zelfs 50. Blijkbaar heeft de droogte, welke op laatstgenoemde objecten door het periodiek bereiken of overschrijden van de gestelde grenzen in totaal vrij hevig en langdurig is geweest, deze uitvallers het leven gekost.

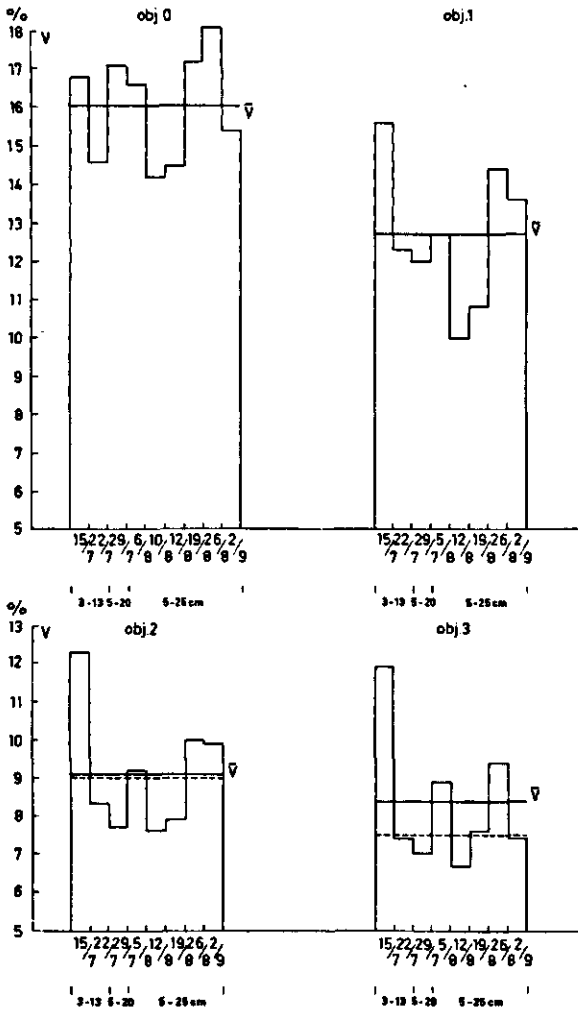


FIG. 80. Vochtgehaltebeeloop bij andijvie 1953, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ————— gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$

FIG. 80. Change in moisture content in endive (1953); averages per treatment; — — — — lower limit; ————— average moisture content  $\bar{V}$

De kg-opbrengst per veldje (fig. 81) is daardoor veel minder bij de obj. 2 en 3 dan wanneer alle planten, hoe klein deze per stuk ook gebleven waren, geoogst hadden kunnen worden.

Daarom is als tweede maatstaf voor de opbrengst gekozen het gemiddelde gewicht per geoogste plant (bovengronds). Hiermede wordt geen grote fout ge-

maakt, aangezien het verband tussen kg-opbrengst per veldje en aantal planten voor obj. 2 en 3 weinig van evenredigheid afwijkt. In fig. 82 is dit in verband gebracht met het gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$  (15 juli-2 september) in de bemonssterde laag. Er blijkt een optimum te bestaan dat door de hoge opbrengst van obj. 1 wordt bepaald. Het is overigens door de spreiding der „herhalingen” dubieus of er van een opbrengstverschil tussen obj. 0 en obj. 1 sprake is. Maar indien een optimumcurve ( $y = -10,3 x^2 + 276,8 x - 1388,3$  voor fig. 82) de juiste weergave van het verband is, betekent dit dat bij zeer hoge vochtgehalten, althans zeer grote neerslaghoeveelheden, een opbrengstverlaging optreedt.

Van monsters, elk groot 20 planten, zijn behalve de bovengrondse delen ook gewogen de uitgegraven, gespoelde en aan de lucht gedroogde wortels. Het aldus te berekenen *spruit/wortelquotiënt* is per veldje in tabel 13 vermeld. Hieruit blijkt dat de spreiding der herhalingen hoofdzakelijk een „blokeffect” is.

FIG. 81. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en de opbrengst bij andijvie 1953 in kg per veldje

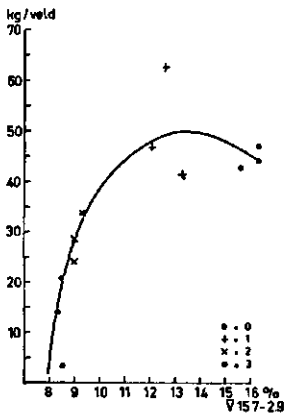


FIG. 81. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the yield in kg per plot of endive (1953)

FIG. 82. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en het gemiddeld vers gewicht per geoogste plant bij de oogst

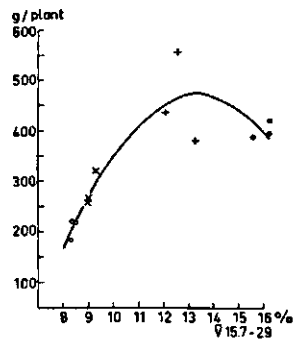


FIG. 82. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the average fresh weight per plant when harvested

Aan de absolute grootte dezer quotiënten mag geen betekenis worden toegekend, omdat een verse spruit met een luchtdroog wortelgestel is vergeleken, maar uit de getalverhoudingen blijkt dat ook hier de obj. 0 en 1 onderling weinig verschillen, maar ten opzichte van obj. 2 en 3 belangrijk groter zijn.

TABEL 13. Spruit/wortelquotient (spruit groen, wortel luchtdroog)

	0	Objecten <i>Treatments</i>			Gemiddeld <i>Average</i>
		1	2	3	
Par. a	94	92	83	29	74
repl. b	41	64	24	24	38
c	42	44	33	22	35
Gemiddeld <i>Average</i>	59	66	47	28	49

TABLE 13. *Sprout/root quotient endive (sprout green, root air-dry)*

## 3.3.2. SAVOYEKOOL 1953

## Teeltgegevens

4 juli	grond klaargemaakt, 10 × 7 planten gezet op 55 × 58 cm, var. Herfstgroene type Novum
6 augustus	obj. 0 overbemest met kas naar 375 kg/ha
7 september	CO <sub>2</sub> -gehalte in bodemlucht bepaald
13 oktober	1e oogst
29 oktober	2e oogst

## Objecten

- obj. 0 de natuurlijke neerslag zonodig aanvullen tot totaal 45 mm/week
  - obj. 1 als obj. 0, totaal 30 mm per week
  - obj. 2 bemonsterde laag aanvullen tot veldcapaciteit, zo spoedig mogelijk nadat vochtgehalte < 9,0 gew. % is geconstateerd
  - obj. 3 als bij 2 met grens < 7,5 gew. % vocht
- Alle objecten in drievoud.

## Uitvoering

Gerekend tot en met de 1e oogstdatum hebben de hoeveelheden neerslag gemiddeld per week bedragen: obj. 0: 44,4 mm; obj. 1: 33,4 mm; obj. 2: 14,5 mm en obj. 3: 13,3 mm. Doordat tussen 1e en 2e oogstdatum niet meer berekend werd en weinig regen viel, zijn deze gemiddelden tot de 2e datum resp. 39,2 mm, 29,5 mm, 12,8 mm en 11,8 mm. Voor het effect van deze behandeling op het vochtgehaltebeloop wordt naar fig. 83 verwezen en naar hetgeen hierover bij Andijvie 1953 is opgemerkt.

Bij obj. 2 en 3 werd de uitdrogingsgrens resp. 5 maal en 3 maal overschreden of nagenoeg bereikt. Daarbij dient opgemerkt te worden, dat ook tussentijds meermalen enige neerslag werd toegelaten, zodat genoemde aantallen geen zuiver beeld geven van de verdampingsintensiteit. Overigens werden op deze objecten — in tegenstelling tot obj. 0 en 1 — nooit vochtgehalten ter grootte van de veldcapaciteit gemeten; er mag daarom worden aangenomen dat, behalve wellicht in de eerste week, geen noemenswaardige zakwaterverliezen zijn opgetreden.

## Oogstresultaten

Er is rondom elk veldje een randrij aangehouden. Het aantal geoogste kolen per netto veldje liep vrij sterk uiteen.

Variantieanalyse van deze aantallen levert F-waarden voor herhalingen en voor de behandeling < 1. (zie ook fig. 84). Aangezien met toepassing van de co-vari-

FIG. 83. Vochtgehaltebeloop bij savoyekool 1953, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte (∇)

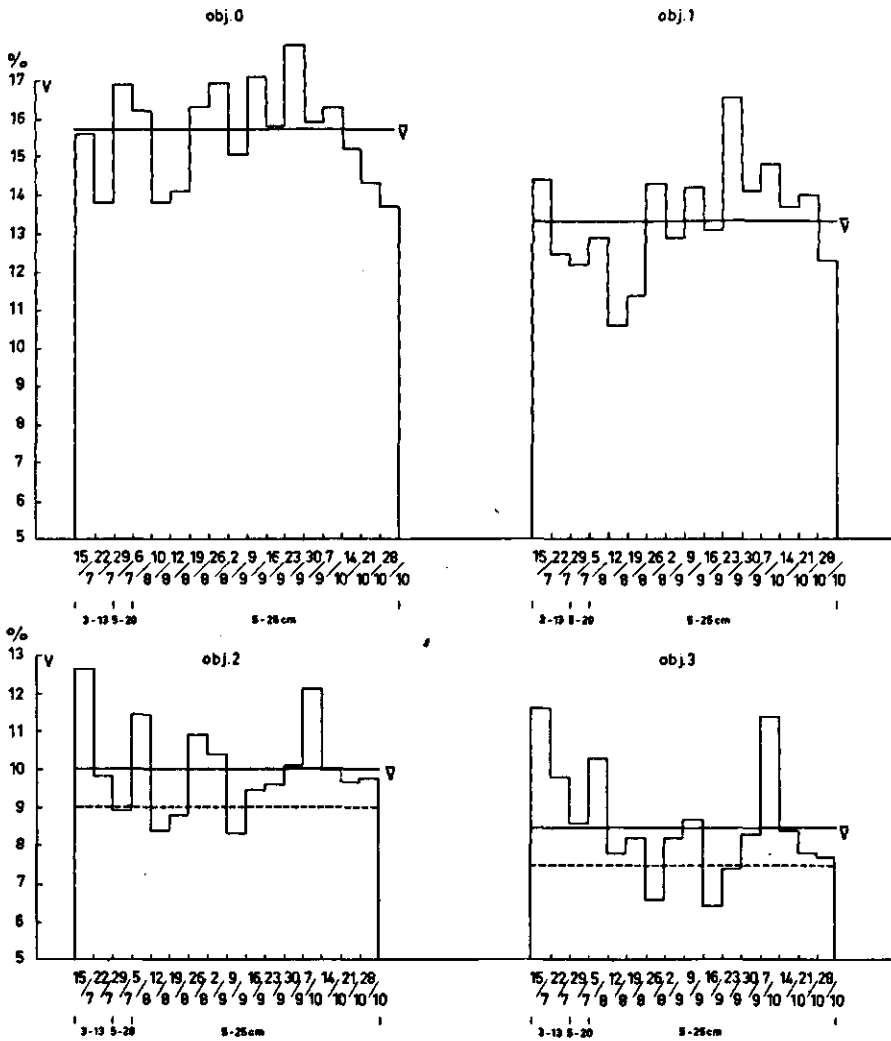


FIG. 83. Change in moisture content in savoy cabbage (1953), averages per treatment; — — — — lower limit; ———— average moisture content ∇

anstechniek bleek dat correctie van de *kg-opbrengst* per veldje in verband met het aantal geoogste kolen gewenst was, wordt in het volgende van de gecorrigeerde opbrengstcijfers uitgegaan. Desondanks blijven de verschillen tussen de parallellen t.o.v. de objectverschillen groot, behalve bij obj. 3, zodat de behandeling geen significante opbrengst-verschillen te zien geeft ( $F_{\text{ber}} = 2,23$ ;  $F_{\text{theor}} 5,41$  en  $12,06$ ) (fig. 85).

Alle gecorrigeerde opbrengsten liggen tussen 23,5 en 29,5 kg per veldje, zodat slechts geconcludeerd kan worden dat groene kool niet scherp op de toegepaste behandelingen reageert. Dit lijkt niet in strijd met de oogstresultaten van andere herfstgewassen die volgens hetzelfde schema werden behandeld.

De vroegheidscijfers ( $\frac{\text{het aantal kolen 1e oogst}}{\text{totaal aantal}}$ ) vertonen evenmin een duidelijk verband met het gemiddeld vochtgehalte, al geeft fig. 86 een aanwijzing dat de grote overmaat water bij obj. 0 de oogst vertraagt.

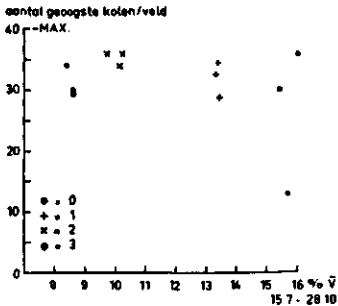


FIG. 84. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\Psi$ ) en het aantal geoogste kolen per veldje savoyekool (1953)

FIG. 84. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\Psi$ ) and the number of harvested cabbages per plot of savoy cabbage (1953)

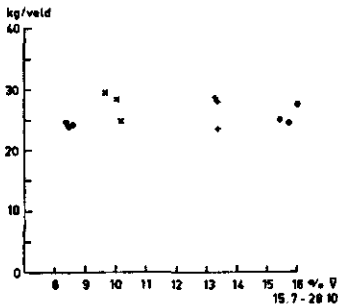


FIG. 85. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\Psi$ ) en de opbrengst savoyekool in kg per veldje

FIG. 85. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\Psi$ ) and the savoy cabbage yield in kg per plot

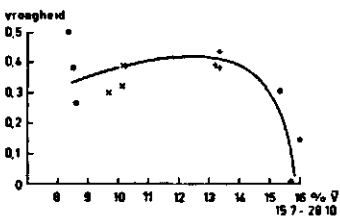


FIG. 86. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\Psi$ ) en de vroegheid van de oogst bij savoyekool

FIG. 86. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\Psi$ ) and the earliness of the crop in savoy cabbage

### 3.3.3. SLA 1953

#### Teeltgegevens

1 juni gezaaid  
3 juli grond gereed gemaakt, behandeld tegen ritnaalden; sla geplant, var. Wonder van Voorburg, 25 × 25 cm, bruto 308 planten per veldje



8/9 juli      planten vervangen  
 13 aug.      1e oogst van alle objecten  
 18, 19, 20 aug.      overige oogstdata

### Objecten

obj. 0 natuurlijke neerslag zonodig aanvullen tot 45 mm/week  
 obj. 1 als obj. 0 doch met totaal 30 mm per week  
 obj. 2 bemonsterde laag aanvullen tot veldcapaciteit, zodra  
 vochtgehalte < 9,0 gew. %  
 obj. 3 als obj. 2, met uitdrogingsgrens 7,5 gew. % vocht  
 Alle objecten in drievoud

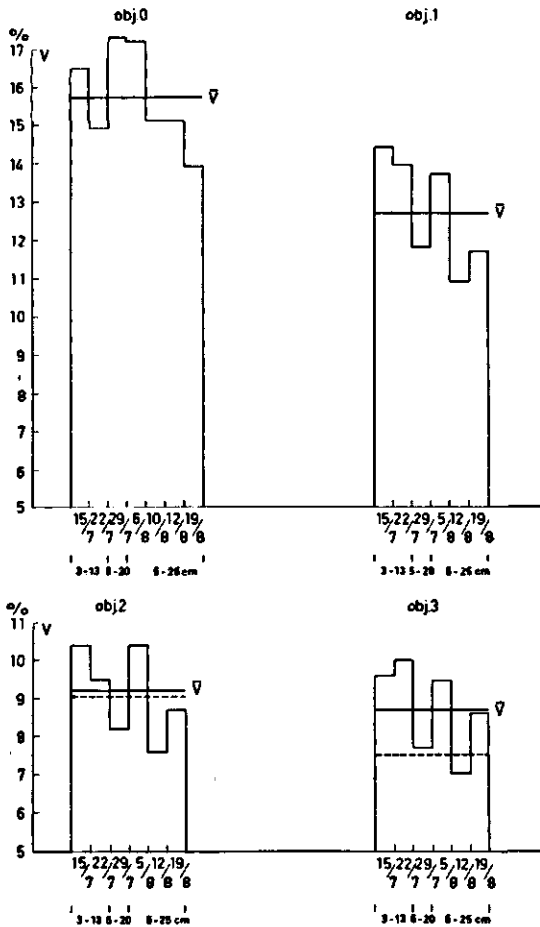


FIG. 87. Vochtgehaltebehoop bij sla 1953, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte ▽

FIG. 87. Change in moisture content in lettuce (1953), averages per treatment; — — — — lower limit; ———— average moisture content ▽

### Uitvoering

De obj. 0 en 1 kregen tussen planten en laatste oogst gemiddeld 46 resp. 31 mm water per week, hetgeen heeft geleid tot een gemiddeld vochtgehalte in de bemonsterde laag (van 3—13 cm tot 5—25 cm) van 15,7 % resp. 12,7 %. Het staat

vast dat voor het bereiken van deze gemiddelden met kleinere hoeveelheden neerslag dan de genoemde volstaan kan worden.

Een deel van de 300 resp. 203 mm water, natuurlijk en kunstmatig aan de objecten verstrekt, is naar de ondergrond weggezakt.

Bij obj. 2 en 3 werden de uitdrogingsgrenzen volgens de waarnemingen 2 resp. 1 keer overschreden, waarna aanvulling plaats vond. Deze objecten werden tot 22 juli gelijk behandeld: aanvankelijk beide natgehouden om de planten te doen aanslaan, daarna beide geheel droog gehouden. Door de korte groeitijd zijn de behandelingsverschillen tussen obj. 2 en 3 met gemiddelde vochtgehalten 9,2 % resp. 8,7 % en totaal 105 resp. 95 mm neerslag uiteindelijk klein.

Het gemiddeld vochtgehaltebehoefte is in fig. 87 weergegeven.

### Oogstresultaten

Rekening houdend met randrijen is de opbrengst van een oppervlakte welke in het plantverband door (max.) 144 planten zou zijn ingenomen per veldje als maatstaf beschouwd. Er is in vier kwaliteiten gesorteerd: I, II, III en schieters. De teelt is niet voorspoedig gegaan. Grote aantallen planten moesten worden ingeboet, het meest bij obj. 0 en 1, zoals uit fig. 88 blijkt. Dit heeft grote invloed gehad op het uiteindelijke oogstresultaat, aangezien er een duidelijk verband blijkt te zijn tussen het aantal (per bruto veld) vervangen planten en de kg-opbrengst Ie + IIe soort (fig. 89). Hiermede moet dan ook het grootste deel van de variantie in de waarnemingen binnen een obj. worden verklaard. Dit in aanmerking genomen is het beeld dat de verschillende figuren tonen van het verband tussen een oogstwaarneming en het gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$  van de grond minder teleurstellend dan het op het eerste gezicht lijkt. Het wordt verantwoord geacht, bij de bewerking aan de waarnemingen die betrekking hebben op veldjes waarop meer dan 90 planten ingeboet werden slechts een gering absoluut gewicht toe te kennen. Deze waarnemingspunten zijn gemerkt. Fig. 89 geeft trouwens in de verticale afstanden tussen de evenwijdig lopende lijnen een zuiverder beeld van de objectverschillen.

De kg-opbrengst (Ie + IIe soort) per veldje (fig. 90, waarbij is uitgegaan van de objectverschillen in fig. 89) beantwoordt duidelijk aan  $\bar{V}$  met een kromme,  $y = -1,49 x^2 + 39,42 x - 226,79$ , die de top heeft bij 13,2 % vocht. Eenzelfde soort samenhang als in fig. 90 wordt gevonden ten aanzien van de sortering (fig. 91), die berekend is door aan het aantal kroppen in de kwaliteitsklassen I, II, III en schieters een gewicht resp. 3, 2, 1 en 0 toe te kennen.

Ook de vroegheid van oogst blijkt op een dergelijke wijze te reageren op het gemiddeld vochtgehalte (fig. 92). De vroegheid is berekend door aan de aantallen kroppen op de opeenvolgende oogstdata afnemende gewichten toe te kennen.

Aan de vroegheid behoeft overigens bij deze teelt geen bijzondere betekenis te worden toegekend. Er is een zomerteelt toegepast. De vroegheid is daarbij in het algemeen gesproken onbelangrijk. De aanvoerspreiding wordt niet — zoals bij aardbeien of andere hoofdzakelijk opengronds uitgevoerde teelten in het voorjaar — door het klimaat en de grond, de waterhuishouding en de vakbekwaamheid van de tuinder bepaald, maar door het moment van planten. Er kan — mits het geschikte slaras wordt gebruikt — het hele voorjaar en de hele zomer geplant

FIG. 88. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het aantal vervangen („ingeboete”) planten per veldje sla

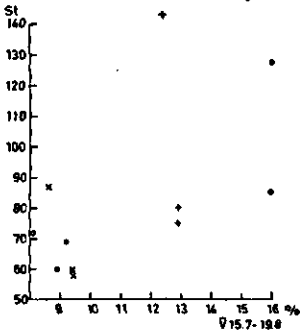


FIG. 88. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the number of substituted plants per plot of lettuce

FIG. 90. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de kg-opbrengst per veldje sla. Onderstreepte symbolen zijn de uit fig. 89 afgeleide objectwaarden voor  $St = 68$  gemiddelden; omcirkelde symbolen hebben betrekking op veldjes met meer dan 90 vervangen planten.

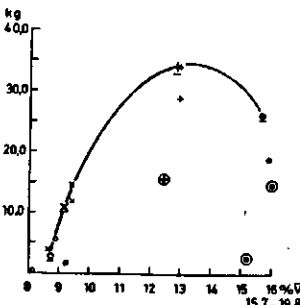


FIG. 90. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the yield per kg per trial field of lettuce. The underlined symbols are the average object values for  $St = 68$  derived from fig. 89; encircled symbols relate to plots with more than 90 substituted plants

FIG. 89. Verband per object tussen het aantal vervangen planten en de kg-opbrengst per veldje sla; verticaal verbonden de uit deze verbanden afgeleide opbrengsten per object bij ca. 68 vervangen planten

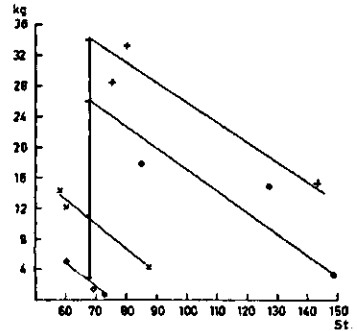


FIG. 89. Relation per object between the number of substituted plants and the yield in kg per plot of lettuce; vertically connected are the yield per treatment derived from these correlations with about 68 substituted plants

FIG. 91. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en het kwaliteitssorteringgetal bij sla; zie voor omcirkeling fig. 90

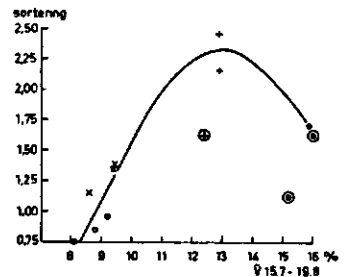


FIG. 91. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the quality valuation of lettuce; see encircling fig. 90

worden. Groeibeheersing is dan slechts in zoverre van belang, dat geprofiteerd moet kunnen worden van perioden of dagen met sterke vraag (hetgeen bij een achterblijven van het aanbod hoge prijzen betekent), zoals vóór feestdagen of tijdens een hittegolf. De beïnvloeding van het oogstrijp worden van de sla door middel van waterbeheersing is dan aantrekkelijk, maar het waarderen in geld van deze prestatie is vrijwel ondoenlijk, omdat het moeilijk is gewichtsverlies en tijdwinst tegen elkaar af te wegen.

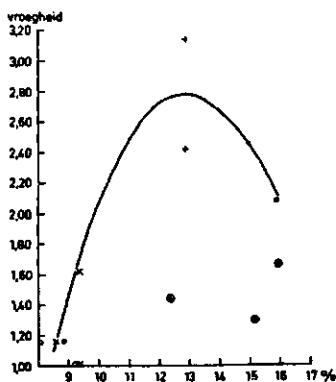


FIG. 92. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (∇) en het vroegheidsgetal bij sla, zie voor omcirkeling fig. 90

FIG. 92. Relation between the average moisture content in the root zone (∇) and the earliness of lettuce, see encircling fig. 90

De oogstresultaten samenvattend, blijkt een ruime, doch niet overdadige vochtvoorziening van sla nodig te zijn voor een vroege oogst van een maximum aantal zware, 1e kwaliteit kroppen. Het vochtgehalte in de wortelzone zal gedurende de groeiperiode gemiddeld 12 à 13 gew. % moeten bedragen; het laagste vochtgehalte dat daarbij is waargenomen = 11 %.

### 3.3.4. STAMSLABONEN 1953

#### Teeltgegevens

- 15 juli gezaaid, var. „Furore zonder draad”, 4 zaden per plantplaats; 12 × 7 plaatsen (47,5 × 55 cm)  
gemest met 500 kg kas/ha
- 21 juli eerste kiemen zichtbaar
- 27 juli opkomst matig, aantasting door insecten
- 6 aug. overbemesting van obj. 0 met 250 kg kas/ha
- 24 aug. eerste bloei op obj. 3 en 2
- 26/27 aug. ook bloei op obj. 0 en 1
- 31 aug. standwaardering: afwijkende stand bij obj. 0 en 1 op die veldhelften, waarvan de voorvrucht vroege aardappelen het laatste (10 juli) geroid werd; overigens goed
- 17 sept. 1e pluk van alle velden
- 29 sept. 2e en laatste pluk

#### Objecten

- obj. 0 de natuurlijke neerslag zonodig aanvullen tot totaal 45 mm per week

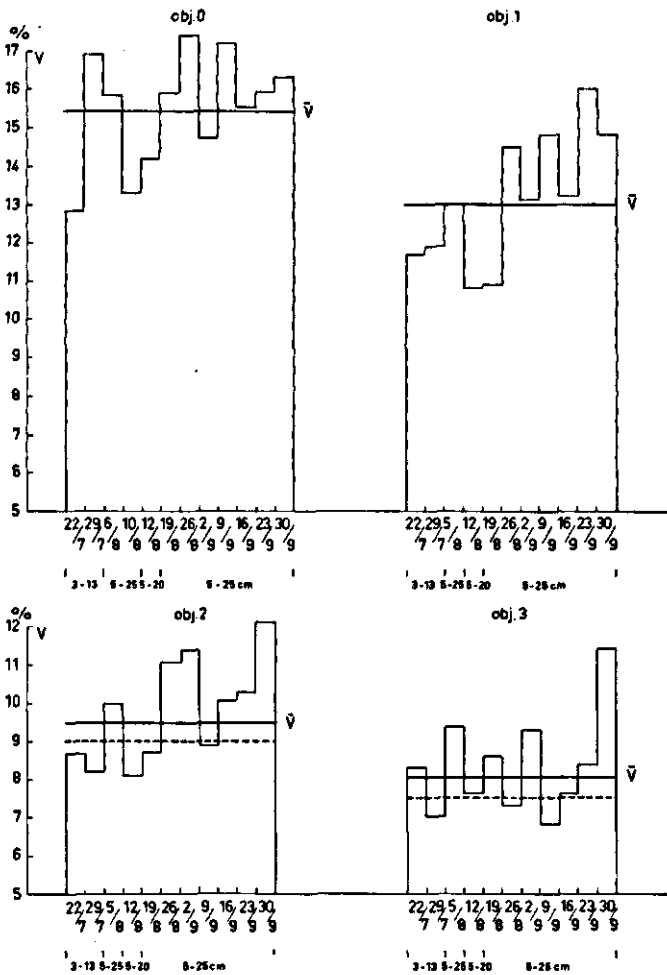


FIG. 93. Vochtgehalte-  
beloop bij stamslabonen,  
1953, gemiddelden per  
object; — — — uit-  
drogingsgrens; ——— ge-  
middeld vochtgehalte  $\bar{V}$

FIG. 93. Change in  
moisture content in dwarf  
french beans (1953),  
averages per treatment;  
— — — lower limit;  
——— average moisture  
content  $\bar{V}$

- obj. 1 als obj. 0, doch met totaal 30 mm per week  
obj. 2 de bemonsterde laag tot veldcapaciteit aanvullen zodra  
vochtgehalte  $< 9,0$  gew. %  
obj. 3 als obj. 2 met uitdrogingsgrens 7,5 gew. % vocht  
Alle obj. in drievoud

### Uitvoering

De veldjes van obj. 0 en 1 ontvingen gemiddeld 47 en 32 mm water per week, hetgeen met een gemiddeld vochtgehalte ad 15,4 % en 13,0 % gepaard ging. Een drietal malen werd minder dan de voorgeschreven hoeveelheid neerslag gegeven (toegelaten), doch een belangrijke invloed op het vochtgehalte in de bemonsterde laag (aanvankelijk 3—13 cm, later 5—25 cm) is als gevolg hiervan niet geconstateerd.

Obj. 2 en 3 verschillen weinig in totale neerslaghoeveelheden: 139,4 en 123,8

mm tussen datum van zaaien en die van oogst (gerekend tot 23 september zijn deze hoeveelheden 139,4 resp. 101,8); het gemiddeld vochtgehalte was 9,5 resp. 8,0 %. De uitdrogingsgrenzen werden 5 resp. 4 maal overschreden of nagenoeg bereikt. Het vochtgehaltebeloop per object is in fig. 93 weergegeven.

### Oogstresultaten

Onder aftrek van een randrij aan weerszijden en een rand ter breedte van 55 cm aan de beide andere kanten, werden 10 rijen (13,2 m<sup>2</sup>) tot een netto veldje gerekend. De opbrengsten — per rijen-paar bepaald — blijken samen te hangen met de standwaarnemingen op 31 augustus, toen een verband met de oogstdata der vroege aardappelen werd geconstateerd.

De slechte stand is veroorzaakt door de bonenvlieg. Dit is misschien de verklaring voor het verband tussen deze stand en de oogstdatum van de voorvrucht aardappelen. De ei-afzetting door de bonenvlieg kan hebben plaats gehad tussen de twee oogstdata met een voorkeur voor de begroeide veldhelften.

De mogelijkheid dat de ontledingsprodukten van de achtergebleven aardappelwortels toxisch hebben gewerkt op het bonengewas en wel sterker naarmate de braakperiode korter was, is niet in overeenstemming met de ervaring dat aardappelen een goede voorvrucht voor bonen vormen. Onbekend, maar niet uitgesloten, is dat bedoelde stoffen gunstig zijn geweest voor de ontwikkeling van de bonenvlieg.

Daarom is de opbrengst van 6 rijen, waarvan er vijf liggen op de veldheft die correspondeert met de 1e aardappelrooidatum (29 juni) als maatstaf voor de behandeling genomen. Teneinde bovendien de invloed van enkele weggevallen

FIG. 94. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de opbrengst van stamslabonen in g per plantenpol

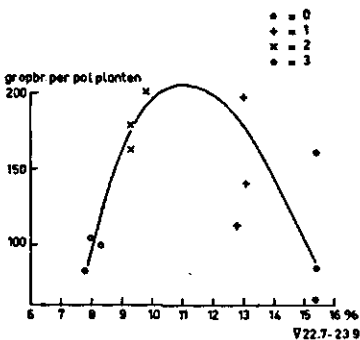


FIG. 94. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the yield of dwarf french beans in gm per tuft of plants

FIG. 95. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de vroegheid van de oogst bij stamslabonen (1953)

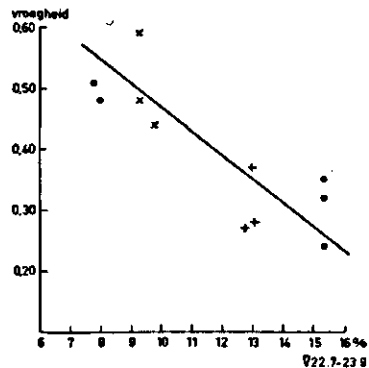


FIG. 95. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the earliness of the harvest of dwarf french beans (1953)

planten te corrigeren, werd van deze „halve” veldjes de *opbrengst per plant* (een „pol” van max. 4 individuen) berekend. Deze grootheid is in fig. 94 tegen het gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$  uitgezet. Er is een belangrijke spreiding in de waarnemingen binnen de obj. 0 en 1, waarvoor niet direct een oorzaak is aan te wijzen. Wel valt op dat — indien er uit deze figuur een conclusie getrokken mag worden — het verband een vrij scherp bepaald optimum heeft (bij ca. 11 % vocht).

Vooruitlopend op hoofdstuk 4 kan worden gewezen op het grote verschil in opbrengst tussen obj. 2 en obj. 3. Dit moet wellicht worden toegeschreven aan de omstandigheid dat gedurende de bloei obj. 2 relatief een hoger vochtgehalte had dan obj. 3 (waarneming op 26 augustus fig. 93). Het is bekend dat in de bloeiperiode stamslabonen gevoelig zijn voor droogte.

Bij de waarnemingen wordt de spreiding per object groter naarmate  $\bar{V}$  hoger ligt.

De *vroegheid* van de oogst, uitgedrukt als de verhouding tussen de opbrengst op de eerste plukdatum en de totale opbrengst, met gebruikmaking van de opbrengstgegevens over het gehele netto veld, blijkt negatief gecorreleerd te zijn met  $\bar{V}$  (fig. 95).

### 3.3.5. AARDBEIEN 1954

#### Teeltgegevens

23 augustus 1953	bemesting met stalmest naar 50 ton/ha
24/26 augustus	veldjes gespit; bemesting met 330 g kas en 580 g pk/veldje (resp. 165 en 290 kg/ha)
27 augustus	geplant Madame Moutôt 47 × 35 cm, 12 × 11 = 132 planten per veldje
31 augustus	planten aangeslagen
9 maart 1954	vanaf 1 september 1953 tot 21 april 1954 als normale produktievelden behandeld
24 maart	aardbeien bemest met 100 kg varkensmest per veldje (50 ton/ha)
1 mei	bemesting 1½ kg NPK 12—10—20 per veldje (750 kg/ha)
11 juni	eerste bloei (obj. 3 veld 52)
14, 16, 18, 21, 25, 28 juni	eerste oogst
2, 6, 12, 19 juli	overige plukdata
2 juli	overige plukdata
21 juni	monsterneming voor droge stof
	object 0 nog steeds in bloei

#### Objecten

- obj. 0 de natuurlijke neerslag aanvullen tot totaal 30 mm/week
  - obj. 1 uitdrogingsgrens 10,0 gew. % vocht in bemonsterde laag
  - obj. 2 uitdrogingsgrens 8,3 gew. % vocht in bemonsterde laag
  - obj. 3 uitdrogingsgrens 6,7 gew. % vocht in bemonsterde laag
- Alle objecten in drievoud

Met de behandeling werd begin april een aanvang gemaakt. Deze wijkt enigszins af van het patroon dat bij de proeven van de paragrafen 3.3.1 t/m 3.3.4 gold, omdat de behoefte aan een hoog vochtniveau bij de voorjaarsteelten reeds was gebleken. Dit werd nagestreefd met een ruime watergift per week (obj. 0), zonder uitdrogingsgrens.

### Uitvoering

Bij obj. 0 moest in een deel van de proefperiode van de opzet afgeweken

FIG. 96. Vochtgehaltebeloop bij aardbeien 1954, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte  $\nabla$

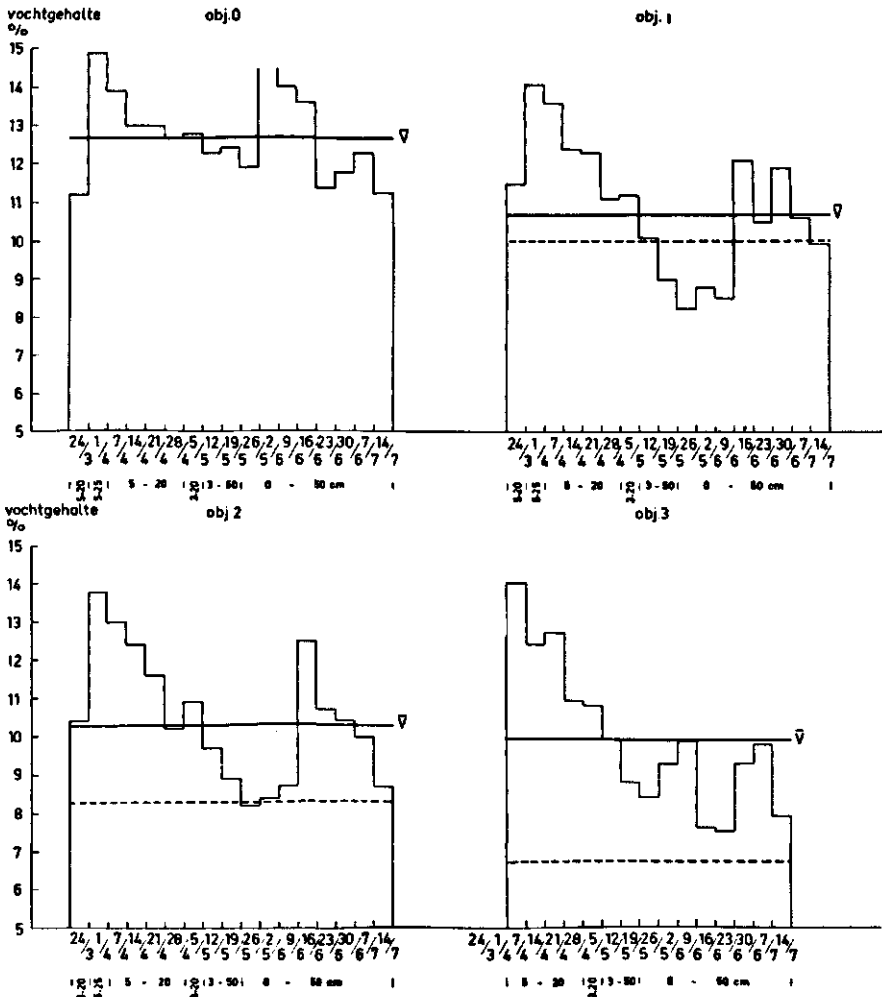


FIG. 96. Change in soil moisture content in strawberries (1954), averages per treatment; — — — — lower limit; ———— average moisture content  $\nabla$



worden. De neerslag tussen 1 april en 14 juli 1954 bedroeg totaal 315 mm, d.i. gemiddeld 21 mm per week. Hiermede is een bevredigend hoog vochtgehalte-niveau in de grond gehandhaafd: in de laag 5—25 cm gemiddeld 13,3 % tussen 1 april en 1 juli, in de laag 25—50 cm tussen 26 mei en 14 juli gemiddeld 11,7 %, zodat nochtans het gestelde behandelingsdoel bereikt werd (fig. 96).

Bij de obj. 1, 2 en 3 werden de gestelde uitdrogingsgrenzen 5 resp. 2 en 0 keer bereikt. Daarna vond steeds een aanvulling plaats, zij het enkele malen later dan gewenst was, behalve een keer niet bij obj. 1. Gedurende de laatste 4 weken had ten onrechte ook watertoediening plaats zonder dat de uitdrogingsgrens bereikt was om het vochniveau op peil te houden. Het waargenomen vochtgehalte onderging daardoor in die periode kleinere veranderingen dan daarvoor het geval was.

### Oogstresultaten

Van een bruto-veldje à 132 planten werd de opbrengst van 70 planten binnen een rand van 1 rij aan weerszijden en 2 plantenrijen aan de beide andere zijden als maatstaf aangenomen. Op alle veldjes waren enkele planten weggevallen; tussen deze aantallen en de behandeling is geen verband. Als correctie is de opbrengst per veldje uitgedrukt als  $70 \times$  de waargenomen gemiddelde opbrengst per plant. Dit komt dus op hetzelfde neer als de gemiddelde opbrengst per plant, zonder rekening te houden met een eventueel standruimte-effect op de opbrengst. In fig. 97 is het verband tussen de *kg-opbrengst* (steeds als verse vrucht met dop) en het gemiddeld vochtgehalte in de zichtbaar doorwortelde laag (maximaal 50 cm) tussen 7 april en 14 juli weergegeven.<sup>1</sup>

Het gemiddeld *aantal vruchten* per plant, inclusief de nimmer rijp geworden exemplaren, is in fig. 98 tegen het gemiddeld vochtgehalte afgezet. Er kan hier bezwaarlijk van enig verband gesproken worden, zeker niet wanneer betekenis aan het gegeven van veld no. 6 wordt toegekend.<sup>1</sup>

Anders is dit voor het aantal *niet-rijpgeworden* vruchten (fig. 99). Er is een zwakke aanwijzing dat met afnemende „uitdroging” een minder sterk afnemend aantal onvolgroeide vruchten gepaard gaat.

In fig. 100 is het aantal geogste, dus rijpgeworden, vruchten op de ordinaat gezet. Zij vormen derhalve het verschil tussen fig. 98 en fig. 99. Het kromlijng verband wijst op een maximum aantal oogstbare vruchten bij een hoog vochtgehalte van de grond en een sterke afneming bij toenemende uitdroging.

De conclusie zou kunnen zijn, dat de vruchtgroei meer droogtegevoelig is dan de vruchtzetting. Er moet evenwel worden geconstateerd dat in de periode voorafgaande aan de vruchtzetting en tijdens de vruchtzetting de vochtverschillen tussen de objecten 1, 2 en 3 gering waren.

De *vroegheid* van de oogst, berekend als gewogen gemiddelde uit de oorspronkelijke, niet gecorrigeerde oogstwaarnemingen<sup>2</sup>, vertoont verder nauwelijks syste-

<sup>1</sup> Bij de berekeningen is de waarneming van veld no. 6 — mede gezien de ervaring met wortelen 1953 — buiten beschouwing gebleven.

<sup>2</sup> vroegheid = som [opbrengst per oogstdag  $\times$  aantal dagen vóór 19 juli]

FIG. 97. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de aardbeioopbrengst in kg per veld, gecorrigeerd op 70 planten (veldje no. 6 buiten beschouwing gelaten)

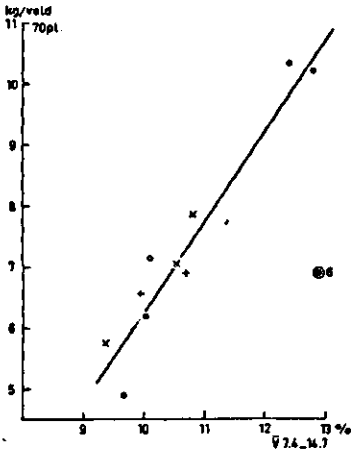


FIG. 97. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the strawberry yield in kg per plot corrected in 70 places (excl. field no. 6, see also Fig. 64)

FIG. 99. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone  $\nabla$  en het aantal niet volgroeide aardbeivruchten per veldje

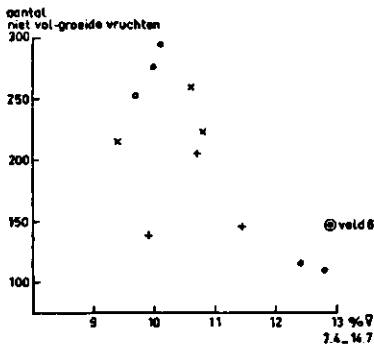


FIG. 99. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the number of immature strawberries per plot

FIG. 98. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone  $\nabla$  en het totaal aantal waargenomen aardbeivruchten per veldje (70 pl.)

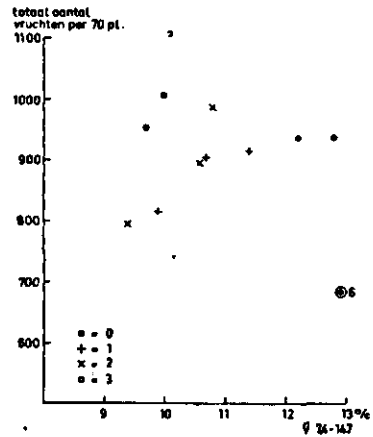


FIG. 98. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the total number of strawberries observed per plot (70 pl.)

FIG. 100. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone  $\nabla$  en het aantal geoogste aardbeivruchten per veldje (excl. veldje 6)

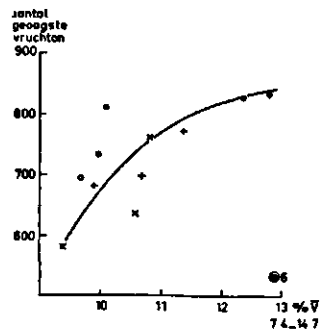


FIG. 100. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the number of harvested strawberries per plot (excl. plot no. 6)

matische samenhang met de (totale) opbrengst per plant (fig. 101). Een duidelijker verband is er tussen de vroegheid en het gemiddeld vochtgehalte (fig. 102); hier blijkt ook, dat de vroegheid van veld 6 niet afwijkend is, zodat niet het opbrengstbeeld, noch het vochtgehalte, maar het opbrengstniveau abnormaal is. Overigens wordt de vroegheid blijkbaar bevorderd door droogte, in tegenstelling tot de ervaring met andere gewassen (sla).

FIG. 101. Verband tussen de aardbeiofbrengst per plant en de vroegheid van de oogst

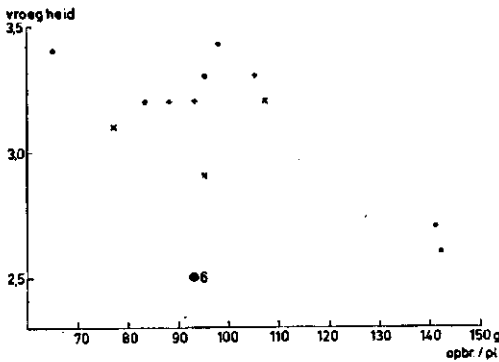


FIG. 101. Relation between the strawberry yield per plant and the earliness of the crop

FIG. 102. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en de vroegheid van de aardbeioogst in 1954

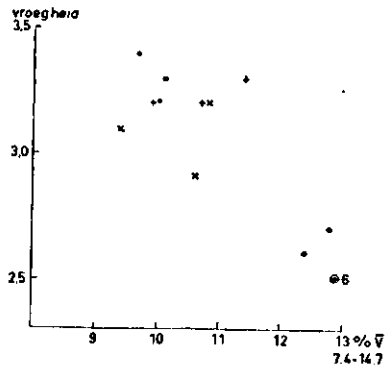


FIG. 102. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the earliness of the strawberry crop in 1954

### 3.4. EEN PROEF IN 1954 MET VOCHT- EN STIKSTOFTRAPPEN

#### AARDAPPELEN 1954

##### Teeltgegevens

- 9 maart varkensmest uniform naar 50 ton/ha; 12/15 maart gespit  
 7/8 april bemesting alle objecten: 1 kg pk/veldje (500 kg/ha)  
 1 kg superfosfaat/veldje (500 kg/ha)  
 obj. N 50 : 170 gram kas/veldje (85 kg/ha)  
           N 100: 340                                   (170 kg/ha)  
           N 150: 500                                   (250 kg/ha)  
           N 200: 670                                   (335 kg/ha)
- 13 april voorgedkiemde aardappelen, var. Eersteling, gelegd;  
 8 × 10 stuks, 55 × 47 cm
- 18 mei op rij zichtbaar
- 31 mei bemesting met kas (2e maal), geheel als op 7/8 april
- 11 juni eerste bloei

19 juni        gespoten met koperoxychloride tegen *Phytophthora infestans*  
 22 juni        bemesting met kas (3e maal), geheel als op 7/8 april  
 8 juli         oogst van gehele proef

### Objecten

drie vochttrappen, gericht op resp. 17, 26 en 35 mm (hierna aangeduid met "17", "26" en "35") water per week, vanaf het moment dat gewas goed boven staat  
 vier stikstoftrappen, resp. naar 50, 100, 150 en 200 kg N/ha, verdeeld over drie gelijke giften  
 de 12 combinaties in tweevoud; de objecten 17/50 en 35/200 liggen in drievoud

### Uitvoering

Vanaf 15 mei is er verschil in behandeling (3 vochttrappen) gemaakt. Tot de eerste normale grondbemonstering op 19 mei werd resp. 7 mm, 16 mm en 25 mm extra gegeven boven de regen. Zie verder tabel 14.

TABEL 14. Hoeveelheden water (mm) en vochtgehalten (%) gedurende de groeiperiode van aardappelen 1954

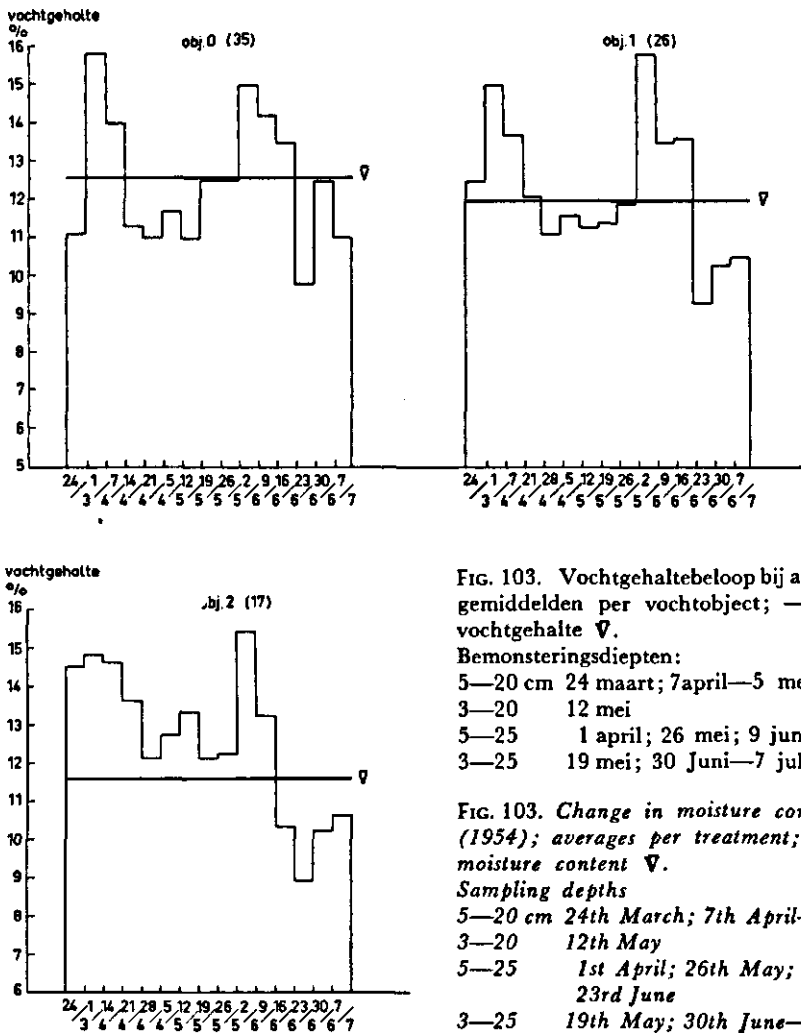
Datum/periode <i>Date/period</i>	Objecten <i>Treatments</i>					
	"17"		"26"		"35"	
	mm	%	mm	%	mm	%
15 april—19 mei <i>15th April—19th May</i>	36,9	11,1	45,9	11,4	54,9	12,5
20 mei—26 mei <i>20th May—26th May</i>	16,6	11,2	25,6	11,9	34,9	12,5
27 mei—2 juni <i>27th May—2nd June</i>	38,4	14,4	42,9	15,7	42,9	15,0
3 juni—9 juni <i>3rd June—9th June</i>	10,9	12,2	17,5	13,5	29,4	14,2
10 juni—16 juni <i>10th June—16th June</i>	—,—	9,3	61,4	13,6	61,4	13,5
17 juni—23 juni <i>17th June—23rd June</i>	8,3	7,9	3,3	9,3	3,3	9,8
24 juni—30 juni <i>24th June—30th June</i>	25,8	9,2	13,9	10,3	27,3	12,5
1 juli—7 juli <i>1st July—7th July</i>	—,—	9,6	13,8	10,5	13,8	11,0
Totaal vanaf 15 april <i>Total as from 15th April</i>	136,9		224,3		267,9	
Gemiddelde neerslag + watergift per week 19 mei—7 juli <i>Average precipitation as rain + irrigation per week 19th May—7th July</i>	14,3	10,6	25,5	12,0	30,4	12,6

TABEL 14. Quantities of water (mm) and moisture contents (%) during the growing period of potatoes (1954)

Uit deze tabel kan geconcludeerd worden dat het doel — gesteld in het proefplan — niet bereikt werd. Niet alleen de gemiddelde neerslag per week, resp. 14,3 mm, 25,5 mm en 30,4 mm, wijkt af van de opzet, maar ook de verdeling over de 7 betrokken weken is onregelmatig. De gemiddelde vochtgehalten van de objecten "26" en "35" verschillen onderling weinig; ook het vochtgehaltheniveau van obj. "17" onderscheidt zich betrekkelijk weinig van dat der beide andere objecten (fig. 103).

### Oogstresultaten

De opbrengst binnen een volledige randrij rondom wordt als maatstaf aangenomen. Dat betreft dus 48 planten per veldje (bij een rand van 80—48 = 32 planten) van 12,5 m<sup>2</sup>. De samenhang met het gemiddeld vochtgehalte (19 mei—



7 juli) is in fig. 104 weergegeven. Opmerkelijk is dat alle waarnemingen van vochttrap "35" met 200 N<sup>1</sup> met ook onderling grote varianties buiten het verband liggen van de overige waarnemingen.

Een variantie-analyse van de knol-opbrengstcijfers leert dat het vochteffect zeer significant is, het stikstofeffect significant en de interactie tussen deze beide hoofdeffecten niet significant.

Het stikstofeffect blijkt uit fig. 105. De vochttrappen "17" en "26" vinden een optimum bij 100 à 115 kg N per ha. Merkwaardigerwijze gaat bij vochttrap "35" de hoogste opbrengst samen met de laagste N-trap, terwijl toch aangenomen mag worden, dat bij die vochttrap grotere uitspoeling van kunstmest is opgetreden dan bij de beide andere.

Het aantal knollen dat per 48 planten is geteld blijkt geen duidelijke samenhang met het gemiddeld vochtgehalte te hebben. Dit moet o.m. verklaard worden uit de subjectieve invloed van het niet exact vastgestelde groottecriterium, zoals ook bij Aardappelen 1953 is opgemerkt. Om dezelfde reden kan van de N-trap-

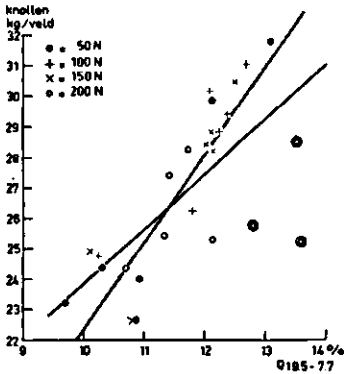


FIG. 104. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone en de knolopbrengst in kg per veld bij aardappelen 1954; regressielijnen met en zonder omcirkelde waarnemingen

FIG. 104. Relation between the average moisture content in the root zone and the tuber yield in kg per plot of potatoes (1954); regression curves with and without encircled observations

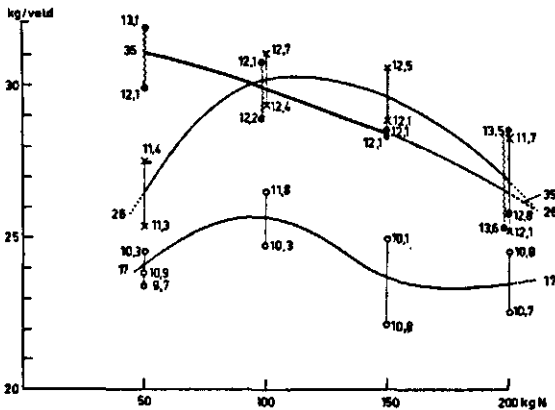


FIG. 105. Verband tussen de hoeveelheid stikstof (kg N per ha) en de opbrengst in kg per veldje bij aardappelen (1954), aangegeven per vochttrap

FIG. 105. Relation between the quantity of nitrogen (kg N per ha) and the yield in kg per plot of potatoes (1954), stated per moisture regime

<sup>1</sup> Gemerkte punten.

pen-invloed op het aantal knollen slechts worden opgemerkt, dat het aantal knollen niet betrouwbaar wordt beïnvloed door de stikstofhoeveelheden en dat er een zwakke aanwijzing is dat een vermindering van aantal bij 200 kg N per ha optreedt:

N	50	100	150	200
aantal knollen per veldje	824	802	806	719
obj.	"17"	"26"	"35"	
aantal knollen	763	777	818	

Ten aanzien van de *sortering* uitgedrukt in een getal door aan de kg-opbrengsten in de maten  $> 45$  mm, 35—45 mm en  $< 35$  mm gewichten toe te kennen, resp. 2, 1 en 0, is evenmin van betrouwbare hoofdeffecten te spreken:

N	50	100	150	200
sortering	1,51	1,58	1,55	1,61
obj.	"17"	"26"	"35"	
sortering	1.53	1.61	1.55	

Wel echter van een betrouwbare interactie vocht  $\times$  stikstof.

De *loofproduktie* (in kg van 6 rijen) blijkt ingevolge de variantie-analyse wel betrouwbaar afhankelijk van de N-bemesting, doch niet door de vochttrappen te worden beïnvloed. Dit wordt geïllustreerd door fig. 106 en 107.

Soortgelijke resultaten verkregen SINGLETON et al. (1950) met mais (zie fig. 108) bij 4 N-trappen en 2 vochttrappen (uitdrogingsgrenzen 0,8 atm en 4,1 atm), die

FIG. 106. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de loofopbrengst in kg per veldje aardappelen (1954)

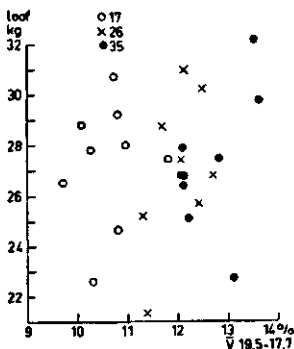


FIG. 106. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the foliage yield in kg per plot of potatoes (1954)

FIG. 107. Verband tussen de hoeveelheid stikstof (kg N per ha) en de loofopbrengst in kg per veldje, aangegeven per vochttrap

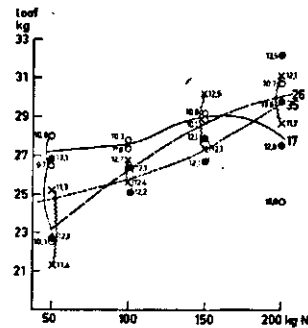


FIG. 107. Relation between the quantity of nitrogen (kg N per ha) and the foliage yield in kg per plot, stated per moisture regime

FIG. 108. De opbrengst van maïs bij 4 stikstoftrappen (pounds per acre) en twee vochttrappen (uitdrogingsgrens 0,8 resp. 4,1 atm) (naar SINGLETON, 1950)

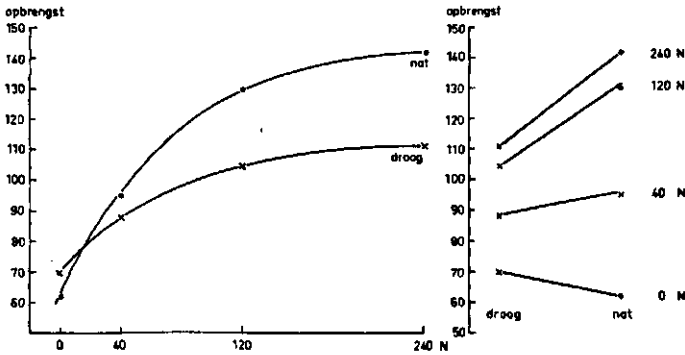


FIG. 108. The yield of maize in 4 nitrogen levels (pounds per acre) and two moisture regimes (lower moisture limit 0,8 (nat) and 4,1 atm (droog) (according to SINGLETON, 1950)

enigszins vergelijkbaar zijn met de onderhavige objecten met uitzondering van de vochttrap 35. Het verschil tussen „nat” en „droog” neemt met de N-bemesting toe, is bij de laagste N-trap zelfs negatief, maar deze toeneming is niet evenredig met de N-bemesting. Bij de maïs wordt het optimum voor beide vochttrappen bij ongeveer dezelfde N-trap bereikt; bij het aardappelloof mag deze conclusie wegens de grote toevalsspreiding niet getrokken worden.

De variantie-analyse van de *droge-stofgehalten*, bepaald in monsters *knollen*, geeft geen vochttrappeneffect, wel een significant stikstofeffect, zodanig dat met toename van de N-bemesting verlaging van het droge-stofgehalte optreedt; bij *loof* is van geen enkel hoofdeffect of interactie sprake.

### 3.5. PROEVEN IN 1954 MET LANGZAME UITDROGING VAN DE GROND

#### 3.5.1. ANDIJVIE 1954

##### Teeltgegevens

17 mei andijvie var. no. 5 op zaaibed gezaaid  
 26 juli 216 planten uitgeplant per veldje 30 × 30 cm na bemesting met 275 kg kas/ha  
 31 juli gespoten met HCH  
 12 aug. weggevallen planten ingeboet  
 23 sept. oogst; per 2 rijen de planten geteld en gewogen

##### Objecten

Teneinde een langzame uitdroging van de grond te bewerkstelligen werd een frequente beregening met kleine waterhoeveelheden nagestreefd. Als grove richtlijn voor deze hoeveelheid gold voor object 1 de Piche-verdamping in het voorafgaande etmaal; bij object 2 en 3 werden zoveel mogelijk dagelijks hoeveelheden van minder dan 1 mm resp. ongeveer 2 mm gegeven.



Voor het geval de uitdroging hierdoor te sterk zou worden werd als grens 7,3 % vocht aangehouden, waarna volledige aanvulling tot veldcapaciteit zou plaatsvinden.

De opzet van obj. 4 en 5, waarbij de natuurlijke neerslag driemaal per week tot 8 mm resp. eenmaal per week tot 24 mm zou worden aangevuld, heeft ten doel gehad op een hoger vochniveau de frequentie van water geven te vergelijken, mede met obj. 1—3. Obj. 6 bleef onbehandeld.

Alleen de objecten 1 t/m 3 werden zo nodig tegen regen afgedekt; op obj. 4, 5 en 6 kon door sterke regenval een overmaat ontstaan.

Alle objecten in drievoud.

### Uitvoering

Nadat het geplante gewas ca. 10 dagen gegeven was om aan te slaan, werd de proef begonnen op 5 augustus door de veldjes van de obj. 1, 2 en 3 tegen natuurlijke neerslag af te dekken en met de dagelijkse watergiften op 2 en 3 te beginnen; het is evenwel een maand later geworden, voordat met de berekening volgens schema op obj. 1 werd begonnen. Op de veldjes van obj. 4 is slechts enkele malen een aanvullende berekening toegepast, hoewel daartoe veel vaker aanleiding is geweest. Bij obj. 5 is éénmaal aanvullend berekend; de natuurlijke neerslag was in 4 van de 8 hele wekelijkse perioden  $> 24$  mm, in 2 perioden  $> 20$  mm, doch  $< 24$  mm (waarvan er één eindigde ten tijde van de oogst), zodat tweemaal van het schema is afgeweken. Deze gang van zaken impliceert, dat obj. 4, 5 en 6 een nagenoeg gelijke behandeling hebben gehad: alle de natuurlijke neerslag, obj. 4 bovendien op 6 en 23 augustus resp. 10 en 5,3 mm aanvulling en obj. 5 op 23 augustus 5,3 mm berekening.

Het vochtgehalte, dat bepaald werd op 28 juli, had betrekking op de laag 3—25 cm; op 4 augustus, toen in verband met de beworteling de bemonsteringslaag 3—10 cm besloeg, werd ter vergelijking met de toestand op 28 juli op vier veldjes bovendien de laag 10—25 cm bemonsterd. Vanaf 8 september bleef de monsterdiepte constant 25 cm; bij de oogst werd op alle objecten de hoofdmassa der wortels tot een diepte van 28 cm aangetroffen.

De waargenomen vochtgehalten zijn per object grafisch weergegeven in fig. 109. De overeenkomst tussen de obj. 4, 5 en 6 is sprekend. Ook de objectgemiddelden over de 9 waarnemingsdata verschillen weinig: obj. 4 = 13,8 %, obj. 5 = 14,3 % en obj. 6 = 14,0 %. Het vochtgehalteniveau van de drie overige objecten onderscheidt zich hiervan duidelijk: gemiddeld bij obj. 1 9,9 %, bij obj. 2 10,6 % en bij obj. 3 11,7 %.

### Oogstresultaten

De opbrengst van een netto veldje, omvattende maximaal 112 planten (4 randrijen) is gecorrigeerd op het zandgehalte, dat in gewasmonsters werd vastgesteld en op het aantal open plaatsen (weggevalen planten); dit laatste met de co-variance-methode. De invloed van de open plaatsen op de opbrengsten is gering gebleken. Er is binnen de objecten een grote variantie, die voor een belangrijk deel aan systematische (blok-)verschillen tussen de parallellen moet worden toegeschreven — zoals uit tabel 15 blijkt. Uit de restvariantie kan  $\sigma$  geschat worden op 3,5 kg d.w.z. 12,3 % bij een gemiddelde opbrengst van rond 28,5 kg.

Toepassing van de B(reedte)toets (KEULS, 1952) op de verschillen tussen de objectsommen leert, dat het verschil tussen obj. 6 (onbehandeld) enerzijds en de obj. 2 en 3 anderzijds significant is (0,05), evenals dat tussen obj. 5 en 2. Bij

FIG. 109. Vochtgehaltebeloop bij andijvie 1954; gemiddelden per object; — — — uitdrogingsgrens; ——— gemiddeld vochtgehalte  $\bar{V}$ . Bemonsteringsdiepten:

3—10 cm 4 aug.—11 aug.  
 3—20 18 aug.  
 3—21 25 aug.  
 3—23 1 sept.  
 3—25 28 juli; 8 sept.—22 sept.

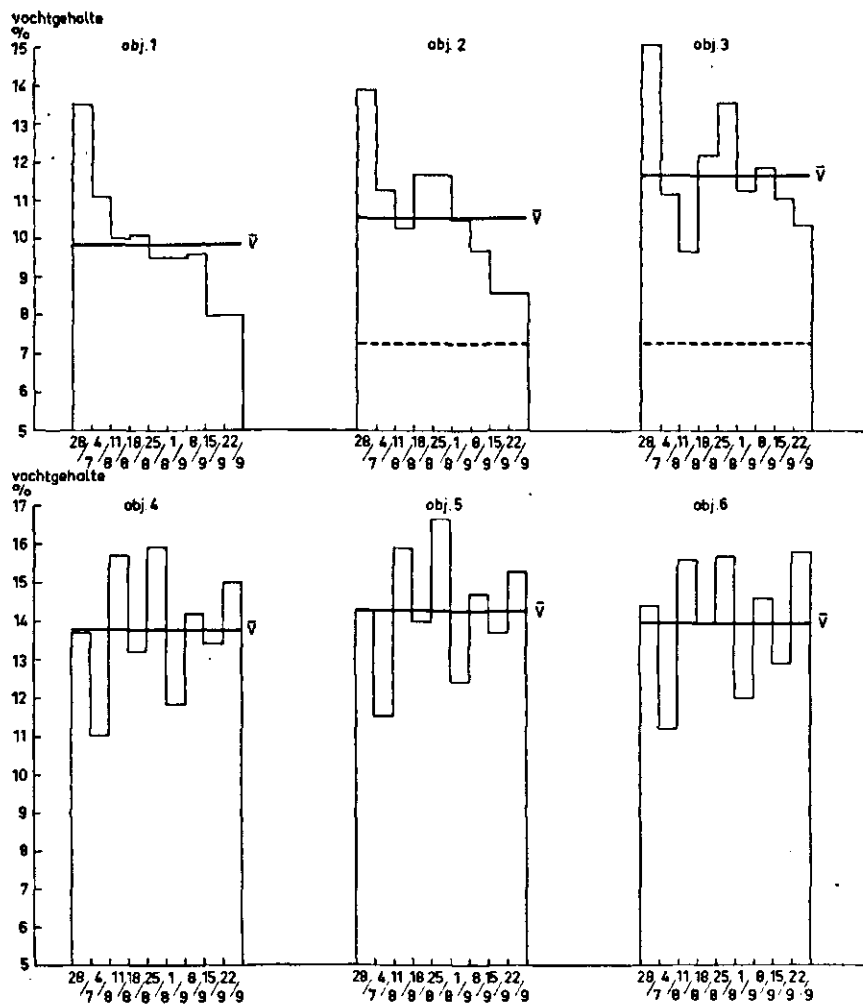


FIG. 109. Change in moisture content in endive (1954); averages per treatment — — — — lower limit; ——— average moisture content  $\bar{V}$ . Sampling-depths:

3—10 cm 4th Aug.—11th Aug.  
 3—20 18th Aug.  
 3—21 25th Aug.  
 3—23 1st Sept.  
 3—25 28th July; 8th Sept.—22nd Sept.

TABEL 15. Variantie-analyse van de opbrengstcijfers bij andijvie 1954

	Totaal kwadraten <i>Sum of squares</i>	Graden van vrijheid <i>Degrees of freedom</i>	Var. <i>Mean square</i>	F <sub>ber.</sub> <i>Variance ratio</i>	F <sub>0,05</sub>	F <sub>0,01</sub>
totaal <i>total</i>	633,34	17				
behandelingen <i>treatments</i>	337,44	5	67,49	5,52+	3,33	5,64
parallellen <i>replications</i>	203,62	2	101,81	8,33++	4,10	7,56
rest <i>residual</i>	122,28	10	12,22			

TABLE 15. Analysis of variance in yield data (endive, 1954)

toepassing van de T-toets is behalve deze verschillen ook nog het verschil tussen obj. 2 en obj. 1 significant. Overigens geen verschillen die een belangrijke mate van waarschijnlijkheid hebben, althans niet wanneer de behandelingen worden beschouwd niet tot een reeks te behoren.

Het is door de omstandigheden, bij „Uitvoering” beschreven, bezwaarlijk om de verkregen oogstresultaten te beoordelen met betrekking tot de voorgenomen behandelingen. Het is wel mogelijk de opbrengsten in verband te brengen met de opgetreden vochtgehalten, op de gebruikelijke wijze wekelijks bepaald in de laag waarin de hoofdmassa der wortels werd aangetroffen.

In fig. 110 is het verband tussen  $\bar{V}$  en de opbrengst (vers) per veldje gegeven. Voorzover in dit waarnemingsmateriaal van een samenhang gesproken mag worden, wijst het op een kromlijniig verband. De functie heeft betrekking op de 6 objectgemiddelden.

Aangezien het *droge-stofgehalte*, bepaald aan monsters van het geoogste produkt, een omgekeerde reactie vertoont op het gemiddelde vochtgehalte in de grond (fig. 111), is het verband tussen de droge-stofopbrengst en het vochtge-

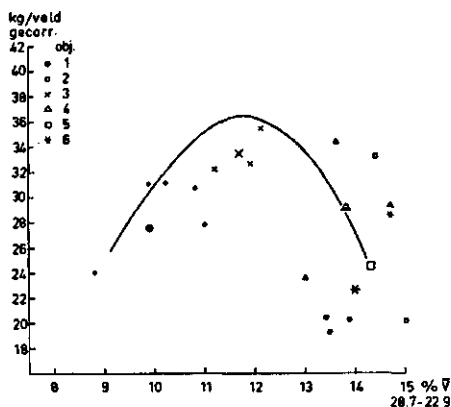
FIG. 110. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en de (gecorrigeerde) opbrengst van andijvie in kg per veldjeFIG. 110. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the (converted) yield of endive in kg per plot

FIG. 111. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (V) en het drogestofgehalte resp. de drogestofopbrengst per ha van andijvie 1954

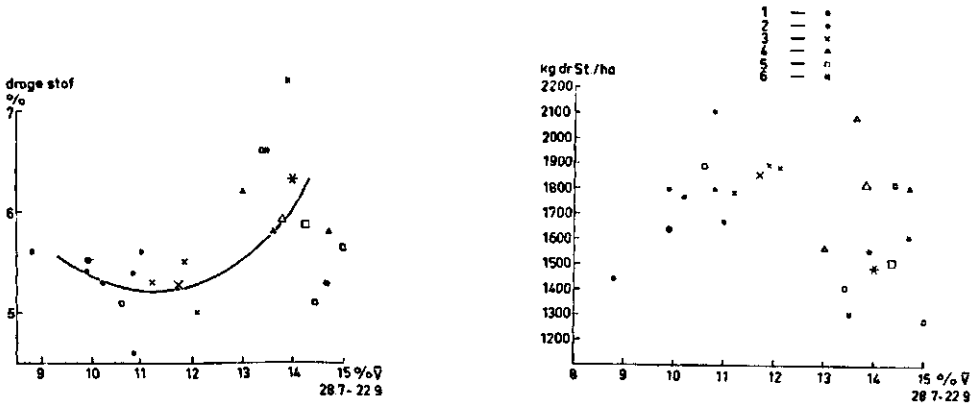


FIG. 111. Relation between the average moisture content in the root zone (V) and the dry matter content resp. the dry matter yield per ha of endive (1954)

halte minder geprononceerd dan bij de verse opbrengst, zij het dat het daarmee nog overeenkomst heeft.

### 3.5.2. BLOEMKOOL 1954

#### Teeltgegevens

13 juli	veldjes gefreesd
16 juli	grond verder klaargemaakt voor de proef
19 juli	grond bespoten met Folidol; bemesting met 500 g kas/veldje (250 kg/ha)
20 juli	geplant, 84 planten, var. Allerheiligen, 50 × 47 cm
24 juli	weggefallen planten ingeboet
31 juli	gewas en grond met HCH bespoten
3 aug.	bemesting met 1 kg pk/veldje (500 kg/ha)
3 sept.	gewas en grond behandeld met hexyclan 10 %
6 sept.	alle veldjes 500 g kas (250 kg/ha)
21 sept.	alle veldjes bestoven met Gesarol 5
20 okt.	eerste oogst
22, 23, 25, 29 okt.	
4, 11, 18, 25 nov.	overige oogstdata
2, 9, 16, 23, 29 dec.	
16 dec.	beëindiging van de proef

#### Objecten

Door dagelijks kleine hoeveelheden water te geven kan de gewenste langzame uitdroging worden bewerkstelligd. Bij obj. 1 werden deze hoeveelheden afgestemd op de Piche-verdamping in het voorafgaande etmaal. De obj. 2 en 3 zouden dagelijks ongeveer 0,6 mm, de obj. 4 en 5 ongeveer 1,3 mm en obj. 6 ongeveer 1,9 mm ontvangen. Zou de uitdroging bij obj. 2 en 4 leiden tot een daling van het vochtgehalte beneden de grens 10,7 gew. %, bij de obj. 3, 5 en 6 beneden de

grens 8,7 gew. %, dan zou aanvulling van de wortelzone tot veldcapaciteit plaatsvinden. Obj. 7: onbehandeld.

Alle obj. in drievoud.

### Uitvoering

Door diverse omstandigheden is bij de uitvoering van de proef niet strak de hand gehouden aan de bovenbeschreven behandelingen. In het algemeen werden de onderscheiden behandelingen begonnen op 5 augustus, zodat de planten ruim 2 weken de tijd hadden om aan te slaan. Evenwel is met de beregening volgens obj. 1 pas op 9 september begonnen. Voórdien werd in twee keer een aanvulling van totaal 18 mm gegeven. Later in het seizoen waren de weersomstandigheden enkele malen ongeschikt voor beregening. Op de obj. 2 t/m 6 werd op 103 dagen van de tussen 5 augustus en 16 december liggende 134 dagen beregend. Bij de obj. 2, 3 en 4 waren resp. 7, 1 en 5 aanvullende beregeningen met totaal resp. 74,5 mm, 14,5 mm en 30,5 mm water nodig in verband met het overschrijden van de gestelde uitdrogingsgrenzen. Bij de obj. 5 en 6 was deze aanvulling nooit nodig. De waargenomen vochtgehalten, gemiddeld per object, zijn weergegeven in fig. 112.

De vochtbepalingen in de grond hadden plaats over een diepte, tot waar de hoofdmassa der wortels werd aangetroffen, met uitzondering van de bemonsteringen op 21 en 28 juli, die ter bepaling van de uitgangstoestand over de laag 3—25 cm geschieden. De diepte op 4 augustus was 10 cm en is tot 24 november toegenomen tot 50 cm — mv.; waarna constant.

### Oogstresultaten

Het maximale aantal planten per netto veldje bedraagt 50 door rondom één randrij in acht te nemen. Aangezien door oorzaken, onafhankelijk van de behandeling in de proef, een aantal planten is weggefallen, is met de co-variance-methode een correctie op de opbrengst (in kg) per veldje toegepast, nadat de variantieanalyse van de bepaalde opbrengstcijfers, het aantal geoogste planten en de interactie tussen beide, de wenselijkheid daarvan bevestigde (fig. 113).

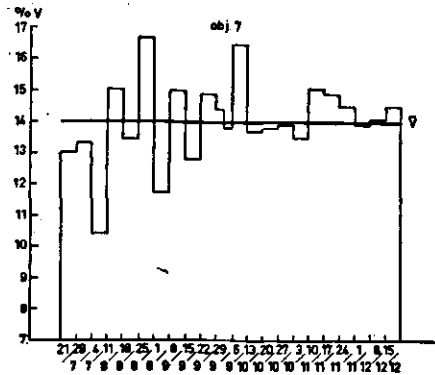
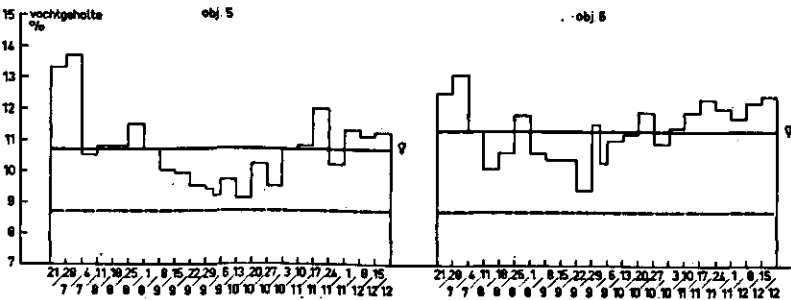
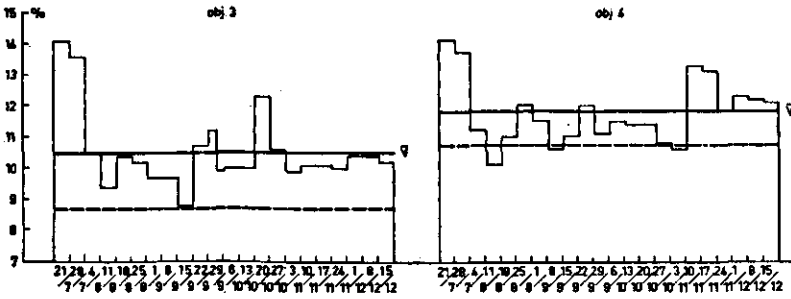
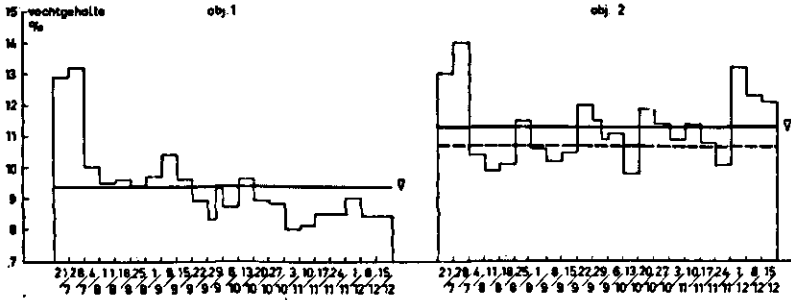
De oogst heeft zich uitgestrekt van 20 oktober tot 29 december. Er werd in totaal — doch niet steeds op alle veldjes — 14 keer geoogst. Hiervan valt bij

FIG. 112. Vochtgehaltebeloop bij bloemkool 1954; gemiddelden per object 1 t/m 7; — — — uitdrogingsgrens; ——— gemiddeld vochtgehalte. Bemonsteringsdiepten:

3 — 10 cm	4 aug.	3 — 25 cm	21 juli—28 juli; 8 sept.—29 sept.
3 — 15	11 aug.	3 — 35	6 okt.
3 — 20	18 aug.	3 — 40	13 okt.—20 okt.
3 — 21	25 aug.	3 — 45	27 okt.—17 nov.
3 — 23	1 sept.	3 — 50	24 nov.—15 dec.

FIG. 112. Change in moisture content in cauliflower (1954); averages per treatment 1 up to and incl. 7; — — — lower limit; ——— average moisture content. Sampling depths:

3 — 10 cm	4th Aug.	3 — 25 cm	21st July—28th July; 8th Sept.—29th Sept.
3 — 15	11th Aug.	3 — 35	6th Oct.
3 — 20	18th Aug.	3 — 40	13th Oct.—20th Oct.
3 — 21	25th Aug.	3 — 45	27th Oct.—17th Nov.
3 — 23	1st Sept.	3 — 50	24th Nov.—15th Dec.



alle objecten het overgrote deel in de periode 11 november—16 december, nl. gemiddeld 89 % (84—93 %). Aangezien er geen significante invloed van de behandeling op de vroegheid van de oogstrijpheid (volgens aantal, zie tabel 16) is geconstateerd, wordt de beoordeling van de opbrengstcijfers in het licht van de vochttoestand door de geschetste oogstspreading minder gecompliceerd dan aanvankelijk verwacht werd.

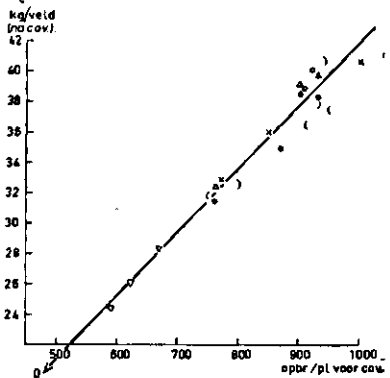


FIG. 113. Verband tussen de opbrengst in g per plant vóór co-variance en de opbrengst in g per veldje na co-variance bij bloemkool 1954

FIG. 113. Relation between the yield in g per plant before co-variance and the yield in kg per plot after co-variance in cauliflower (1954)

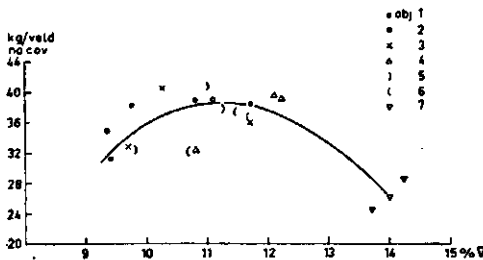


FIG. 114. Verband tussen het gemiddelde vochtgehalte in de wortelzone (V) (rekening houdend met oogstperiode) en de opbrengst in kg per veldje (na co-variance)

FIG. 114. Relation between the average moisture content in the root zone (V) (taking account of the harvesting period) and the yield in kg per plot (after co-variance)

De vroegheid is berekend door aan de opeenvolgende data een gewicht toe te kennen, aflopend van 14 op 20 oct. tot 1 op 29 dec.

TABEL 16. Vroegheidscijfers bij bloemkool 1954 voor zeven objecten in drie herhalingen volgens aantal geoogste planten per oogstdatum.

	Objecten							Som Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Blok a	6,28	4,87	4,82	5,68	6,38	5,11	4,72	37,86
Block b	4,53	5,30	5,27	4,59	5,15	5,53	5,98	36,35
c	5,25	5,23	6,21	5,13	5,03	4,68	5,86	37,40
Som Total	16,06	15,40	16,30	15,40	16,56	15,33	16,56	

TABEL 16. Earliness of cauliflower (1954); data for seven treatments in three replications, according to the number of harvested heads per harvest-date

Intussen dient bij de berekening van het — over de groeitijd — gemiddelde vochtgehalte in aanmerking te worden genomen, dat de oogst van een zekere datum geen invloed meer ondervindt van vochtgehalten, die op een later tijdstip worden waargenomen. Daarom is voor de 6 wekelijkse oogsten (11 november—16 december) een gewogen vochtgehaltegemiddelde berekend, door aan het rekenkundig gemiddelde vochtgehalte tussen 21 juli en de oogstdatum een gewicht toe te kennen ter grootte van de betreffende oogst in kg. De aldus berekende gewogen gemiddelden voor genoemd tijdvak (waarin dus gem. 89 % van de oogst plaats vond) verschillen slechts weinig van de rekenkundig gemiddelden van alle vochtgehalten tussen 21 juli en 16 december nl. gemiddeld over alle veldjes 0,05 gew. %. In 7 van de 21 gevallen was de uitkomst gelijk; in 12 gevallen was het verschil 0,1 % (ongeacht het teken) en in twee gevallen bedroeg het verschil 0,2 %. Dit is een reden om geen bezwaar te hebben tegen de verwerking van de totale opbrengst — om het materiaal niet te beperken dus met inbegrip van de zeer vroeg en zeer laat geoogste planten — en daarbij het rekenkundig gemiddelde der vochtgehalten tussen 21 juli en 16 december te betrekken.

In fig. 114 is het verband tussen de *opbrengst* en het gemiddeld vochtgehalte gegeven. Deze samenhang is slechts vaag. Ten aanzien van de grote restspreiding in de opbrengstwaarnemingen kan worden opgemerkt, dat deze ten dele veroorzaakt zal zijn door een nawerking van toegepaste behandelingen op de aardappelen, met name die der N-bemesting.

Bloemkool is een moeilijk proefgewas. Zo er van een maximale opbrengst gesproken mag worden, is er een lichte aanwijzing dat die verkregen werd bij een vochtgehalte van ongeveer 11 gew. %. Wiskundige bewerking van de gecorrigeerde opbrengstgegevens wettigt het vertrouwen, dat er tussen obj. 7 (onbehandeld) enerzijds en alle andere objecten anderzijds een significant verschil bestaat (F 0,01). Overigens laat het materiaal niet dergelijke conclusies toe.

### 3.6. PROEVEN IN 1955 MET VOCHTTAPPEN IN ONDERSCHIEDEN GROEISTADIA

Bij de hier toegepaste methode om te velde een indruk te krijgen van de gevoeligheid van gewassen voor droogte of vocht in de verschillende ontwikkelingsstadia, zijn eenvoudigheidshalve steeds slechts twee vochttrappen aangelegd, teneinde een tegenstelling tussen Droog en Nat te bewerkstelligen; deze vochttrappen worden met de symbolen D en N aangegeven.

Evenals bij de meeste proeven, welke in de voorafgaande paragrafen werden besproken, zijn bij deze serie proeven uitdrogingsgrenzen gesteld, nl. 9,3 % voor D en 11,6 % voor N. Ter vergelijking diene, dat bij de proeven met vochttrappen in 1953 (par. 3.2) voor de objecten 0 en 1 als grenzen golden 12,5 % resp. 8,2 %.

Voor dit type proeven geldt één zaai- of plantdatum; de behandeling varieert. Alle objecten staan aan dezelfde weersomstandigheden bloot — afgezien van



tijdelijke bedekking met glaskappen tegen ongewenste neerslag. De totale groeitijd wordt in een aantal perioden, bijv. 3, verdeeld.

a. Gedurende deze perioden wordt D of N toegepast met gedurende de groeiperiode slechts eenmaal één wisseling van D naar N of van N naar D;

dit geeft bij 3 perioden: D D D    N D D  
 $2 \times 3 = 6$  objecten    D D N    N N D  
                                   D N N    N N N

b. Als a, doch met alle combinatiemogelijkheden, geeft  $2^n$  objecten, bij 3 perioden derhalve  $2^3 = 8$ ; aan a worden toegevoegd D N D en N D N, waarbij twee vochttrapovergangen voorkomen.

Bij meer perioden wordt het verschil met a veel groter, bijv. bij 5 perioden  $2^5 = 32$  tegenover  $2 \times 5 = 10$ .

Voor het hierna beschreven veldonderzoek is de methode b gekozen, omdat deze de meeste informatie kan verschaffen.

### 3.6.1. STAMSLABONEN 1955

#### Teeltgegevens

4 april    bemesting met 1,5 kg pk en 1 kg kas/veldje (750 resp. 500 kg/ha)  
 24 mei    dubbele witte zonder draad op 18 veldjes  $40 \times 47$  cm  
 2 juni    gekiemd en boven  
 12 juli    rijkste bloei op de objecten met 1e periode „droog”  
 16 juli    met malathion tegen luis bespoten  
 1, 8, 17 aug. oogst  
 19 aug.    gewas opgeruimd, loof per rij gewogen

#### Objecten

Twee vochttrappen aangeduid met D (droog) en N (nat) in drie perioden, d.i.  $2^3 = 8$  obj. in tweevoud. D = uitdrogingsgrens 9,3 %, N = uitdrogingsgrens 11,6 %.

Aanlooperperiode 24 mei — 8 juni  
 1e periode        8 juni — 12 juli  
 2e periode        12 juli — 9 aug.  
 (3e periode        9 aug. — 17 aug.)

Feitelijk is hier van 2 perioden sprake, omdat de pluk al voor driekwart gebeurd was voordat de 3e periode inging.

Hierbij wordt aangetekend dat 12 juli in het midden van de bloei viel.

#### Uitvoering

In de aanlooperperiode, welke voor alle 8 obj. gelijk was, werd 35,7 mm water toegelaten/toegediend, waarmee het uitgangsvochtgehalte voor de proef op de verschillende veldjes gemiddeld op 15,2 % was gebracht. De waargenomen vochtgehalten zijn per obj. in fig. 115 weergegeven. Tabel 17 geeft een overzicht van de vervolgens gegeven/toegelaten hoeveelheden neerslag en de per periode gemiddelde vochtgehalten per object.

Daaruit blijkt dat in de 1e periode de droge objecten een niet geheel gelijke hoeveelheid neerslag ontvingen; de natte objecten wel en een beduidend grotere. In de 2e periode is weliswaar een behoorlijk verschil tussen de obj. D en N, maar de tegenstelling tot de voorafgaande periode is in de gevallen D N niet bevredigend. In de 3e periode komen slechts schijnbaar onregelmatigheden voor, want

FIG. 115. Vochtgehaltebehoop bij stamslabonen 1955; 2 series gemiddelden per object; — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte. Bemonsteringsdiepten:

3 — 15 cm      22 juni  
 3 — 20      15 juni; 29 juni—28 juli  
 3 — 25      4 aug.—17 aug.

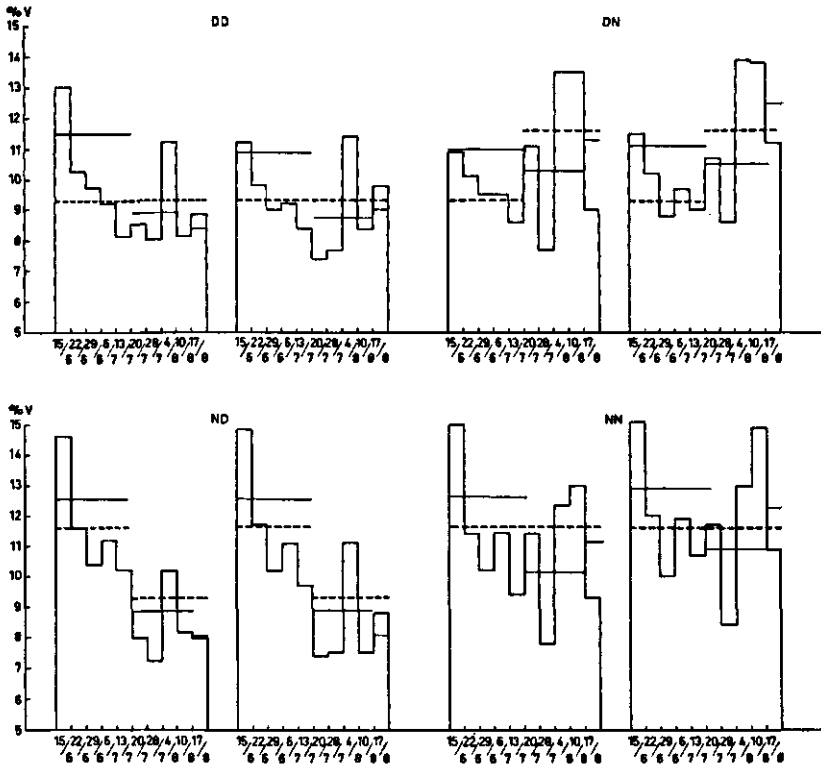


FIG. 115. Change in moisture content in dwarf french beans; 2 series of averages per treatment; — — — lower limit; ———— average moisture content; D = dry; N = wet.

Sampling depths:

3 — 15 cm      22nd June  
 3 — 20      15th June; 29th June—28th July  
 3 — 25      4th Aug.—17th Aug.

hier is bij de waterhoeveelheden rekening gehouden met de behandeling in de 2e periode, ten einde voldoende contrast te krijgen en anderzijds geen extreme uitdroging in te voeren. Bovendien was vóór het begin van deze 8 dagen reeds ongeveer driekwart van de totale opbrengst geplukt, zodat deze periode als zodanig nauwelijks meegerekend mag worden en de bedoelde verschillen slechts een geringe invloed op het eindresultaat zullen hebben gehad. Dit blijkt ook uit de kleine verschillen in het gemiddeld vochtgehalte tussen 2e en 3e periode en de hoge correlatie tussen de vochtgehalten in 2e en 3e periode ( $r = 0,87$ ); daarbij heeft ook de 1e periode via de ontwikkeling van het gewas invloed gehad. Tussen

de vochtgehalten in de 1e en in de 2e periode is geen correlatie, zoals blijkt uit fig. 116.

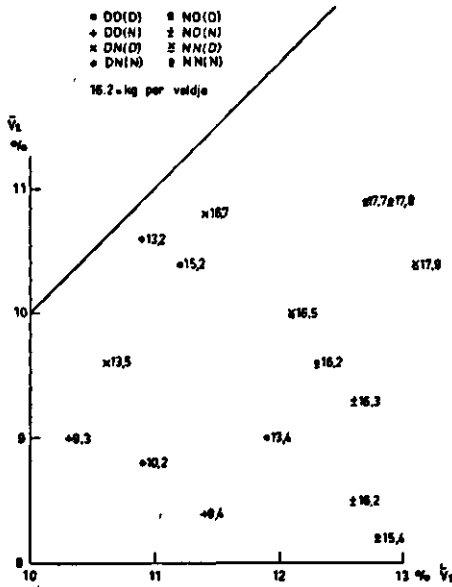


FIG. 116. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de 1e periode ( $V_1$ ) en dat in de 2e periode ( $V_2$ ). Getallen bij de punten geven de opbrengst in kg per veldje aan

FIG. 116. Relation between the average moisture content in the first period ( $V_1$ ) and that in the second period ( $V_2$ ). Figures to the dots state the yield in kg per plot. D = dry; N = wet

TABEL 17. Overzicht van de hoeveelheden neerslag en de gemiddelde vochtgehalten bij de 8 objecten van stamslabonen 1955 in drie perioden

Objecten Treatments	Periode Period					
	1 34 dagen 34 days		2 28 dagen 28 days		3 8 dagen 8 days	
	Neerslag Precipitation mm	Gem. vocht- geh. % Average moisture content (3-20 cm)	Neerslag Precipitation mm	Gem. vocht- geh. % Average moisture content (3-20 cm)	Neerslag Precipitation mm	Gem. vocht- geh. % Average moisture content (3-20 cm)
DDD	13,5	11,5	38,0	8,9	17,1	8,3
DDN	13,5	10,9	38,0	8,7	23,0	9,0
DND	19,6	11,0	73,5	10,2	—	11,2
DNN	19,6	11,1	73,5	10,5	7,7	12,5
NDD	46,9	12,6	38,0	8,9	17,1	8,0
NDN	46,9	12,6	38,0	8,9	23,0	8,1
NND	46,9	12,6	73,5	10,2	—	11,1
NNN	46,9	12,8	73,5	10,9	7,7	12,3

TABEL 17. Survey of the quantities of precipitation and the mean average moisture contents with the 8 treatments of dwarf french beans in three periods (1955)

Het verschil tussen D en N in de 3e periode wordt volkomen overschaduwd door de behandeling in de 2e periode, doch daarbij moet in aanmerking worden genomen wat hierboven reeds werd opgemerkt t.a.v. de van het schema afwijkende behandeling in de 3e periode: de objecten droog-3 na droog-2 ontvingen betrekkelijk veel neerslag om een extreme uitdroging te voorkomen en nat-3 na droog-2 kregen veel om een contrast te geven.

Er moet — mede in verband met de korte duur en het aflopen van de oogst — aan de 3e periode weinig betekenis worden toegekend.

### Oogstresultaten

De opbrengst per veldje hangt volgens fig. 117 samen met het gemiddeld vochtgehalte der 1e en 2e periode. Dit is een normaal verband, waarbij het verschil tussen hoge en lage gemiddelde vochtgehalten verwacht mag worden.

Bij deze proef gaat het om de verschillen in verticale richting, d.w.z. bij eenzelfde vochtgehalte, tussen de objecten DNx en NDx. Daarbij blijkt NDx significant hogere opbrengsten te geven dan DNx, waaruit zou volgen dat het gewas in de 1e periode gevoeliger voor droogte is dan in de 2e periode. Zoals echter uit fig. 116 blijkt is het gemiddeld vochtgehalte in de eerste periode bij alle obj. hoger geweest dan in de tweede periode. Uit deze figuur is tevens te lezen, dat binnen de bestreken vochttrajecten, het effect van nat in de 1e periode groter is dan in de 2e periode. Een andere analysevorm bieden fig. 118 en 119, waarin het verband tussen de opbrengst en het gemiddeld vochtgehalte in de 1e periode resp. 2e periode is aangegeven, met onderscheiding van objecten. De invloed in de 1e periode is groter als de tweede periode droog is, dan wanneer de tweede nat is (fig. 118). In de tweede periode is de invloed van nat tegenover droog het grootst als de 1e periode droog is geweest; is de 1e periode nat geweest, dan is het effect van nat tegenover droog in de tweede periode zeer gering (fig. 119).

FIG. 117, 118 en 119. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{V}$ ), resp. over de onderscheiden eerste periode ( $\bar{V}_1$ ) en de tweede ( $\bar{V}_2$ ), en de opbrengst van stamslabonen (1955) in kg per veldje

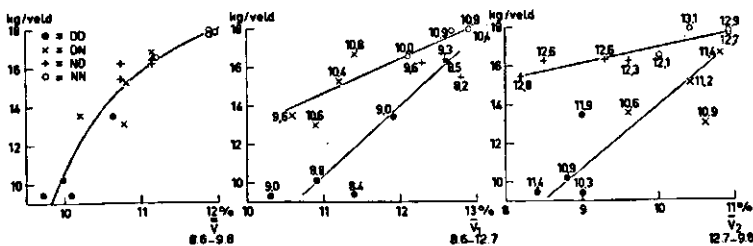


FIG. 117, 118 and 119. Relation between the moisture content in the root zone, average for the whole growing period ( $\bar{V}$ ), differentiated in a first ( $\bar{V}_1$ ) and a second part ( $\bar{V}_2$ ), and the yield of dwarf french beans (1955) in kg per plot

De vroegheid van de oogst, berekend met:

$$\frac{\text{opbr. 1e pluk} \times 2 + \text{opbr. 2e pluk} \times 1 + 0}{\text{totale opbrengst}}$$

reageert op soortgelijke wijze, met dien verstande dat deze grootheid negatief gecorreleerd is met het gemiddeld vochtgehalte en de vroegheid sterker wordt bevorderd door droogte in de 1e periode dan door droogte in de 2e periode, bij eenzelfde  $\nabla$  (fig. 120).

Een wiskundige analyse van de opbrengstgegevens leert tenslotte, dat de hoofdeffecten N t.o.v. D, zeer significant zijn en als volgt kunnen worden uitgedrukt:

1e periode      opbrengst 100 : 133  
                      vroegheid 100 : 84

2e periode      opbrengst 100 : 121  
                      vroegheid 100 : 92

Aangezien bij de variantie-analyse blijkt dat een hoofdeffect D t.o.v. N in de 3e periode afwezig is ( $F < 1$ ), is de behandeling in de 3e periode hierbij genegeerd.

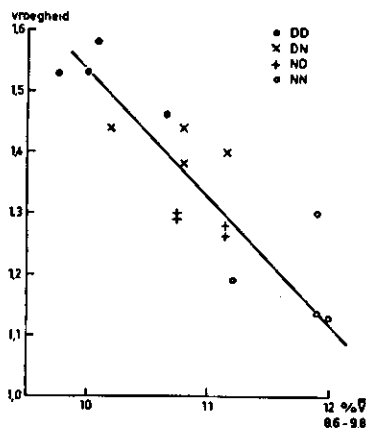


FIG. 120. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\nabla$ ) en de vroegheid van de oogst bij stamslabonen (1955)

FIG. 120. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\nabla$ ) and the earliness of the harvest of dwarf french beans (1955)

Dit wordt bevestigd door de grootte van de coëfficiënten  $a = 2,34$ ,  $b = 1,51$  en  $c = -27,58$ , verkregen met multipele regressieberekening bij de veronderstelling dat het verband tussen opbrengst  $y$  en vochtgehalte  $x$  in beide perioden rechtlijnig is dus  $y = ax_1 + bx_2 + c$ . (Worden drie perioden onderscheiden met  $y = mx_1 + nx_2 + px_3 + q$  dan blijkt uit  $m = 2,24$ ,  $n = 2,05$ ,  $p = -0,31$  en  $q = -28,53$ , dat de invloed van het vochtgehalte in de 3e periode gering en negatief, vermoedelijk ook onbetrouwbaar is.)

### 3.6.2. TUINBONEN 1955

#### Teeltgegevens

16 maart    gezaaid onder platglas, var. Nunhem Eerste Witkiem  
25 maart    gespit  
12 april    bemesting met 1,5 kg kas en 1,7 kg pk/veldje (750 resp. 850 kg/ha)

12 april	veldjes beplant met 10 rijen, afstand 55 cm, in de rij 15 cm, per veldje, na bodembehandeling met hexamelt
20 april	planten aangeslagen
28 april	weggevallen planten ingeboet; gewas bestoven met DDT
23 mei	begin bloei
15 juni	einde bloei
28 juni	de lengte van de netto-rijen uitgezet: 232½ cm;
1 juli	getopt
30 juni/1 juli	oogst per rij gewogen en geteld
7, 15 juli	verdere oogst
19 juli	gewas opgeruimd

### Objecten

Aanlooperperiode	12 april — 4 mei	
1e periode	4 mei — 27 mei	D = uitdrogingsgrens
2e periode	27 mei — 19 juni	9,3 %
3e periode	19 juni — 15 juli	N = uitdrogingsgrens
		11,6 %

Totaal 2<sup>3</sup> = 8 objecten in 2-voud = 16 veldjes.

Deze indeling is betrekkelijk willekeurig in drie perioden van elk ongeveer 3½ week.

TABEL 18. Waterhoeveelheden en vochtgehalten in de onderscheiden perioden bij acht obj. van tuinbonen 1955

	Objecten							
	Treatments							
	DDD	DDN	DND	DNN	NDD	NDN	NND	NNN
aanlooperperiode	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8
<i>preliminary period</i>								
neerslag 1e periode	0,2	—,—	0,2	—,—	67,6	67,6	67,6	67,6
<i>precipitation 1st period</i>								
2e periode	29,2	35,0	59,1	59,1	14,7	14,7	59,1	59,1
<i>2nd period</i>								
3e periode	69,2	80,7	69,2	80,7	69,2	80,7	69,2	80,7
<i>3rd period</i>								
totaal tot 15 juli	140,4	157,5	170,3	181,6	193,3	204,8	237,7	249,2
<i>total until 15th July</i>								
waterverbruik tot 15 juli	138	157	170	185	203	208	238	254
<i>water consumption until 15th July</i>								
vochtgehalte 1e periode	10,0	11,5	10,5	12,0	14,3	13,9	14,4	14,3
<i>moisture content 1st period</i>								
2e periode	9,4	9,4	11,2	11,6	10,0	9,8	12,5	12,4
<i>2nd period</i>								
3e periode	8,2	8,5	8,3	8,5	7,6	8,3	8,7	8,1
<i>3rd period</i>								
gemiddelde (1 + 2 + 3)	9,4	9,8	9,9	10,6	10,7	10,7	11,8	11,5
<i>average</i>								

TABEL 18. Quantities of water and moisture contents in the differentiated periods in eight treatments of garden beans (1955)

## Uitvoering

Neerslag- en vochtgehalten-gegevens zijn in tabel 18 samengevat. De vochtgehalten zijn bepaald in de laag 3—15 cm, toenemend tot 3—25 cm (object-gemiddelden in fig. 121).

FIG. 121. Vochtgehaltebeeloop bij tuinbonen 1955, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ————— gemiddeld vochtgehalte. Bemonsteringsdiepten:

3—15 cm      3 mei—11 mei  
3—20        18 mei—8 juni  
3—25        16 juni—13 juli

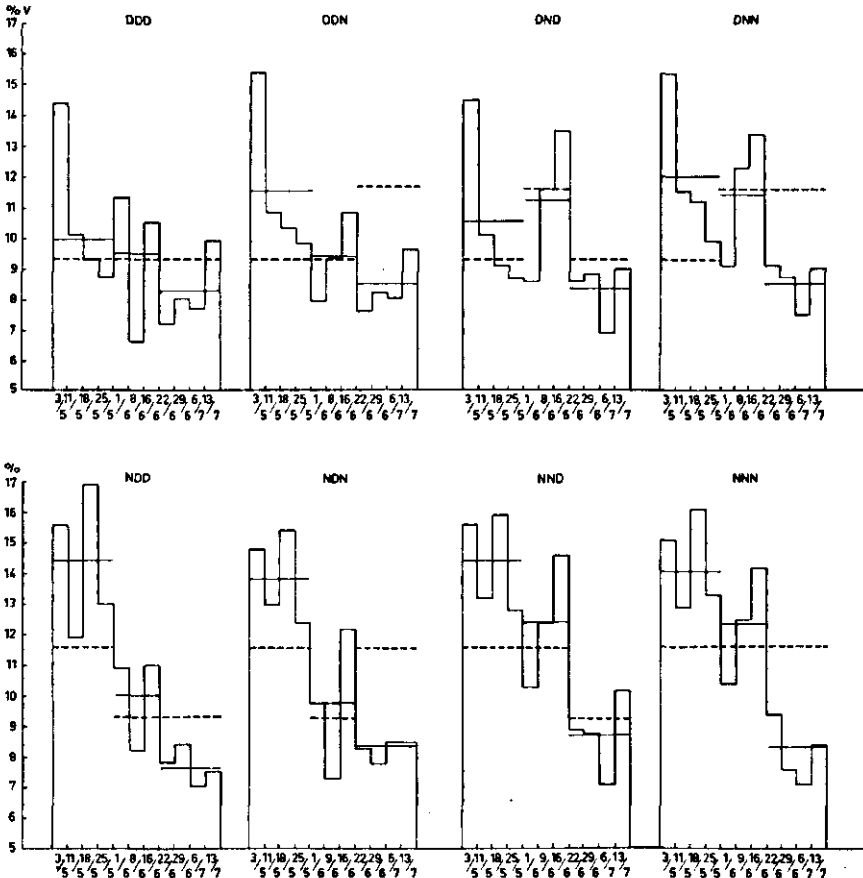


FIG. 121. Change in moisture content in garden beans (1955); averages per treatment; — — — — lower limit; ————— average moisture content; D = dry; N = wet.

Sampling depths:

3—15 cm      3rd May—11th May  
3—20        18th May—8th June  
3—25        16th June—13th July

Ondanks de verschillen in de uitwerking van de toegepaste behandeling, is vastgehouden aan de objectindex, ook al omdat deze verschillen klein zijn (NND en NNN). Uit tabel 18 blijkt dat in de 1e en 2e periode een behoorlijk onderscheid is ontstaan tussen D en N, maar dat de neerslaghoeveelheden in de 3e periode op de N-veldjes te gering zijn geweest om een duidelijk verschil tussen D en N te bewerkstelligen. De correlatiecoëfficiënten tussen de vochtgehalten in de drie perioden zijn resp  $r_{x_1x_2} = 0,38$ ;  $r_{x_2x_3} = 0,25$ ;  $r_{x_1x_3} = 0,11$ , dus alle zeer gering en niet significant (zie ook fig. 122).

FIG. 122. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de eerste en dat in de tweede periode, resp. tussen dat in de tweede en dat in de derde periode bij tuinbonen 1955. In cijfers de kg-opbrengst per veldje.

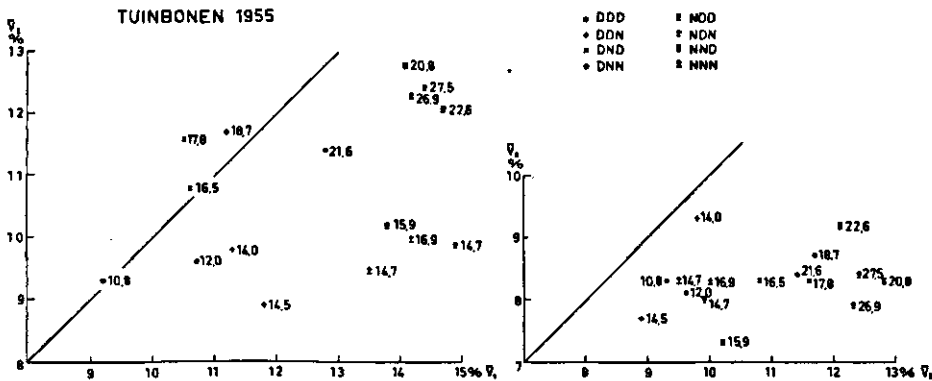


FIG. 122. Relation between the average moisture content in the first and that in the second periode and between that in the second and that in the third periode with garden beans (1955). The figures to the dots state the yield in kg per plot

### Oogstresultaten

Bepaald zijn: de kg-opbrengst per oogst-datum (waarmee de vroegheid op de gebruikelijke wijze kon worden berekend), het aantal peulen en het aantal stengels, alle per netto-veldje (1 randrij). Er blijkt een nauw verband te zijn tussen het aantal peulen en de kg-opbrengst (fig. 123), zodat er geen reden is, het gemiddeld peulgewicht in de beschouwingen te betrekken. De correlatie tussen het aantal stengels en de kg-opbrengst is minder groot (fig. 124), daarom is voor deze beide grootheden en voor de vroegheid der oogst de samenhang met de behandeling nader uitgewerkt.

De kg-opbrengst is volgens fig. 125 in verband te brengen met het vochtgehalte<sup>1</sup>, gemiddeld over alle beschikbare wekelijkse bemonsteringen (3 mei—13 juli)  $r = 0,80$ ,  $y = 4,75 x - 32,32$ ;  $y = 0$ ,  $x = 6,80$ . Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen de „ontstaanswijzen” van deze gemiddelden. Het verband is van bekende aard. Teneinde een indruk te verkrijgen van de invloed, die de tegen-

<sup>1</sup> Bij het berekenen van deze gemiddelden is niet in aanmerking genomen dat de oogst over ruim 2 weken in de 3e periode verdeeld was; gebleken is n.l. dat het invoeren van een gewogen gemiddelde in de 3e periode geen noemenswaardige invloed op de uitkomsten heeft.



FIG. 123. Verband tussen het aantal peulen en de opbrengst in kg per veld bij tuinbonen 1955.

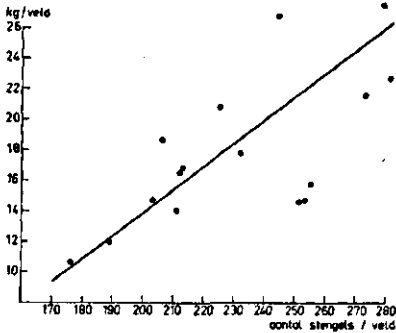


FIG. 123. Relation between the number of pods and the yield in kg per plot with garden beans (1955)

FIG. 124. Verband tussen het aantal stengels en de opbrengst in kg per veld bij tuinbonen 1955

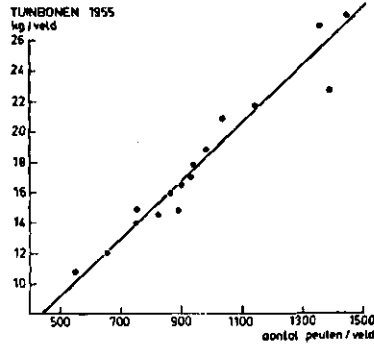


FIG. 124. Relation between the number of stems and the yield in kg per plot with garden beans (1955)

stelling Droog—Nat in de verschillende perioden heeft gehad zijn ook de vochtgehalten, gemiddeld per periode, in verband gebracht met de verkregen kg-opbrengsten. Uit fig. 126 is te zien dat op de verschillende vochniveau's in de 2e periode (in getallen bij de punten) de invloed van het vochtgehalte in de 1e periode betrekkelijk gering is.

Daarentegen blijkt uit fig. 127 dat het effect van de 2e periode bij verschillende vochtgehalten in de 1e periode steeds groot is. Uit fig. 128 is af te leiden dat de gemiddelde vochtgehalten in periode 3 te weinig uiteenlopen om een verband met de opbrengst te kunnen aantonen ( $r_{yx_3} = 0,13$ ).

Bij de beoordeling van fig. 126, 127 en 128 moet in aanmerking genomen worden dat de opbrengst het resultaat is van het gezamenlijk effect der drie perioden. Er kan een multiële regressieberekening plaatsvinden om de hoofdeffecten op de opbrengst van elkaar te scheiden en een onafhankelijke periode-invloed wiskundig te kunnen aantonen. Deze berekening geeft als coëfficiënten van  $x$  in  $y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d$  de waarden  $a = 7,42$ ,  $b = 29,9$ ,  $c = -4,08$  en  $d = -203,83$ . Hieruit volgt dat de invloed van het vochtgehalte op de opbrengst in de 2e periode sterk heeft overwogen en groot is geweest, in de 1e periode zwak positief, doch in de derde periode het kleinst en zelfs tegengesteld gericht is.

In fig. 129 is het verband tussen opbrengst en gemiddeld vochtgehalte (gehele groeiperiode, objectgemiddelden) op een wijze weergegeven, waaruit in beginsel zowel hoofdeffecten als interacties 1e orde af te leiden zijn. De helling der getrokken lijnen leert ook hier dat een hoog vochtgehalte in de 1e periode een zwak positief, in de 2e periode het grootste positieve effect geeft.

Variantie-analyse, toegepast op de opbrengstcijfers, leert dat in de eerste twee perioden sprake is van een zeer significant effect van Nat t.o.v. Droog, terwijl

FIG. 125, 126, 127 en 128. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{V}$ ), resp. over de onderscheiden eerste ( $\bar{V}_1$ ), tweede ( $\bar{V}_2$ ) en derde ( $\bar{V}_3$ ), en opbrengst in kg per veldje bij tuinbonen (1955).  
In cijfers de gemiddelde vochtgehalten in de 2e periode (fig. 126) resp. de 1e periode (fig. 127)

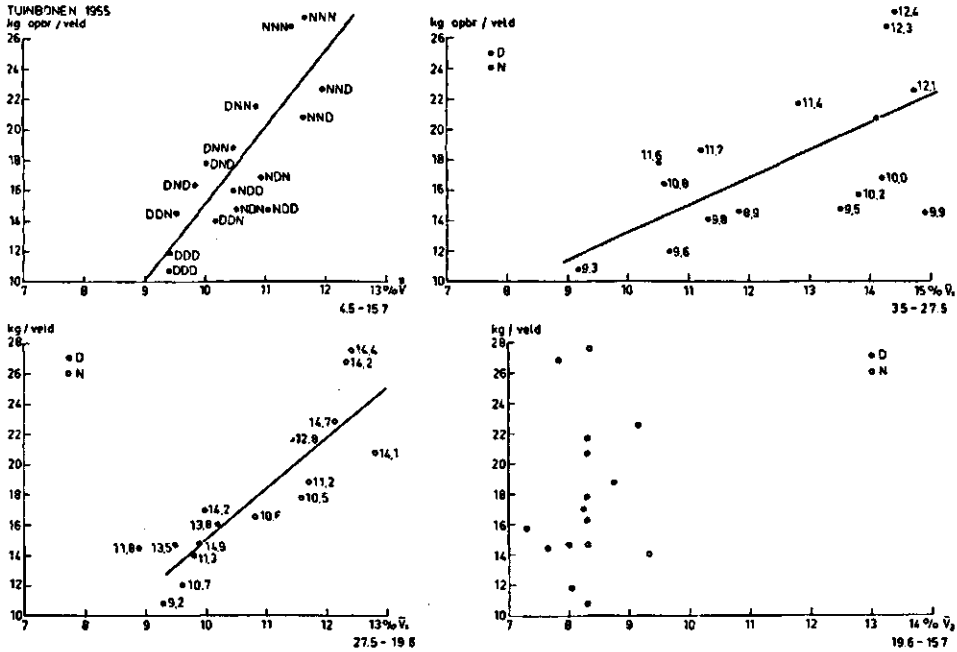


FIG. 125, 126, 127 128. Relation between the moisture content in the root zone, average for the whole growing-period ( $\bar{V}$ ), differentiated in a first ( $\bar{V}_1$ ), a second ( $\bar{V}_2$ ) and a third ( $\bar{V}_3$ ) period, and yield in kg per plot with garden beans (1955).  
The figures to the dots state the moisture contents in the second period (fig. 126) and the first period (fig. 127)

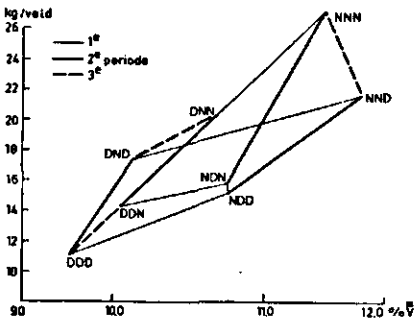


FIG. 129. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\bar{V}$ ) en de opbrengst in kg per veld als objectgemiddelden

FIG. 129. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\bar{V}$ ) and the yield in kg per plot as treatment averages



suggereert is niet vanzelfsprekend, omdat het aantal stengels waarschijnlijk zeer vroeg in de ontwikkeling van de plant wordt bepaald en alle planten tussen het zaaïen op 16 maart en het begin der 1e periode op 4 mei een gelijke behandeling kregen.

De *vroegheidscijfers* zijn op dezelfde wijze bewerkt als de opbrengstgegevens. In aanmerking genomen dat hier een tegengestelde correlatie optreedt, kunnen de meeste conclusies t.a.v. de kg-opbrengst ook hier getrokken worden, al zijn de verschillen tussen de 1e en 2e periode minder significant.

De variantieanalyse levert trouwens slechts een significantie voor het hoofdeffect van N tegenover D in de 2e periode ( $F_{ber.} = 7,11$ ;  $F_{0,05} = 5,32$ ). Wordt op dezelfde wijze als t.b.v. de opbrengst geschiedde, de verhouding D : N (vroegheid) voor de eerste twee perioden berekend<sup>1</sup> en vergeleken met de verhouding N : D (vocht), dan blijkt hieruit dat — afgezien van de rest-spreiding in de waarnemingen — de hoofdeffecten van dezelfde (doch thans tegengestelde) soort en grootte zijn als bij de kg-opbrengst. Dit is, gezien de samenhang tussen vroegheid en opbrengst (fig. 133), niet verwonderlijk:

	D : N (vroegheid)	N : D (vocht)
1e periode	1,31	1,29
2e	1,56	1,23

In fig. 134 is voor de vroegheid eenzelfde uitdrukkingwijze gekozen als in fig. 129 voor de opbrengst. De vroegheid wordt blijkbaar sterk gedrukt door Nat

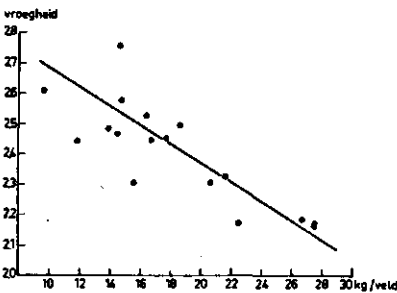


FIG. 133. Verband tussen de opbrengst in kg per veldje en de vroegheid van de oogst bij tuinbonen (1955)

FIG. 133. Relation between the yield per plot in kg and the earliness of the harvest of garden beans (1955)

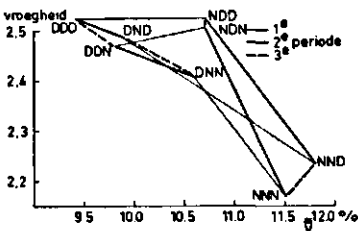


FIG. 134. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone (∇) en de oogstvroegheid, gemiddelden per object

FIG. 134. Relation between the average moisture content in the root zone (∇) and the earliness of harvest with garden beans, averages per treatment

<sup>1</sup> I.v.m. de negatieve correlatie tussen vroegheid en vochtgehalte is hier D : N i.p.v. N : D berekend.

in de 2e periode, speciaal als de 1e periode eveneens Nat was. Nat in de 1e periode heeft weinig invloed, mits er een droge periode op volgt.

## 3.6.3. SLA 1955

## Teeltgegevens

12 aug.	var. „Zwart Duits”, 30 × 30 cm, geplant na een bemesting met 1½ kg kas/veldje (750 kg/ha)
30 aug.	ingang van de „1e periode”
15 sept.	overgang 1e naar 2e periode
29 sept.	1e oogst
10 okt.	2e (laatste) oogst

## Objecten

Twee vochttrappen, twee perioden; in drievoud

D = uitdrogingsgrens 9,3 % vocht;

N = 11,6 % vocht

Aanlooperperiode 12 augustus — 30 augustus

1e periode 30 augustus — 15 september

2e periode 15 september — 29 september/10 oktober

TABEL 19. Vochtgehalten en waterhoeveelheden in de onderscheiden perioden bij vier obj. van sla 1955

	Objecten			
	Treatments			
	DD	DN	ND	NN
gemiddeld vochtgehalte (%) 1e periode	11,3	10,8	12,8	12,7
<i>average moisture content 1st period</i>				
2e periode	10,2	12,4	10,0	13,1
<i>2nd period</i>				
1e en 2e periode	10,8	11,45	11,56	12,9
<i>1st and 2nd period</i>				
neerslag gedurende aanlooperperiode (mm)	42,6	42,6	42,6	42,6
<i>precipitation during preliminary period (mm)</i>				
neerslag gedurende 1e periode	0,8	20,8	55,8	55,7
<i>precipitation during 1st period</i>				
neerslag gedurende 2e periode	15,5	39,3	—,—	39,3
<i>precipitation during 2nd period</i>				
totaal	58,9	102,7	98,4	137,6
<i>total</i>				
vochtinhoudsverandering (mm) 24 aug.—5 sept.	10	—3	10	3
<i>change in moisture content (mm)</i>				
24th August—5th September				
totaal vocht„verbruik”	68,9	99,7	108,4	140,6
<i>total moisture „consumption”</i>				

TABLE 19. Moisture contents and quantities of water in the differentiated periods in four treatments of lettuce (1955)

## Uitvoering

De proef is conform het schema uitgevoerd met dien verstande dat de Natte objecten ook enkele malen aanvullende neerslag kregen vóórdat het grondonderzoek dat zulks zou moeten aangeven had plaats gehad, omdat op grond van de jongste vochtbepalingen een daling onder de gestelde uitdrogingsgrens met zekerheid kon worden aangenomen. In tabel 19 zijn de gegevens omtrent waterhoeveelheden en vochtgehalten (zie ook fig. 135) samengevat. Daarbij is de neerslag tot en met de laatste monsterdatum (5 oktober) meegeteld, d.i. 25 à 27 mm minder dan tot de 2e oogstdatum. Opgemerkt mag worden dat de gemiddelde vochtgehalten en de totale hoeveelheden neerslag (of „waterverbruik”) van de objecten DN en ND weinig verschillen, zodat een vergelijking tussen de periode-effecten op de opbrengst uit dien hoofde eenvoudig is. Overigens zijn de vochtgehalteverschillen met de beide andere objecten betrekkelijk klein; de waterhoeveelheden lopen beter uiteen. Niettemin zijn de behandelingen goed gescheiden: correlatiecoëfficiënt  $r_{1 \times 2} = 0,14$ . Zie fig. 136.

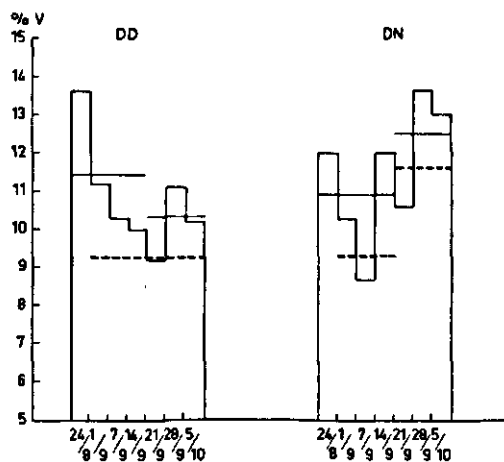


FIG. 135. Vochtgehaltebeloop bij sla 1955, gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte. Bemonsteringsdiepten:  
 0—15 cm 24 aug.  
 3—15 1 sept.  
 3—20 7 en 28 sept.  
 3—25 14 en 21 sept. en 5 okt.

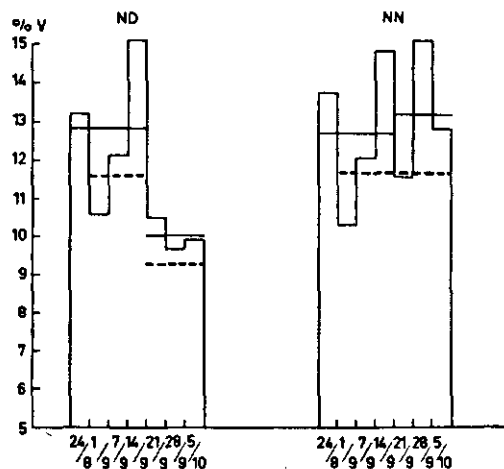


FIG. 135. Change in moisture content with lettuce (1955), averages per treatment; — — — — lower limit; ———— average moisture content; D = dry; N = wet.  
 Sampling depths:  
 0—15 cm 24th Aug.  
 3—15 1st Sept.  
 3—20 7th and 28th Sept.  
 3—25 14th and 21st Sept. and 5th Oct.

Oogstresultaten

De stand van het gewas is onregelmatig geweest. Het aantal *kroppen* dat geoogst kon worden liep van veld tot veld sterk uiteen. Dit aantal vertoont een rechtlijnig verband met het vochtgehalte, gemiddeld over alle vochtbepalingen, wat wijst op een nadelige invloed van hoge vochtgehalten (fig. 137). Wordt het verband nagegaan tussen het genoemde aantal en het gemiddeld vochtgehalte in de 1e periode resp. dat in de 2e periode, dan blijkt dat hoge vochtgehalten in de 1e periode tot een groot aantal uitvallers heeft geleid, weinig afhankelijk van het vochtgehalte in de 2e periode (fig. 138). Eenzelfde conclusie kan uit fig. 139 getrokken worden; overigens is weinig verband te constateren. Deze invloed van

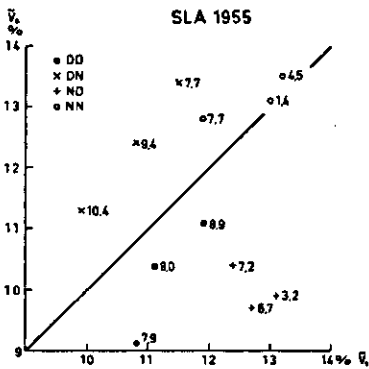


FIG. 136. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de eerste ( $V_1$ ) en dat in de tweede periode ( $V_2$ ) bij sla 1955. In cijfers de kg opbrengst per veldje

FIG. 136. Relation between the average moisture content in the first ( $V_1$ ) and that in the second period ( $V_2$ ) with lettuce (1955). Figures relate to the yield in kg per plot

FIG. 137, 138 en 139. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $V$ ) resp. over de onderscheiden eerste periode ( $V_1$ ) en de tweede ( $V_2$ ), en het aantal planten per veldje, dat geoogst werd. In cijfers de gemiddelde vochtgehalten in de 2e periode (fig. 138) resp. de 1e periode (fig. 139)

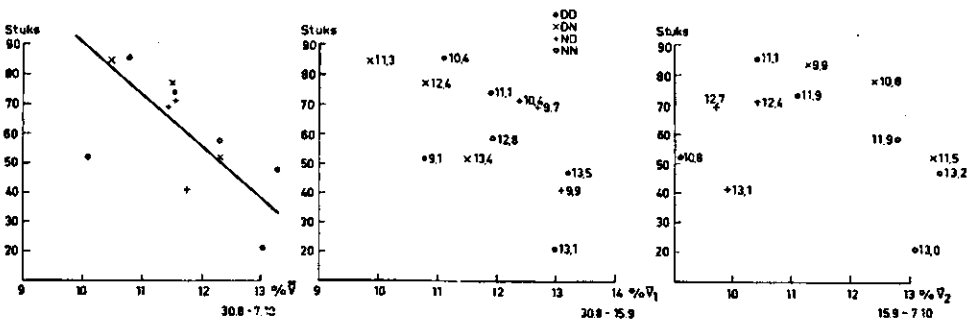


FIG. 137, 138 and 139. Relation between the average moisture content in the root zone for the whole growing period ( $V$ ) for the differentiated first period ( $V_1$ ) and the second period ( $V_2$ ) and the number of harvested plants per plot. The figures to the dots state the average moisture contents in the second period (fig. 138) and the first period (fig. 139)

de behandeling op het aantal geoogste planten blijkt storend bij een beoordeling van het behandelingseffect op de opbrengst. Zo leert fig. 140 dat er per object verband is tussen het aantal geoogste planten per veldje en het gemiddelde kropgewicht, doch dat de aard van deze samenhang voor de vier objecten uiteenloopt van een sterk positieve tot een sterk negatieve correlatie. Het is niet duidelijk hoe dit verschijnsel door de behandelingen verklaard moet worden.

De *kg-opbrengst* per (netto) veldje, ongeacht het aantal planten, hangt samen met het vochtgehalte, gemiddeld over beide perioden, volgens fig. 141. Een belangrijk deel der puntenspreiding kan worden verklaard door het verband na te gaan per periode (fig. 142 en 143) evenals dat in fig. 138 en 139 voor de aantallen

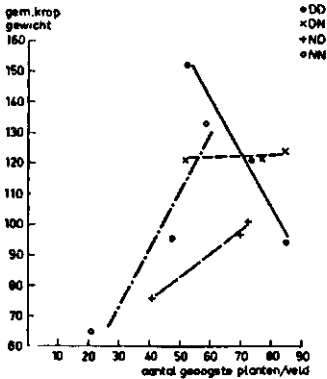


FIG. 140. Verband tussen het aantal geoogste planten en het gemiddeld kropgewicht per veldje, onderscheiden per object (sla 1955)

FIG. 140. Relation between the number of harvested plants (horizontal axis) and the average head weight per plot (vertical axis), differentiated per treatment (lettuce, 1955)

FIG. 141, 142 en 143. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{V}$ ) resp. over de onderscheiden eerste periode ( $\bar{V}_1$ ) en de tweede ( $\bar{V}_2$ ), en de opbrengst van sla (1955) in kg per veldje. In cijfers de gemiddelde vochtgehalten in de 2e periode (fig. 142) resp. de 1e periode (fig. 143)

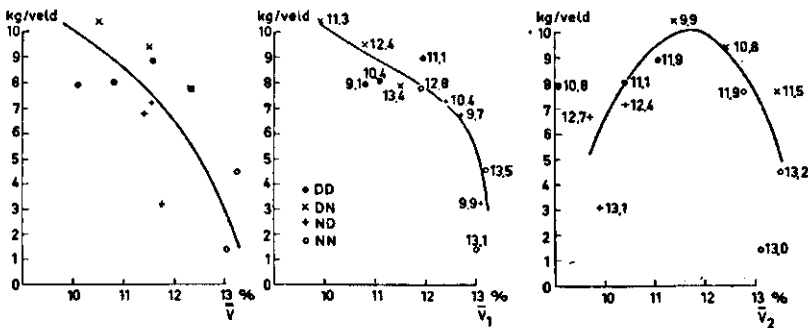


FIG. 141, 142 and 143. Relation between the average moisture content in the root zone, for the whole growing period ( $\bar{V}$ ) and for the differentiated first ( $\bar{V}_1$ ) and the second period ( $\bar{V}_2$ ) and the yield of lettuce, in kg per plot (1955). The figures to the dots state the average moisture contents in the second period (fig. 142) and the first period (fig. 143)



gebeurde. Hier komt nog duidelijker tot uiting dat lage opbrengsten samengaan met hoge vochtgehalten in de 1e periode (ND en NN) en dat de invloed van de 2e periode door een optimumcurve wordt weergegeven, waarbij minder hoge vochtgehalten in de 1e periode gunstig blijken.

Wordt aangenomen dat de onderscheiden invloeden in de 1e en 2e periode beide rechtlijnig zijn en derhalve de opbrengst wordt uitgedrukt met  $y = ax_1 + bx_2 + c$ , als  $x_1$  en  $x_2$  de gemiddelde vochtgehalten in de 1e resp. 2e periode voorstellen, dan is te berekenen dat  $a = -2,06$ ,  $b = -0,09$  en  $c = 32,36$ . Dit bevestigt de negatieve invloed van hoge vochtgehalten in de 1e periode en de geringe invloed (althans als rechtlijnige component) in de 2e periode.

Aangezien fig. 141 doet vermoeden dat met een 2e graads vergelijking het verband beter wordt verklaard en aangezien dan tevens mogelijke interacties kunnen worden gevonden, is met multiële regressie berekend

$$y = -0,595x_1^2 + 0,009x_1x_2 - 0,004x_2^2 + 11,781x_1 - 0,124x_2 - 47,741.$$

De toevalskwadratoom bij de 1e graads functie = 22,6619

bij de 2e graads functie = 18,3645

$$\text{verschil} \quad \frac{4,2974}{F_{\text{ber.}} = 0,47}$$

De F-toets leert dat geen wezenlijk betere uitdrukking voor het verband tussen opbrengst en gemiddelde vochtgehalten wordt verkregen door 2e graads termen in de vergelijking op te nemen. Dit geldt evenzeer voor het geval één of twee der termen wordt gehandhaafd.

Met  $y = 2,06x_1 - 0,09x_2 + 32,3$  is het verband dus in formule uitgedrukt wellicht nog op de eenvoudigste wijze benaderd.

De overeenkomst tussen de reacties van het aantal planten en de kg-opbrengst wordt verklaard door fig. 144, waaruit, behalve voor obj. DD, een hoge correlatie tussen beide grootheden blijkt. Aangezien het aantal planten niet onafhankelijk van de behandeling is, mag hierop niet gecorrigeerd worden door het gemiddeld kropgewicht als maatstaf voor de opbrengst te nemen.

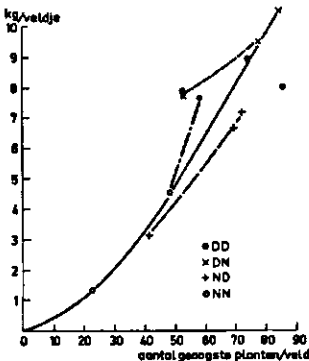


FIG. 144. Verband tussen het aantal geoogste planten en de opbrengst in kg per veldje, onderscheiden per object (sla, 1955)

FIG. 144. Relation between the number of harvested plants and the yield in kg per plot, differentiated per treatment (lettuce, 1955)

Als conclusie kan gesteld worden dat van de vier objecten de behandeling DN in deze proef de beste oogstresultaten heeft opgeleverd, significant beter dan de behandeling ND en NN. Een matige vochtvoorziening in de eerste helft van de groei, gevolgd door een ruime vochtvoorziening in de 2e helft, geeft een hogere opbrengst dan de omgekeerde volgorde of een constant ruime watervoorziening. Dat de 1e periode het gevoeligst is voor een *teveel* aan water, is ook af te leiden uit fig. 145 en 146, waar de — per object gemiddelde — aantallen resp. kg-opbrengsten per veldje tegen het gemiddeld vochtgehalte uitgezet zijn.

FIG. 145, 146 en 147. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{\nabla}$ ) en het aantal planten, resp. de opbrengst in kg en de vroegheid van de oogst, als objectgemiddelden (sla 1955)

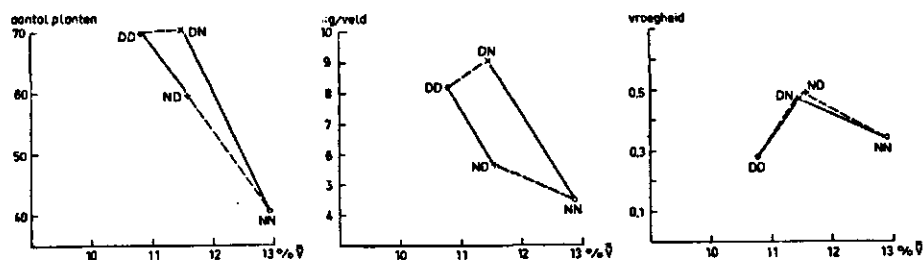


FIG. 145, 146 and 147. Relation between the average moisture content in the root zone for the whole growing period ( $\bar{\nabla}$ ) and the number of plants and the yield in kg and the earliness of the harvest, as treatment averages (lettuce, 1955)

Uit fig. 147, waarin de *vroegheid*<sup>1</sup> op het gemiddeld vochtgehalte is betrokken, kan bezwaarlijk een verband afgeleid worden. Blijkbaar ondervindt de vroegheid weinig invloed van de toegepaste behandelingen. Fig. 148 suggereert wel dat een matige watergift tot een optimum leidt, zonder dat er van een specifieke periodegevoeligheid sprake is. Daarbij dient echter te worden opgemerkt, dat sla betrekkelijk kort te velde staat en dat de groei bij alle objecten op een vrij hoog tot hoog vochniveau heeft plaatsgevonden.

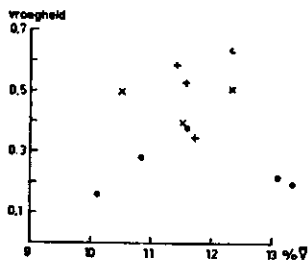


FIG. 148. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{\nabla}$ ) en de vroegheid van de oogst bij sla (1955)

FIG. 148 Relation between the average moisture content in the root zone, for the whole growing period ( $\bar{\nabla}$ ) and the earliness of the harvest of lettuce (1955)

<sup>1</sup> kg-opbrengst 1e oogstdatum

totale kg-opbrengst

FIG. 149. Vochtgehaltebeloop bij spinazie 1955; 2 series gemiddelden per object; — — — — uitdrogingsgrens; ———— gemiddeld vochtgehalte. Bemonsteringsdiepten:

3—15 cm 15 sept.—21 sept.  
3—20 7 sept. en 28 sept.  
3—25 5 okt.

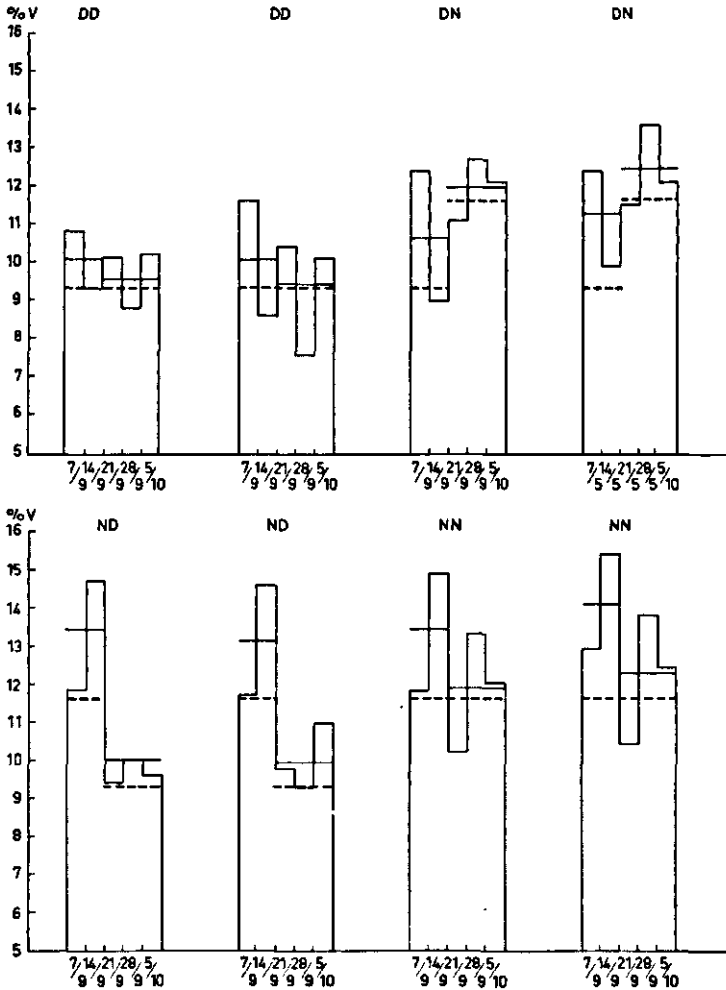


FIG. 149. Change in moisture content of spinach, (1955); 2 series of averages per treatment; — — — — lower limit; ———— average moisture content; D = dry; N = wet.

Sampling depths:

3—15 cm 14th Sept.—21st Sept.

3—20 7th Sept. and 28th Sept.

3—25 5th Oct.

## 3.6.4. SPINAZIE 1955

## Teeltgegevens

22 augustus ras Viroflay rondzaad gezaaid op rij-afstand 15 cm na bemesting met 2 kg kas/ha veldje (1000 kg/ha)  
6 oktober oogst in één keer

## Objecten

Twee vochttrappen; twee perioden;  $2^2 = 4$  objecten in viervoud  
D = uitdrogingsgrens 9,3 %; N = uitdrogingsgrens 11,6 % vocht  
Aanlooperperiode 22 augustus — 7 september  
1e periode 7 september — 15 september  
2e periode 15 september — 6 oktober

## Uitvoering

Het was aanvankelijk de bedoeling drie perioden te onderscheiden. De korte groeitijd van het gewas liet echter slechts 2 perioden toe. Dit had tot gevolg dat de objecten in viervoud lagen, met dien verstande dat voor de watertoediening de vochtgehalten per veldjes-paar werden beoordeeld, zodat binnen de objecten (geringe) verschillen in waterhoeveelheden zijn ontstaan. Het vochtgehaltebeloop volgens bemonstering is in fig. 149 weergegeven.

In tabel 20 zijn de gegevens van gemiddelde vochtgehalten en neerslaghoeveelheden en totaal waterverbruik samengevat. Hieruit volgt dat de behandelingsverschillen in de beide perioden duidelijk in de cijfers tot uiting komen (de correlatie tussen de vochtgehalten 1e en 2e periode is gering;  $r_{x_1 \times x_2} = 0,38$ ), doch dat het bestreken vochtgehaltetraject betrekkelijk klein is (zie fig. 150). Dit is een gevolg van de vrij hoog gestelde uitdrogingsgrenzen. De verschillen in neerslag komen door het meerekenen van de uitdroging der bemonsterde laag (3—25 cm) in het totaal waterverbruik verzwakt tot uiting.

## Oogstresultaten

De opbrengst is bepaald van de netto-veldjes, d.w.z. dat 4 rijen tot rand zijn gerekend. Er is een vrij grote spreiding der kg-opbrengsten in de herhalingen binnen een object. Dit vormt geen beletsel voor een grafische bewerking. Eerst geeft fig. 150 het verband tussen de gemiddelde vochtgehalten in beide perioden. Daaruit blijkt een goed onderscheid tussen de vier objecten. Fig. 151 toont een rechtlijnig verband met het over 5 weekwaarnemingen gemiddelde vochtgehalte.

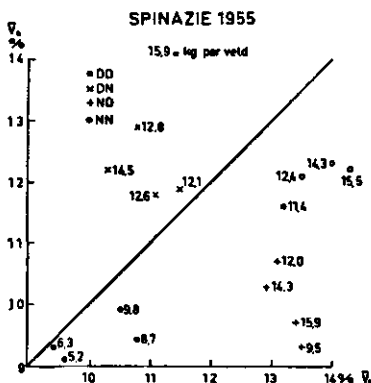


FIG. 150. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de 1e periode ( $V_1$ ) en dat in de 2e periode ( $V_2$ ). Getallen bij de punten geven de opbrengst in kg per veldje aan.

FIG. 150. Relation between the average moisture content in the first period ( $V_1$ ) and that in the second period ( $V_2$ ). Figures to the dots state the yield in kg per plot. D = dry; N = wet

TABEL 20. Vochtgehalten en waterhoeveelheden in de onderscheiden perioden bij vier obj. van spinazie 1955

	Objecten Treatments							
	DD	DD	DN	DN	ND	ND	NN	NN
gemiddeld vochtgehalte (%)								
1e periode	10,0	10,1	10,7	11,1	13,3	13,2	13,3	14,1
average moisture content (%)								
1st period								
2e periode	9,5	9,3	12,0	12,4	10,0	10,0	11,9	12,2
2nd period								
totaal 1e en 2e periode	9,7	9,6	11,4	11,8	11,3	11,2	12,4	13,0
total 1st and 2nd period								
neerslag (mm) aanloopperiode	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0
precipitation preliminary period								
1e periode / 1st period	0,7	0,7	0,7	0,7	28,7	28,7	28,7	26,2
2e periode / 2nd period	34,5	37,0	44,5	44,5	9,4	18,9	29,6	29,6
totaal waterverbruik	98	102	102	101	95	111	112	107
total water consumption								
gemiddeld per dag	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,4	2,5	2,4
average per day								

TABLE 20. Moisture contents and quantities of water in the differentiated periods in four treatments of spinach (1955)

FIG. 151, 152 en 153. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{V}$ ), resp. over de onderscheiden eerste periode ( $\bar{V}_1$ ) en over de tweede ( $\bar{V}_2$ ), en de opbrengst in kg per veldje bij spinazie (1955). In cijfers de gemiddelde vochtgehalten van de andere periode

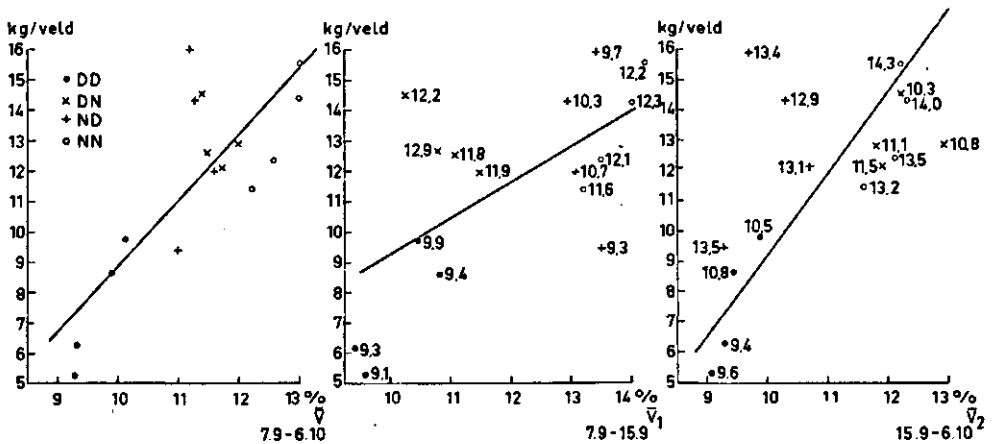


FIG. 151, 152, and 153. Relation between the average moisture content in the root zone, for the whole growing period ( $\bar{V}$ ), the differentiated first period ( $\bar{V}_1$ ) and the second period ( $\bar{V}_2$ ) and the yield in kg per plot with spinach (1955). The figures to the dots state the average moisture contents of the other period

Uit de ligging der punten ND en DN is niet af te leiden dat een der perioden gevoeliger voor water is dan de andere. Wel zou uit fig. 152 en 153 op het eerste gezicht geconcludeerd kunnen worden dat de kg-opbrengst beter samenhangt met de gemiddelde vochtgehalten 2e periode dan met die der 1e periode ( $r_1 = 0,62$ ,  $r_2 = 0,855$ ). Worden de vochtgehalten uit de andere periode, die bij de waarnemingspunten zijn geschreven, mede in aanmerking genomen, dan is deze conclusie onzeker. Dit leert ook fig. 150. Uit een multiële regressieberekening volgens de hoofdeffecten van de vochtgehalten  $x$  in de 1e resp. 2e periode als regressie-coëfficiënten uit  $y = ax_1 + bx_2 + c$  met  $a = 0,64$ ,  $b = 2,26$  en  $c = -20,69$ . De betekenis die aan de berekende factoren  $a$  en  $b$  moet worden toegekend volgt uit  $r^2_{y,x_1} = 0,38$  en  $r^2_{y,x_2} = 0,74$ . Fig. 154, waarin de objectgemiddelden zijn verbonden door lijnen voor het effect van N t.o.v. D in de 1e resp. 2e periode, leert echter dat er geringe opbrengstverschillen zijn tussen alle objecten waarin tenminste één periode nat is geweest.

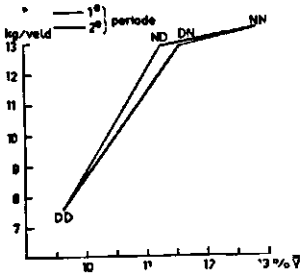


FIG. 154. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone ( $\Psi$ ) en de opbrengst in kg per veldje, gemiddeld per object (spinazie 1955)

FIG. 154. Relation between the average moisture content in the root zone ( $\Psi$ ) and the yield in kg per plot, averages per treatment (spinach, 1955)

Variantieanalyse van de opbrengstwaarnemingen geeft aan dat zowel in de 1e als de 2e periode het effect van N t.o.v. D significant is ( $F_{\text{ber.}}$  8,23 resp. 8,57;  $F_{0,05} = 4,75$ ;  $F_{0,01} = 9,53$ ). De grootte van dit effect is echter in beide perioden ongeveer gelijk, zoals uit het volgende overzicht blijkt:

	opbrengst (som)		vochtgehalten (som)		N : D (opbr.)	N : D (vocht)
	N	D	N	D		
1e periode	105,40	81,94	107,9	84,0	1,28	1,28
2e	105,64	81,70	97,0	77,7	1,29	1,25

Dit hoofdeffect moet echter nagenoeg geheel worden toegeschreven aan de lage opbrengsten van de veldjes met behandeling DD; tussen de overige objecten zijn verschillen niet betrouwbaar aan te tonen. Overigens valt op dat de verhouding N : D bij de vochtgehalten zowel onderling als met die bij de opbrengst overeenkomen. Dit bevestigt dat de uitkomsten van deze proef geen aanleiding geven om bij spinazie een bijzondere periodegevoeligheid aan te nemen, doch dat een matige gemiddelde uitdroging van de grond reeds tot een belangrijke opbrengstverlaging leidt. De cijfers voor het totale waterverbruik variëren te weinig om in aanmerking te komen voor een bewerking die langs andere weg een inzicht zou kunnen geven in het bestaan van specifieke periodegevoeligheid.

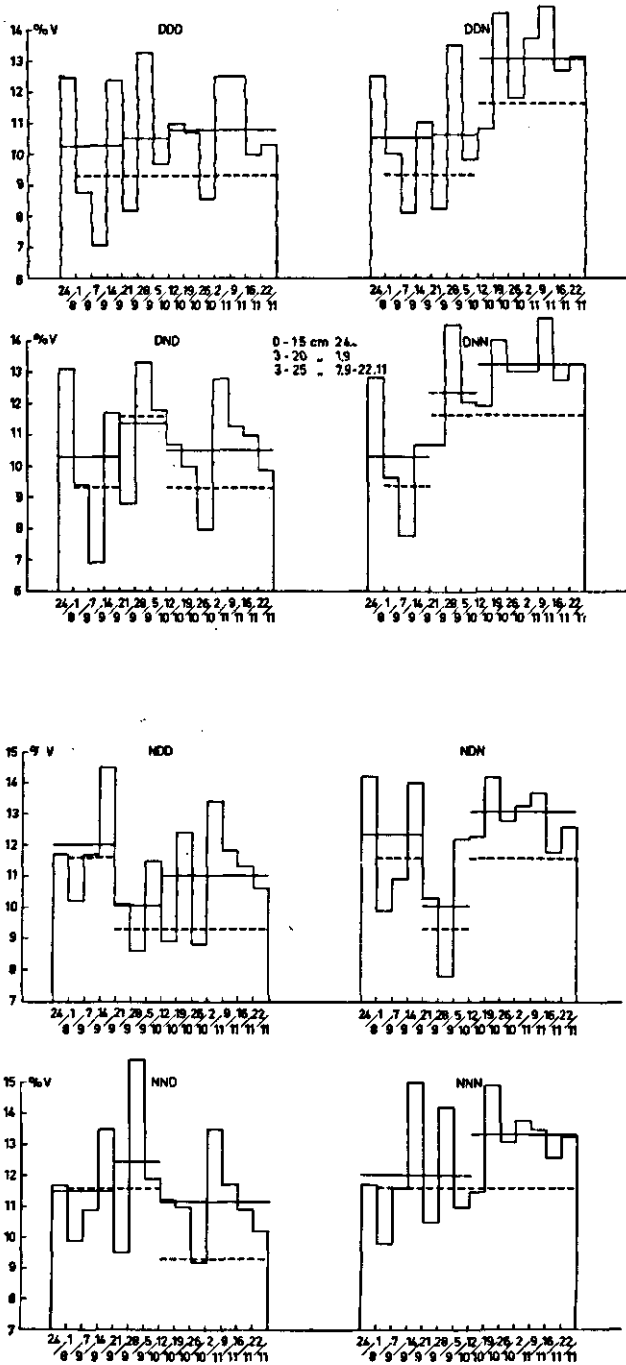


FIG. 155. Vochtgehaltebeloop bij boerekool 1955, gemiddelden per object; --- uitdrogingsgrens; ——— gemiddeld vochtgehalte

FIG. 155. Change in moisture content in kale (1955), averages per treatment; --- lower limit; ——— average moisture content; D = dry; N = wet





fig. 157 en uit  $r_{x_1 \times 2}^2 = 0,0001$ ,  $r_{x_2 \times 3}^2 = 0,03$ ,  $r_{x_1 \times 3}^2 = 0,03$ . Een uitdrukkingwijze als in fig. 158 geeft een inzicht in de invloed die de tegenstelling D tegenover N in de drie perioden heeft gehad. De helling der getrokken lijn geeft een indruk van het nuttig effect dat een groter vochtgehalte op de opbrengst heeft gehad in de 3 perioden. Bij het gemiddeld vochtgehalte is het effect van N in de 3e periode groter, indien de 1e periode eveneens Nat was, dan wanneer de 1e periode Droog werd gehouden. T.a.v. vochtgehalte is het gewas in de 1e periode speciaal gevoelig voor droogte als er een droge periode op volgt, of omgekeerd: het effect van neerslag in de 2e periode is groter wanneer de 1e periode droog wordt gehouden dan wanneer de 1e periode ook nat was; in het laatste geval is het effect van water in de 2e periode zelfs negatief.

FIG. 157. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de eerste en dat in de twee periode, resp. tussen dat in de tweede en dat in de derde periode bij boerekoal 1955. In cijfers de kg opbrengst per veldje

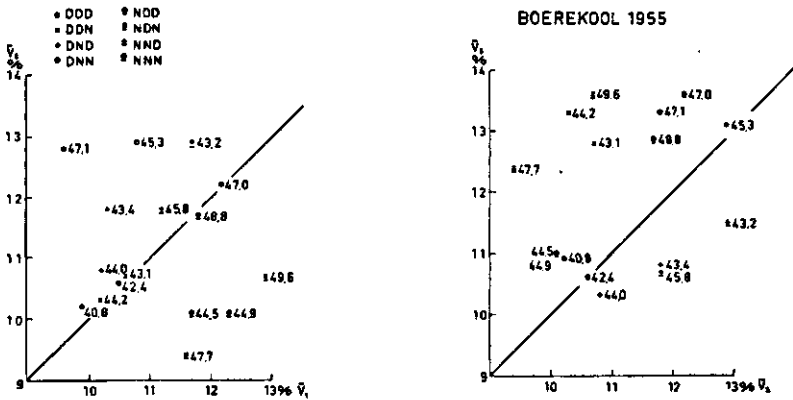


FIG. 157. Relation between the average moisture content in the first and that in the second period and between that in the second and that in the third period with kale (1955). The figures state the yield per kg per plot

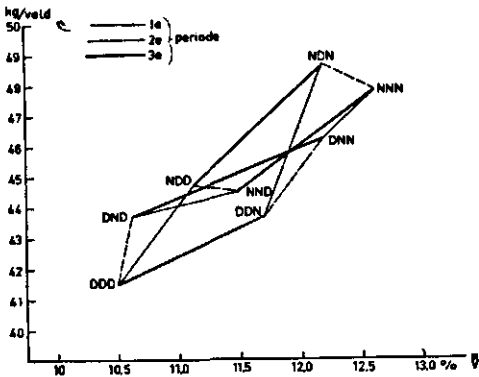


FIG. 158. Verband tussen het vochtgehalte in de wortelzone, gemiddeld over de gehele groeiperiode ( $\bar{V}$ ) en de opbrengst van boerekoal (1955) in kg per veldje (obj.gem.)

FIG. 158. Relation between the moisture content in the root zone, average for the whole growing-period ( $\bar{V}$ ) and the yield of kale (1955) in kg per plot (treatment average)

Een en ander wordt bevestigd door een wiskundige bewerking der gegevens. De variantieanalyse van de opbrengstcijfers geeft aan dat zeer significant ( $F_{0,01}$ ) zijn de hoofdeffecten N t.o.v. D in de 1e en de 3e periode en significant de interactie 1e orde  $N_1 \times N_2$  (t.o.v. D). In het volgende overzicht zijn opgenomen de totalen of gemiddelden van 8 veldjes (4 objecten) per periode, D en N voor de opbrengst, de som van gemiddelde vochtgehalten, alsmede de verhouding N : D.

	opbrengst (kg)		som vochtgehalten				N : D	N : D	N : D
	gem. p. veldje		per periode		gem. over drie perioden		(opbr.)	(vocht)	(vocht over 3
	D	N	D	N	D	N		(p. per.)	per.)
1e periode	43,77	46,44	82,0	95,4	90,0	94,7	1,06	1,16	1,05
2e	44,65	45,58	82,1	95,9	91,0	93,7	1,02	1,17	1,03
3e	43,63	46,60	86,8	104,9	87,4	97,3	1,07	1,21	1,11

De waarden N : D voor de opbrengst wijzen op een gemiddeld gering hoofdeffect van N t.o.v. D. Daarbij overweegt — de lengte der perioden in aanmerking genomen — het effect in de 1e periode.

Bij de vochtgehalten is de verhouding N : D gemiddeld groter dan bij de opbrengst, indien van de perioden-gemiddelden wordt uitgegaan, echter van dezelfde orde van grootte, indien — zoals de opbrengst zelf tenslotte ook de resultante van ruim 3 maanden groei is — van de totaal gemiddelde vochtgehalten wordt uitgegaan. In het laatste geval blijkt dat in de 1e periode de gunstigste verhouding tussen N : D (opbrengst) en N : D (vocht) bestaat, hetgeen in vergelijking tot de andere perioden als een bijzondere gevoeligheid in die periode kan worden vertaald. Multipiele regressieberekening geeft  $y = 1,29x_1 + 0,09x_2 + 0,56x_3 + 429,1$ , waaruit blijkt dat over het geheel genomen de variatie in vochtgehalte (x) slechts een kleine invloed op de opbrengst (y) heeft gehad. De invloed van een hoger vochtgehalte is in de 1e periode het grootst geweest, maar de berekende verschillen zijn zeer klein.

### 3.7. SAMENVATTING

De proefnemingen, gericht op het leggen van een verband tussen de opbrengst van een aantal groentegewassen en de vochttoestand in de bemonsterde grondlaag, gemiddeld over de groeitijd of een deel daarvan, werden ingedeeld naar het type behandelingen, dat tot dat verband heeft geleid. Waar over opbrengst wordt gesproken zijn meestal tevens andere waarnemingen bedoeld, zoals aantal planten per oppervlakte-eenheid, aantal stengels en peulen (tuinbonen), vroegheid, sortering en kwaliteit van de oogst.

1. Proeven in 1953 met vochttrappen, waarbij de uitdrogingsgrenzen golden: 12,5 gew. %; 8,2 %; 6,4 % en 5,8 gew. % vocht.

Gewassen: vroege aardappelen, bieten, tuinbonen en wortelen en een proef in 1954 met bieten, waarbij als uitdrogingsgrenzen golden 11,7 gew. %, 8,7 en 7,0 gew. % vocht.

De gemiddelde vochtgehalten zijn steeds lager dan met veldcapaciteit overeenkomt. De opbrengst en daarmee positief gecorreleerde waarnemingen aan het gewas waren steeds het hoogst voor de natste objecten met een sterke daling naar de drogere objecten; de vroegheid van de oogst, voor zover bepaald, was negatief gecorreleerd met het gemiddeld vochtgehalte (fig. 34 tot 79).

2. Proeven in 1953 met vochttrappen met als uitdrogingsgrenzen 9,0 gew. % en

7,5 gew. % en enige zeer natte objecten: natuurlijke neerslag aan te vullen tot 45 mm en tot 30 mm per week, bij de nateeltgewassen andijvie, savoyekool, sla en stamslabonen; een proef met aardbeien in 1954 met als uitdrogingsgrenzen 10,0; 8,3 en 6,7 gew. % vocht en een object, waarbij de natuurlijke neerslag zonodig wordt aangevuld tot 30 mm per week. De gemiddelde vochtgehalten besloegen een groter traject, bij de eerstgenoemde vier proeven tot boven de veldcapaciteit; de opbrengsten reageerden met optimum curven; de spreiding tussen de herhalingen was binnen de natte objecten over het algemeen groter dan binnen de drogere objecten (fig. 80 tot 95). De opbrengsten van savoyekool liepen weinig uiteen. Het reactiepatroon bij aardbeien was als dat bij de sub 1 genoemde proeven (fig. 97).

3. Een proef met vroege aardappelen in 1954, waarbij als (3) vochttrappen vaste hoeveelheden water per week golden: 17, 26 en 35 mm, welke betrekkelijk weinig variatie in het gemiddeld vochtgehalte veroorzaakten (fig. 103) en waarbij ter oriëntering 4 stikstoftrappen (50, 100, 150 en 200 kg N per ha) zijn toegepast. De knolopbrengst was met het gemiddeld vochtgehalte gecorreleerd zonder op een optimum te wijzen; geen noemenswaardige samenhang werd gevonden t.a.v. het aantal knollen, de loofopbrengst en de droge-stofgehalten in knollen en loof, een zwakke samenhang voor de sortering. Een significant stikstofeffect werd waargenomen bij de knolopbrengst (optimum bij ca. 100N) en de loofopbrengst (geen optimum) (fig. 104 tot 107).

4. Proeven in 1954 met langzame uitdroging van de grond (door zoveel mogelijk dagelijks kleine hoeveelheden water te geven, hetzij afhankelijk van de geschatte verdamping in het voorafgaande etmaal, hetzij als vaste doses van ca. 0,6 tot 1,9 mm) met als uitdrogingsgrenzen 10,7 gew. % en 8,7 gew. % (bij bloemkool) en 7,3 gew. % vocht (bij andijvie), en daarnaast (alleen bij andijvie) betrekkelijk hoge vochttrappen door eenmaal of driemaal per week de natuurlijke neerslag aan te vullen tot 24 mm resp. 8 mm. Beide proeven gaven een optimum-curve bij een vrij grote opbrengstspreading in een breed vochtgehaltetraject (fig. 109 tot 114).

5. Proeven in 1955 met vochttrappen in verschillende delen van de groeitijd (gevoelige periode-proeven) met boerekool, sla, spinazie, stamslabonen en tuinbonen. Nadat een zaaigewas was opgekomen, een verplant gewas goed was aangeslagen, werd een verdeling van de verwachte groeitijd in twee of drie perioden gemaakt. Als vochttrappen in deze perioden golden de uitdrogingsgrenzen van 11,6 gew. % voor Nat en 9,3 gew. % vocht voor Droog. Dit geeft bij twee perioden 4 objecten, nl. DD, DN, ND en NN, bij drie perioden 8 objecten nl. DDD, DDN, DND, DNN, NDD, NDN, NND en NNN. Het doel van deze

proeven was de onderscheiden perioden te toetsen op eventueel onderling verschil in gevoeligheid van opbrengst voor uitdroging. Wordt afgezien van de wijze waarop het over de gehele groeitijd gemiddeld vochtgehalte tot stand is gekomen, dan biedt deze groep een vergelijkingsmogelijkheid met de proeven sub 1—4.

De opbrengstgegevens van deze groep zijn zowel grafisch als wiskundig bewerkt, het laatste door middel van een variantie-analyse en door toepassing van een multi-pele regressieberekening.

Stamslabonen bleken gevoelig voor droogte ofwel gebaat bij een ruime vochtvoorziening in de eerste periode, d.i. tot midden bloei (fig. 115—120). Tuinbonen reageerden het sterkst in de tweede periode, eveneens bloeitijd (fig. 121—134). Sla reageerde zo sterk negatief op een hoog gemiddeld vochtgehalte in de eerste periode, dat het beeld over de gehele groeitijd bezien afwijkend was van de curve 1953 (fig. 135—148). Bij spinazie is geen verschil in gevoeligheid tussen beide korte perioden waargenomen. Voortdurend droog drukte de opbrengst echter sterk (fig. 149—154). Bij boerekool kon slechts van een zwakke specifieke gevoeligheid in de eerste periode gesproken worden; de reactie op het gemiddeld vochtgehalte was over het geheel genomen gering (fig. 155—158).

## 4. DISCUSSIE

### 4.1. INLEIDING

#### 4.1.1. DE INHOUD VAN DIT HOOFDSTUK

De resultaten van de proefnemingen die in hoofd 3 werden besproken geven aanleiding tot een nadere, vergelijkende, beschouwing. Daaraan zal dit hoofdstuk hoofdzakelijk gewijd worden. Onderscheid zal gemaakt worden naar het type gewas (hakvruchten, blad- en koolgewassen en generatieve gewassen) en naar het jaargetijde waarin de gewassen te velde stonden (paragraaf 4.2.1.). De gevonden verschillen in opbrengstreactie op de toegepaste behandelingen geven aanleiding tot een nadere bespreking aan de hand van enige groeifactoren en de uitwendige omstandigheden waaronder de proefnemingen plaats vonden (paragraaf 4.2.2.). Als in opzet en doelstelling zich onderscheidende groep wordt van de proeven van 1955 een afzonderlijke bespreking gegeven (paragraaf 4.2.3.1.). De conclusie, dat in een aantal gevallen inderdaad van een bijzondere gevoeligheid voor de heersende vochttoestand in onderdelen van de totale groeiperiode gesproken mag worden, geeft aanleiding om ook de resultaten van de proeven van 1953 en 1954 te toetsen op mogelijke toevallige invloeden van deze soort. Het betreft dan zowel de objecten (paragraaf 4.2.3.2.) als de herhalingen (paragraaf 4.2.3.3.).

Hoewel het onderhavige onderzoek geen uitspraak toelaat over de vraag of vochtgehalte danwel vochtspanning opbrengstbepalend is, worden in paragraaf 4.2.4. enkele opmerkingen gemaakt over de betekenis van de resultaten met gemiddeld vochtgehalte, uitgedrukt in termen van pF. Tenslotte worden enkele beschouwingen gegeven over het waterverbruik (paragraaf 4.3.).

Uit het oogpunt van proeftechniek moet echter eerst de invloed van de glasbedekking aan de hand van de resultaten met gewassen (paragraaf 4.1.2.) en de invloed van de randwerking op de betrouwbaarheid der opbrengstwaarnemingen (paragraaf 4.1.3.) behandeld worden.

#### 4.1.2. INVLOED VAN (TIJDELIJKE) GLASBEDEKKING

In hoofdstuk 2 werd de invloed van de glaskappen op het klimaat besproken, alsmede — aan de hand van enkele literatuurgegevens — de mogelijkheid dat de opbrengst door de (tijdelijke) glasbedekking verlaagd wordt. Hoewel een uitspraak over dit effect in kwantitatieve zin met het beschikbare materiaal niet goed mogelijk is, zal hieronder een werkwijze worden beschreven die een benadering toelaat.

Er is een indeling in gewassengroepen gemaakt. De waarnemingspunten welke betrekking hebben op tijdelijk bekapte objecten zijn per gewassengroep door middel van verschuiving op logaritmische schaal samengevoegd tot één functioneel

verband<sup>1</sup>; hetzelfde, doch onafhankelijk van het voorgaande, is geschied met de waarnemingen aan objecten zonder glas. In fig. 159 zijn de resultaten samengevat voor de beschikbare proeven. Die van het jaar 1955 zijn hiertoe ongeschikt, omdat het al of niet bekapt zijn van een object tijdens de proef veranderde wegens de opeenvolging van droge en natte perioden.

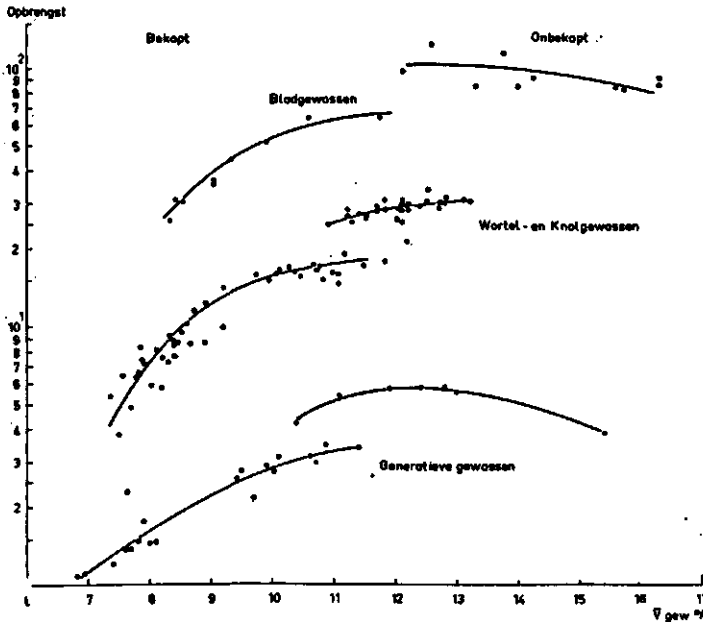


FIG. 159. De invloed van de tijdelijke afdekking met glaskappen op het reactiepatroon bij de onderscheiden drie gewasgroepen

FIG. 159. The effect of the temporary glass cover on the reaction pattern in three crop groups

Het in de figuur waar te nemen niveauverschil tussen beide groepen heeft geen andere betekenis dan het aanbrengen van een scheiding, die een onafhankelijke beoordeling van het verband wenselijk maakt.

Uit de figuur blijkt dat de de curven, welke voor de bekapte objecten resp. de onbekapte objecten gelden, bij de bladgewassen geheel op elkaar aansluiten, bij de hakvruchten en de generatieve gewassen enigermate in richtingverloop verschillen: de curven van de onbekapte objecten — die uiteraard door een hoger gemiddeld vochtgehalte worden gekenmerkt — suggereren een sterkere reactie op droogte dan die voor de tijdelijk afgedekte objecten. Dit verschijnsel zou overeenkomen met de verwachting dat door de sterkere evapotranspiratie buiten de kappen hogere eisen aan de bodemvochtigheid worden gesteld. Hieruit moet worden geconcludeerd, dat de opbrengstverlaging ten gevolge van uitdroging onder normale veldcondities groter zal zijn dan uit de beschreven proeven is afgeleid.

Door verticale en horizontale verschuiving van de curven voor de onbekapte objecten kan een zodanige aansluiting gezocht worden bij de curven voor de

<sup>1</sup> Op de hier toegepaste methodiek wordt in paragraaf 4.2.1. uitvoeriger ingegaan.

bekapte objecten, dat zij — visueel — tot een geheel samenvloeien. Uit de aard en grootte van die verschuivingen kan dan een indruk worden verkregen van het effect van de tijdelijke glasafdekking op de opbrengst, d.w.z. van het opbrengstverschil tussen de bekapte en onbekapte objecten, dat niet aan verschillen in gemiddeld vochtgehalte mag worden toegeschreven.

Bij de groep generatieve gewassen blijkt een verschuiving van de curve voor onbekapte objecten in horizontale richting naar links nodig te zijn, overeenkomende met een vochtgehalteverlaging van 0,8 % vocht.

De horizontale verschuiving naar links bij de groep wortel- en knolgewassen bedraagt 1,2 % vocht.

De verschillen zijn echter klein en er lijkt dus weinig reden te zijn om te veronderstellen dat de tijdelijke glasbedekking ten aanzien van het gemiddelde opbrengstniveau een beduidend effect heeft gehad.

Op deze slotsom sluit aan dat bij het eerder geciteerde onderzoek van JULEN (1951, 1952) werd aangetoond dat in de gevallen dat irrigatie tot opbrengstverhoging leidt een luchttemperatuurverhoging een negatief effect op de opbrengst heeft, terwijl er een positieve invloed van het aantal uren zonneschijn uitgaat op de opbrengst (van kunstweiden); de conclusie was dat de factor licht gemakkelijk limiterend kan worden als de watervoorziening goed is en dat het aanbeveling verdient de mogelijkheid van sterke assimilatie op zonnige dagen te benutten door met irrigatie een eventuele waterbehoefte te dekken en het negatieve temperatuureffect tegen te gaan.

#### 4.1.3. RANDWERKING EN OPBRENGSTBEPALING

Het randeffect bij opengrondsproefvelden is bekend. Er is in verband met de aard der onderhavige proeven, waarbij op een deel der veldjes tijdelijk afdekking met glaskappen plaats vond, reden om bijzondere aandacht aan de grootte van dit randeffect te besteden. Gezien de hoogte van de glaskappen boven de grond moet met schuin invallende regen rekening gehouden worden, welke de opbrengst van de bruto oppervlakte der afgedekte veldjes zal beïnvloeden.

Door zijn teeltwijze leent het gewas aardappelen zich goed voor een nadere analyse. Deze is uitgevoerd aan de opbrengst van de proef 1953. Het totaal aantal planten per brutoveldje bedroeg 80<sup>1</sup>, nl. 8 rijen van 10 planten. De opbrengst is per plant bepaald. De opbrengst per plant voor de vier rijen „rondom” is afzonderlijk gemiddeld, uitgedrukt in procenten van die der buitenste rij planten (fig. 160). Het grootste opbrengstverval blijkt voor te komen van de buitenste naar de naastgelegen rij planten. Daarbinnen is de opbrengst bij obj. 0 constant, de veranderingen bij de overige objecten zijn onregelmatig. Gemiddeld is er een tendens tot geringe verdere daling. Deze veranderingen blijken volgens fig. 161b en c niet systematisch samen te hangen met de bodemvochttoestand, terwijl dat bij de overgang van de buitenste naar de naastgelegen rij wel het geval is (fig. 161a). Er is daarom geen reden om bij aardappelen méér dan één rij als rand te

<sup>1</sup> Voor deze analyse zijn de beide oogstdata samengenomen.

beschouwen en buiten de proefopbrengst te houden. Aangezien het plantverband  $55 \times 47$  cm was, is ten overvloede aan twee zijden (oost en west) een rand ter breedte van 2 rijen (94 cm) aangehouden.

In het algemeen werd de opbrengst van de gewassen per plantenrij bepaald, nadat aan oost- en westzijde een ruime koprand ter breedte van ca. 70 cm was afgescheiden.

Uit de verschillen tussen deze rij-opbrengsten kon eenvoudig worden afgeleid, over welke afstand uit de veldgrenzen het randeffect van zodanige betekenis was, dat er voor objectvergelijking rekening mee gehouden moest worden. Deze afstand bleek niet groter dan ca. 50 cm te zijn. Zo werd bij tuinbonen één rij à 55 cm buitengesloten, bij wortelen 4 rijen à 15 cm, bij bieten 3 rijen à 20 cm.

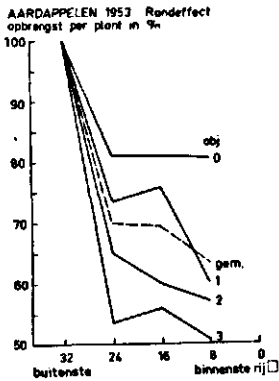


FIG. 160. Randwerking op veldjes met 8 rijen van 10 aardappelplanten; per object de opbrengst per plant van de verschillende rijen rondom  $\square$  uitgedrukt in procenten van de opbrengst per plant van de buitenste rij rondom  $\square$

FIG. 160. Border effect on plots with 8 rows of 10 potato plants; per treatment the yield per plant in the rows round  $\square$  expressed in percentages of the yield per plant in the outer row round  $\square$

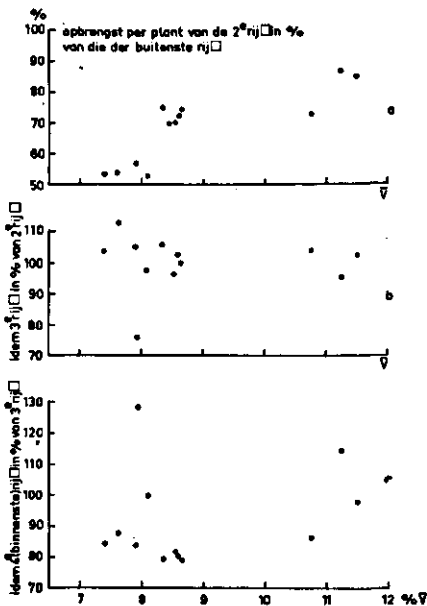


FIG. 161a, b en c. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone en de randwerking bij aardappelen 1953

FIG. 161a, b and c. Relation between the average moisture content in the root zone and the border effect with potatoes 1953



## 4.2. DE RESULTATEN

Bestudering van de reactie van gewassen op uitdroging van de grond is alleen mogelijk door verschillende uitdrogingsgrenzen vast te stellen en na het bereiken daarvan de grond wederom op veldcapaciteit te brengen.

In beginsel volgen hieruit twee mogelijkheden om de vochttoestand waaraan het gewas blootgesteld is geweest weer te geven, nl. de gestelde uitdrogingsgrens of het — over de tijd en de diepte — gemiddelde vochtgehalte, danwel de daaruit afgeleide vochtspanning of pF.

Er wordt van uitgegaan dat ernstige beschadigingen door uitdroging worden vermeden. Daarom zij vermeld, dat bij geen der proeven ooit verwelking werd waargenomen, behalve bij krotten (ook op de natte objecten) rond het middaguur op droge zonnige dagen; deze kon echter opgeheven worden door bladbevochtiging en was geen verschijnsel van permanente verwelking; dit werd op 1 juli 1953 vastgesteld toen tweemaal per uur de sproeiwagen eenmaal over het gewas gereden werd en dus slechts 0,2 mm water per keer werd gegeven.

De methode waarbij de uitdrogingsgrens als variabele in de bewerking wordt gebruikt leent zich slecht voor proeven in de open grond, althans wanneer de neerslag niet volledig beheerst wordt. In kassen en in gebieden zonder regen gedurende het groeiseizoen kan een regelmatige uitdroging-herbevochtiging gerealiseerd worden, die de uitdrogingsgrens een praktische adviesbasis voor kunstmatige watertoediening doet zijn. In het onderhavige onderzoek zijn echter objecten opgenomen waarbij geen sprake is van een voortgaande herhaalde uitdroging tot een voorafgestelde grens, andere waarbij dit wel het geval is.

Als derde mogelijkheid van weergeven zou in deze gevallen kunnen gelden het gemiddelde minimum vochtgehalte. Omdat de toegepaste methode enerzijds bij een aantal objecten een grillig vochtgehaltebeloop door weersinvloed impliceert, anderzijds geen goede schatting van dat vochtgehaltebeloop toelaat, is voor deze objecten de derde weergavemogelijkheid niet aantrekkelijk.

Om bovengenoemde redenen en terwille van de vergelijkbaarheid zijn daarom niet de uitdrogingsgrenzen, hetzij als de voorgenomen hetzij als de in feite voorgekomen minimum vochtgehalten als maatstaf gebruikt, doch het waargenomen gemiddelde vochtgehalte van de grond (in de bemonsterde laag), dat — afgezien van de andere invloeden daarop, zoals verdamping, onttrekking door het gewas (en het onkruid) en de zwaartekracht — het resultaat is van de behandeling. Hoewel de behandelingen voor de herhalingen binnen een object gelijk waren en, in het geval uitdrogingsgrenzen waren gesteld, werden geïndiceerd door het objectgemiddelde der vochtbepalingen, trad tengevolge van natuurlijke bodemverschillen tussen de herhalingen toch spreiding in de waarnemingen op; om die reden werd bij het bewerken van de relatie opbrengst — vochtgehalte bij voorkeur van de feitelijke gegevens per veldje en niet van de objectgemiddelden uitgegaan.

Ongeacht tot welke groep een proef behoorde, resulteerde de toegepaste behan-

deling o.a. in een over de gehele groeitijd gemiddeld vochtgehalte en daarbij waargenomen gewasopbrengst<sup>1</sup>.

Het rechtlijnig karakter van een aantal functies is onwaarschijnlijk. Het is immers niet aannemelijk dat de rechtevenredigheid tussen opbrengst en vochtgehalte zich over een groot vochtgehaltetraject zal blijven voordoen. Veeleer is te verwachten dat de waarnemingen behoren tot een kromlijnig verband, doch door het in de proefnemingen betrokken vochttraject slechts een nagenoeg rechte tak daarvan vertegenwoordigen.

Het kan ook zo uitgedrukt worden, dat de eerstegraads functies wiskundig weliswaar de beste schatting geven van het verband tussen het gemiddeld vochtgehalte en de opbrengst volgens de waarnemingspunten, maar dat door dezelfde punten ook krommen gedacht kunnen worden die wat waarschijnlijkheid betreft niet onderdoen voor de rechte. Verder houdt de veronderstelling dat het verband tussen gemiddeld vochtgehalte en opbrengst over het gehele vochtgehaltetraject door hetzij een eerstegraads- hetzij een tweedegraadsfunctie wordt weergegeven een vereenvoudiging in die niet door de feiten behoeft te zijn gerechtvaardigd. Juist in die gevallen waarbij voor het middenstuk van het traject geen waarnemingen aanwezig zijn is een uitdrukking in één eenvoudige vergelijking voor het gehele traject nogal gewaagd.

In paragraaf 4.1.1. is ten aanzien van de invloed van glasbedekking de mogelijkheid geopperd, dat hierdoor de onbekapte objecten relatief te hoog gewaardeerd werden en een afwijking van het verwachte kromlijnig verband veroorzaakt werd.

HALLGREN (1947) vond bij statistische analyse van opbrengsten van een aantal landbouwgewassen in Zweden en de neerslag tijdens de groeiperiode of delen daarvan, over ca. 40 jaren een tweedegraads verband. JULÉN (1951, 1952) beperkte zich bij een soortgelijke analyse, waarbij de resultaten van irrigatieproeven op verschillende typen kunstweiden werden bewerkt, tot de droge tak van de kromme en nam daarvoor een rechtlijnig verband aan.

Bij het merendeel der proeven blijkt de geëxtrapoleerde waarde van  $\bar{V}$  bij opbrengst = 0 in het traject  $\bar{V} = 4,5 - 7\%$  vocht te liggen. Dit lijkt in strijd met de verwachting. Het vochtgehalte, dat in evenwicht is met 15 atm zuigspanning, werd in het laboratorium bepaald op ca. 4,5 %. Het wordt gelijkgesteld met het „permanent wilting percentage” (P.W.P.).

Een verschil tussen beide wordt in dit verband verwaarloosd. RICHARDS en WADLEIGH (1952) berekenden uit 199 desbetreffende bepalingen in U.S.A. het verband  $P.W.P. = 0,96 F.A.P. + 0,85$ , hetgeen op grote overeenkomst wijst. Bovendien is er geen sprake van één bepaald verwelkingspunt, maar van een traject waarvan de grenzen meestal worden aangegeven met ca. 10 atm en ca. 20 atm (SCHOFIELD en DA COSTA, 1935; BODMAN en DAY, 1943; ROBERTSON en KOHNKE, 1946; VEIHMAYER en HENDRICKSON, 1949).

Bedacht dient te worden dat de eerder besproken bemonsterings- en analysefout bij de vochtbepaling bij een vochtgehalte van 4,5 % overeenkomt met een span-

<sup>1</sup> Hierbij dient echter wel opgemerkt te worden dat de bedoelde resultante bij de proeven van groep 4 (zie blz. 90) uit essentieel van de overige proeven verschillende behandelingen werd verkregen.

ningstraject van ca. 10 atm. Dat in de meeste gevallen  $y = 0$  bij  $x > 4,5 \%$ , is in overeenstemming met de resultaten van vele onderzoeken waarbij bleek dat de groei van de plant tot stilstand komt voordat het P.W.P. is bereikt. Dit is voor veldproeven te verklaren uit het verschil in doorwortelingsintensiteit met de potproeven, waarmede doorgaans P.W.P. experimenteel bepaald wordt. Maar volgens de bovenbedoelde extrapolatie zal de opbrengst tot nul naderen bij een *gemiddeld* vochtgehalte in de orde van grootte van het verwelkingspercentage. De vraag die zich hierbij voordoet is of het achterwege blijven van enige opbrengst verwacht mag worden, indien het vochtgehalte gedurende onderdelen van de groeitijd het verwelkingspunt bereikt en gemiddeld daar dus boven blijft. Gezien het wezen van het begrip permanente verwelking, waarvan de plant zich kan herstellen door watertoevoeging, moet de gestelde vraag ontkennend beantwoord worden. Slechts indien het gewas — voorzover daarvan sprake kan zijn — voortdurend aan een vochtgehalte, overeenkomend met het verwelkingspercentage, is blootgesteld en dus ook het gemiddelde vochtgehalte die waarde heeft, is opbrengst nul te verwachten. Dit zal uiteraard in de praktijk zelden of nooit geconstateerd worden. Het feit dat de geëxtrapoleerde functies tot bovenstaande waarden voor het gemiddeld vochtgehalte leiden is derhalve aannemelijk.

Voor een vergelijking van de verschillende reactiecurven onderling lenen zich de berekende functies niet; zij hebben betrekking op ongelijkwaardige grootheden: verschillende gewassen, uiteenlopende geogoste oppervlakten en aantallen. De onvergelijkbaarheid der functies volgt uit de verschillende oorsprong der parameters. Bovendien is een eerstegraads functie moeilijk te vergelijken met een tweedegraads. Slechts enkele functies hadden een top in het waarnemingsbereik, andere gaven deze slechts door extrapoleren en de eerstegraads (rechte) functies gaven over een maximum helemaal geen informatie. De aandacht is daarom vooral gevallen op verhoudingsveranderingen. Hiertoe worden in de grafische beoordeling van de resultaten van de proefnemingen de logaritmen van de opbrengsten gebruikt. De onderlinge verhoudingen komen daarmee op vergelijkbare schaal en de verkregen reactiecurven kunnen door verticale verschuiving samengevoegd en vergeleken worden. Deze reactiecurven zijn door de waarnemingspunten geschetst en niet berekend.

In de volgende paragrafen zal aan een beschouwing worden onderworpen overeenkomst en verschil tussen de reacties der opbrengsten, zoals die bij de verschillende proeven met vochthuishouding werden waargenomen.

Het is bekend dat de eisen die de gewassen aan het milieu stellen uiteenlopen; zelfs binnen een soort komen verschillende typen voor, waardoor het moeilijk is de eisen van soort in het algemeen scherp te definiëren.

Gezien het grote aantal factoren dat onafhankelijk invloed kan uitoefenen op het resultaat van de toegepaste behandelingen mag a priori niet aannemelijk geacht worden dat alle gewassen op dezelfde wijze reageren op uitdroging. Bovendien kunnen van een bepaald gewas verschillende kenmerken uiteenlopend

reageren op dezelfde behandeling. Zo is niet zelden gevonden dat de vegetatieve groei bij uitdroging sterker achterblijft dan de opbrengst aan vruchten of specifieke bestanddelen.

Ook om andere redenen mag worden verwacht dat de onderzochte gewassen zullen verschillen in reactie van opbrengst op uitdroging. Het betreft o.m. functie en gedrag van het wortelstelsel. Het water in de wortels heeft een grotere vrije energie dan dat in de bovengrondse plantedelen. De vochtverhoudingen in een plant zijn daardoor in het voordeel van de wortels; dit komt het sterkst tot uiting bij enig watertekort, wanneer de groei van de spruit geremd is.

In het algemeen, zo kan geredeneerd worden, gaat de wortelgroei aan de spruitgroei vooraf. Indien de wortelgroei in een natte periode plaats vindt, zal hij relatief gering zijn en een daaropvolgende droge periode zal ernstiger gevolgen hebben dan in het geval dat de wortelgroei gestimuleerd wordt door droogte en de spruitgroei daaropvolgend in een natte periode plaats vindt. Dit leidt verder tot de veronderstelling dat ook via het wortelstelsel de opbrengst door de volgorde waarin Nat en Droog worden toegepast, wordt beïnvloed en dat niet alleen de specifieke gewaseigenschappen in de oogstresultaten van deze proeven tot uiting komen. Dit is van belang voor de interpretatie van de resultaten met de gevoelige-periodenproeven.

Het ligt daarom voor de hand, de onderzochte gewassen in de eerste plaats in te delen naar de aard van het geogste produkt, omdat de levensprocessen die ten grondslag liggen aan de vorming van ondergrondse delen, blad of generatieve organen zozeer uiteenlopen dat niet verwacht mag worden dat de vochtvoorziening daarop gelijksoortig zal uitwerken. De groepering omvat hakvruchten (aardappelen, bieten en wortelen), blad- en koolgewassen (spinazie, sla, andijvie, boere-kool en savoyekool) en gewassen welke worden geteeld voor vrucht, zaad of bloem (tuinbonen, stamslabonen, aardbeien, bloemkool), hierna aan te duiden als generatieve gewassen.

Voorts zal bij de beoordeling van de gevonden reacties van opbrengst op de vochtuithouding aandacht moeten worden besteed aan de heersende uitwendige omstandigheden. Daartoe is in eerste instantie een indeling gemaakt in teeltseizoenen, waarbij van zomer- en najaarsteelten en van vroege en late teelten sprake zal zijn.

Tenslotte worden nog vergeleken de reacties op uitdroging op de opbrengst aan vers produkt tegenover die aan droge stof, aangezien gebleken is dat deze verschillen. In verband met de specifieke aard van de groenteproduktie is dit van bijzonder belang.

#### 4.2.1. GLOBALE VERGELIJKING DER RESULTATEN

In fig. 162 t/m 164 zijn de curven weergegeven voor de (verse) opbrengst van hakvruchten, generatieve gewassen en blad- en koolgewassen. De curven van fig. 162 laten zich door gebruikmaking van de logaritmische schaal samenschuiven tot fig. 165 Hieruit blijkt grote overeenkomst in reactiepatroon. Het gemiddelde

FIG. 162. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone in gew. % en de logaritmen van de (verse) opbrengst bij enkele proeven met hakvruchten

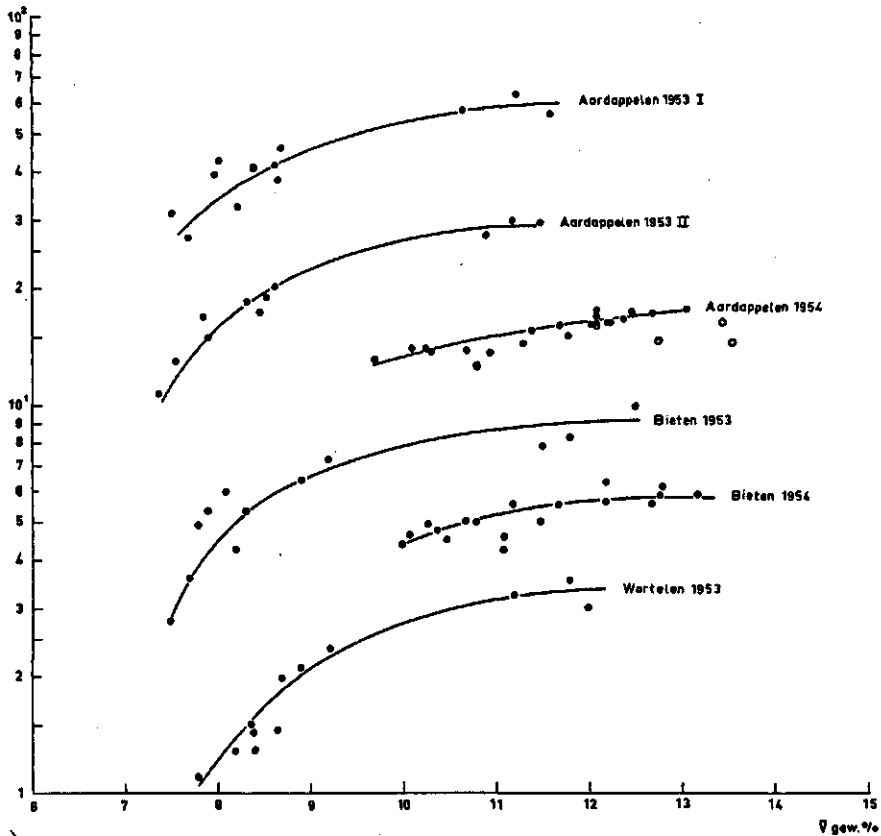


FIG. 162. Relation between the average moisture content in the root zone in weight percentages and the logarithms of the (fresh) yield in some trials on root and tuber crops

beeld geeft aan dat bij de hoogste x-waarden — gemiddeld vochtgehalte ruim 13 % — het optimum nog niet bereikt, althans niet overschreden is. Opgemerkt moet worden dat alle proeven uit deze groep (hakvruchten) in voorjaar en voorzomer plaats vonden.

De curven welke betrekking hebben op de generatieve gewassen (fig. 163) zijn samengevoegd in fig. 166. Hierbij zijn drie typen te onderscheiden: betrekkelijk steile curven, die in het betrokken vochtgehaltetraject hun optimum niet bereiken. Zij vertonen veel overeenkomst met de curven die betrekking hebben op gevoelige-periodenproeven (— — — lijnen) en daarom vooralsnog niet tot dezelfde groep gerekend mogen worden; tenslotte een tweetal curven welke een groot vochtgehaltetraject beslaan en een breed optimum te zien geven. Bij deze

groep gewassen wordt opgemerkt dat de proeven van de eerste twee typen curven in het voorjaar en de voorzomer genomen werden, de proeven met het laatste type later in het jaar.

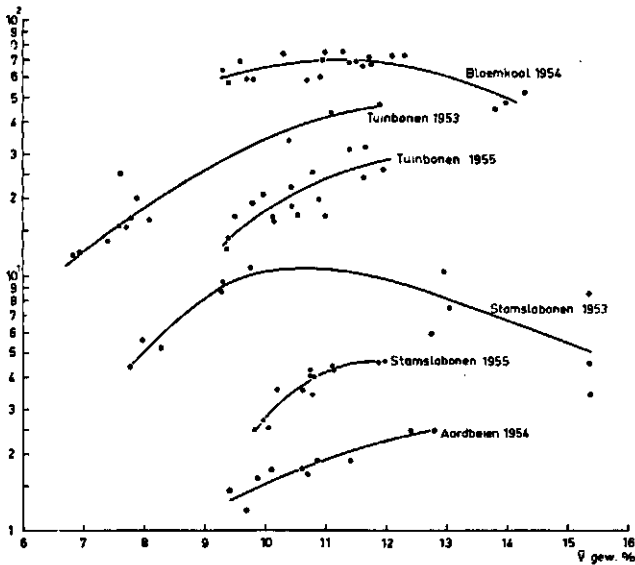


FIG. 163. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone en de logarithmen van de (verse) opbrengst bij enkele proeven met generatieve gewassen

FIG. 163. Relation between the average moisture content in the root zone and the logarithms of the (fresh) yields in some trials with generative crops

In fig. 167 zijn de curven van de blad- en koolgewassen (fig. 164) samengevoegd. Hierbij zijn minder gemakkelijk bepaalde reactietypen te onderscheiden. Het overheersende beeld is dat van een scherpe reactie op uitdroging van de grond en een breed optimum bij 12 à 13 % vocht. Ook de gevoelige-periodenproef met spinazie uit 1955 (gestippelde lijn) past in dit beeld. Afwijkende reacties geven de beide koolsoorten en de vochttrappenproeven met andijvie (1953 en 1954) door een veel geringere reactie op het gemiddeld bodemvochtgehalte. Bij de proeven met andijvie is echter een grote — voorshands onverklaarde — spreiding in de herhalingen geconstateerd, zodat de geschetste curven — gebaseerd op de objectgemiddelden — met enige reserve moeten worden beschouwd; hetzelfde — zij het in mindere mate — geldt voor de proef met sla in 1953.

Geheel afwijkend gedraagt zich sla in 1955; alleen een neergaande tak van de curve is de resultante der toegepaste behandelingen in 2 perioden. Het valt daarbij op dat deze tak op een aanzienlijk lager vochniveau ligt en veel steiler is dan de neergaande tak in 1953.

In fig. 168 is voor de bladgewassen een onderverdeling gemaakt naar de seizoenen waarin de proeven genomen werden, resp. zomer en herfst.

De hierboven toegepaste bewerking geeft wel aanwijzingen dat zowel het type gewas als de klimatologische omstandigheden waaronder de groei plaats vindt van invloed zijn op de reactie van de opbrengst op het gemiddeld bodemvochtgehalte. Het beschikbare materiaal is ontoereikend om beide invloeden te kunnen scheiden; er zijn geen proeven met hakvruchten in zomer en najaar genomen, zodat

FIG. 164. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone en de logarithmen van de (verse) opbrengst bij enkele proeven met blad- en koolgewassen. Bij sla 1953 en 1955 betreffen de punten objectgemiddelden

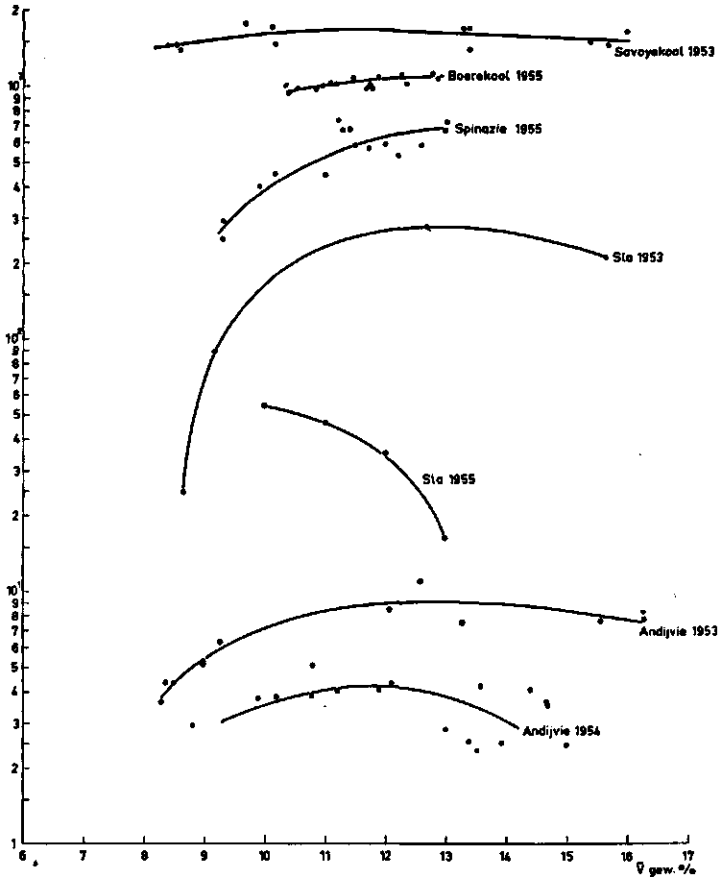


FIG. 164. Relation between the average moisture content in the root zone and the logarithms of the (fresh) yield in some trials on green crops and cabbage crops. For lettuce 1953 and 1955 the dots relate to object averages

binnen deze gewassengroep geen bevestiging gevonden wordt van de klimatologische invloed. Er blijkt nl. praktisch geen verschil in potentiële verdamping te zijn gedurende de perioden dat de aardappelen in 1953 en 1954  $E_T = 3,3$  resp.  $3,2$  mm per dag) en de bieten ( $E_T = 3,1$  resp.  $3,2$  mm per dag in 1953 en 1954) te velde stonden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> De gegevens voor de potentiële evapotranspiratie  $E_T$  zijn berekend en beschikbaar gesteld door ir. D. W. SCHOLTE UBING, Laboratorium voor Natuur- en Weerkunde te Wageningen.

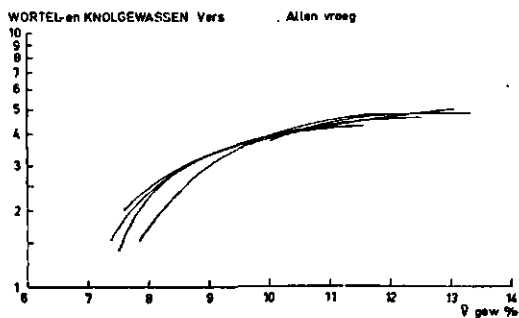


FIG. 165. De curven van fig. 162 samengevoegd door verticale verschuiving

FIG. 165. The curves of fig. 162 combined by vertical shifting

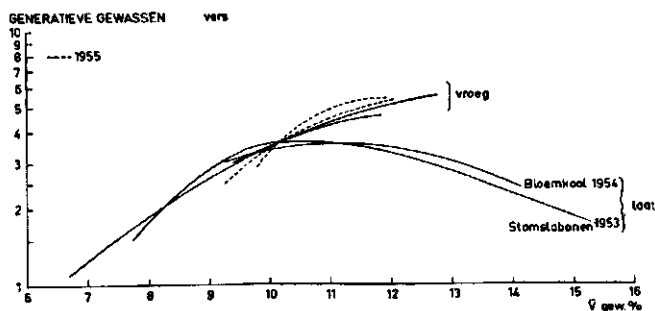


FIG. 166. De curven van fig. 163 samengevoegd door verticale verschuiving; de proeven 1955 zijn met stippellijnen aangegeven.

FIG. 166. The curves of fig. 163 combined by vertical shifting; the 1955 trials are indicated with dotted lines

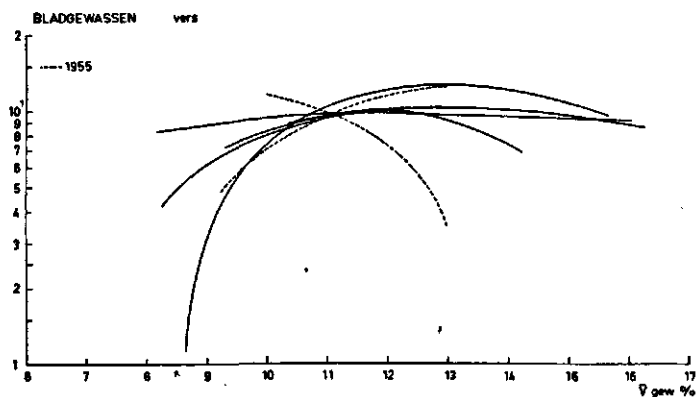


FIG. 167. De curven van fig. 164, bladgewassen, samengevoegd door verticale verschuiving; de proeven van 1955 zijn met stippellijnen aangegeven

FIG. 167. The curves of fig. 164, green crops, combined by vertical shifting; the trials are indicated with dotted lines

Uit een groepering van de curven van fig. 162 t/m 164 naar het jaar waarin de proeven werden genomen zijn geen systematische jaarinvloeden af te leiden. Gezien het feit dat de klimatologische omstandigheden, zoals ook in de volgende paragraaf nog zal blijken, wel invloed op het resultaat der proeven hebben, is dit op zichzelf vreemd. Evenwel moet daarbij in aanmerking genomen worden dat het aantal proeven met eenzelfde gewas in meerdere jaren zeer beperkt is.



FIG. 168. a. De curven uit fig. 167, welke betrekking hebben op zomerteelten,  
 b. De curven uit fig. 167, welke betrekking hebben op herfstteelten, samengevoegd door  
 verticale verschuiving.

De proeven 1955 zijn met stippellijnen aangegeven.

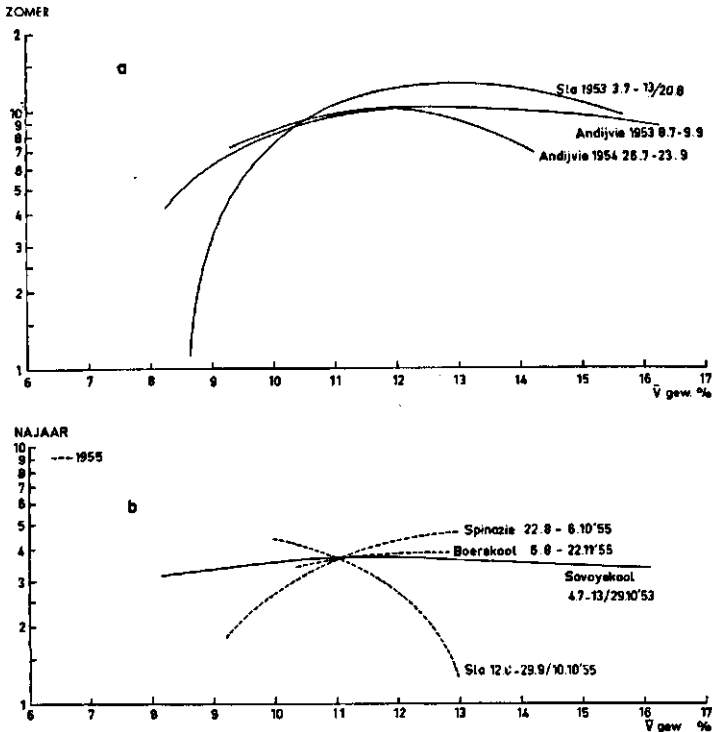


FIG. 168. a. The curves of fig. 167 relating to summer crops,  
 b. The curves of fig. 167 relating to autumn crops, combined by vertical shifting.  
 The trials 1955 are indicated with dotted lines

Vergelijking van vroege teelten der generatieve gewassen met de groep hakvruchten geeft geen duidelijk verschil in reactiepatroon; er is een geringe aanwijzing dat het optimum gemiddeld vochtgehalte bij de groep generatieven groter is dan bij de hakvruchten.

Voorts blijkt dit optimum van de vroeg geteelde generatieven in grote trekken overeen te komen met dat van de zomer-bladgewassen; het bedraagt ongeveer 13 %.

Het verschil in reactiepatroon tussen vroege en late gewassen, zoals dat alleen bij de groep generatieven duidelijk naar voren komt, wijst op een lager optimum gemiddeld vochtgehalte bij de late teelten dan bij de vroege. Dit verschijnsel past in de beschouwing van het systeem grond-plant-atmosfeer. Immers, in het najaar is de potentiële verdamping kleiner dan in voorzomer en zomer; er worden geringere eisen gesteld aan de vochtvoorziening van de wortels, de toelevering van

water door de grond kan kleiner zijn. Op het correlatief verband tussen vochtgehalte van de grond en capillair watertransport in de grond is reeds eerder gewezen. Evenwel wordt hiermee niet verklaard het opbrengstverlagende effect van zeer hoge gemiddelde vochtgehalten dat bij enkele proeven — zij het met een grote spreiding in de herhalingen — geconstateerd werd. Dit effect kan niet worden toegeschreven aan een limiterende luchthuishouding, omdat dit evenzeer van toepassing zou zijn op de overige proeven; bovendien is bij metingen van het CO<sub>2</sub>-gehalte der bodemlucht tijdens de teelt van stamslabonen in 1953 niet gebleken dat dit gehalte gevaarlijk stijgt bij zeer hoge vochtgehalten (zie tabel 21).

TABEL 21. CO<sub>2</sub>-gehalte (vol. %) in bodemlucht op 10 cm diepte

		objecten / treatments			
		0	1	2	3
par.	a	0,4	0,2 <sup>s</sup>	0,3	0,1
repl.	b	0,5	0,1 <sup>s</sup>	0,1	0,3
	c	0,4	0,2 <sup>s</sup>	0,2	0,1
	gemiddeld	0,4	0,2	0,2	0,2
	average				

TABLE 21. CO<sub>2</sub> content (% in volume) in soil air at a depth of 10 cm

De volumeverhouding tussen water en lucht (24:21) bij vochtgehalten van 16 à 17 % geeft evenmin aanleiding tot het veronderstellen van een sub-optimale luchthuishouding, mede in aanmerking genomen de ondiepe beworteling.

Voorts kan gedacht worden aan de invloed van de lagere bodemtemperatuur bij grote hoeveelheden neerslag, maar het is niet waarschijnlijk dat deze in het traject van ca. 11 % tot ca. 16 % vocht zo groot zal zijn dat daarmee het opbrengstverschil verklaard kan worden, de betrekkelijk geringe temperatuurverschillen die in hoofdstuk 2 werden vermeld in aanmerking genomen. Het ligt meer in de rede om de uitspoeling van voedingsstoffen als gevolg van de overmaat neerslag die tot de hoge gemiddelde vochtgehalten heeft geleid verantwoordelijk te stellen voor de lagere opbrengsten. Immers, veldcapaciteit komt overeen met een vochtgehalte van 13 à 14 %; het realiseren van een hoger gemiddelde is slechts mogelijk door het regelmatig toedienen van overmaat water, waarvan een deel naar de ondergrond zal wegzakken. Een aanwijzing van deze invloed wordt echter niet gevonden in analyses van grondmonsters, genomen tegen het einde van de eerste teelt in 1953, nl. op 24 juni.

#### Stikstofgegevens van grond en gewas bij aardappelen 1953:

object	grond		gewas	
	stikstof <sub>water</sub>	droge-stofopbrengst in kg per ha	gram N (in dr.st.) per veldje	
0	0,001	957	106,9	
1	0,002	786	101,7	
2	0,004	659	75,0	
3	0,006	566	68,8	

Op grond van de verhouding tussen opbrengsten en bijbehorend „waterverbruik” wordt geschat dat bij obj. 0 een overmaat van ca. 100 mm water werd gegeven. Bij de overige objecten is uitspoeling onwaarschijnlijk (zie ook paragraaf 4.2.2.). In hoeverre het verschil in N-gehalte moet worden toegeschreven aan opbrengstverschillen tussen de objecten, is niet exact aan te geven, maar de cijfers geven geen aanleiding om te veronderstellen dat het N-gehalte bij obj. 0 sterk door de waterovermaat is beïnvloed.

Een variantieanalyse van de kali- en de P-citroencijfers leerde dat er geen reden is, een behandelingseffect aan te nemen.

Zijn er dus geen gronden om bij de proef met aardappelen een uitspoelings-effect bij de droge objecten te veronderstellen, er moet met betrekking tot de nateelt van stamslabonen wel in aanmerking worden genomen dat de uitgangstoestand verschillend is voor de objecten die worden onderscheiden. Om die reden werd drie weken na het zaaien op de 0-veldjes een extra overbemesting met kas gegeven. Nader grondonderzoek vond niet plaats, doch het is niet uitgesloten dat de opbrengst werd gedrukt door N-gebrek, omdat een gemiddelde neerslag ad 6,7 resp. 4,6 mm/dag op de objecten 0 en 1 met zekerheid tot uitspoeling zal hebben geleid.

Op de proef met bloemkool in 1954, als nateelt van aardappelen, is in grote trekken hetzelfde van toepassing, echter met het belangrijke verschil dat de veldjes bloemkool opnieuw gestrooid werden, zodat geen systematische nawerking van de voorgaande proefbehandeling op kon treden; eventuele verschillen (N-trappen bij aardappelen) komen dan in de toevalsrest. De mogelijkheid van uitspoeling bij enkele objecten blijft echter aanwezig.

Zoals reeds opgemerkt werd, is de indeling naar teeltseizoenen bij de blad- en koolgewassen niet verklarend voor de variatie in reactiepatroon. Er lijkt meer reden om op de onderscheiding der gewassen de nadruk te leggen. Savoyekool en boerekool, beide herfstteelten, onderscheiden zich van spinazie vooral door de lengte der groeitijd. Indien de periode-proef met spinazie op één lijn gesteld mag worden met de overige proeven, zou verondersteld kunnen worden dat in de korte tijd dat dit gewas te velde staat hogere eisen gesteld worden aan de vochtvoorziening dan in het geval van een langere groeitijd. Hierbij moet echter bedacht worden dat spinazie ter plaatse gezaaid wordt en in een jeugd stadium geogost wordt, terwijl de beide koolsoorten uitgeplant worden en in een rijper stadium worden geogost. Daardoor is vergelijking nauwelijks mogelijk en doet zich de behoefte aan periodieke proefoogsten gevoelen naast het op soortgelijke manier telen der gewassen. Deze overweging behoeft echter geen afbreuk te doen aan de praktische waarde van de waargenomen verschillen in reactie, omdat verwacht kan worden dat snelgroeïende gewassen in verband met veronderstelde relatief geringere wortelgroei sterker zullen reageren op minder gunstige bodemvochtcondities dan langzaamgroeïende.

De zomerteelten uit deze groep, andijvie en sla, hebben gemeen dat zij uitgaan van planten en dat zij van betrekkelijk korte duur zijn, 1½ à 2 mnd. Als verschil

tussen de beide proeven met andijvie kan genoemd worden dat in 1953  $E_T$  met gemiddeld 2,8 mm per dag niet onbelangrijk groter was dan in 1954 ( $E_T = 2,1$  mm/dag).

Overigens dient in aanmerking genomen te worden dat de betreffende proeven in opzet verschilden. In dit verband is opvallend dat bloemkool 1954 en andijvie 1954, volgens een nagenoeg gelijk schema behandeld, een samenvallend reactiepatroon geven. Het is niet mogelijk hieruit af te leiden of de wijze waarop het gemiddeld vochtgehalte tot stand komt een beslissende invloed heeft op de reactie van de opbrengst, dan wel dat bloemkool zich meer gedraagt als bladgewas dan als generatief gewas.

Sla 1953 toont een curve die past bij de overige bladgewassen in het vochtgehaltetraject  $> 10\%$ ; een scherpe reactie op gemiddelde vochtgehalten  $< 10\%$  wijst op een grotere gevoeligheid van dit gewas voor droogte. Dit behoeft, gezien de habitus der planten, de korte groeitijd en de grote potentiële verdamping ( $E_T = 3,2$  mm/dag) geen verwondering te wekken.

Geconcludeerd kan worden dat bij de meeste proeven op elkaar gelijkende reacties zijn opgetreden. De gevoeligheid voor droogte is in het merendeel der gevallen groot. Door een samenvoeging van de beschikbare waarnemingen per gewassengroep wordt een groot vochtgehaltetraject bestreken. Er zijn aanwijzingen dat het reactiepatroon afhankelijk is van het type gewas en de aard van het geoogste produkt, het jaargetijde waarin de teelt plaats vindt in verband met de potentiële evapotranspiratie e.a. uitwendige omstandigheden en de tijdsduur die het gewas te velde staat.

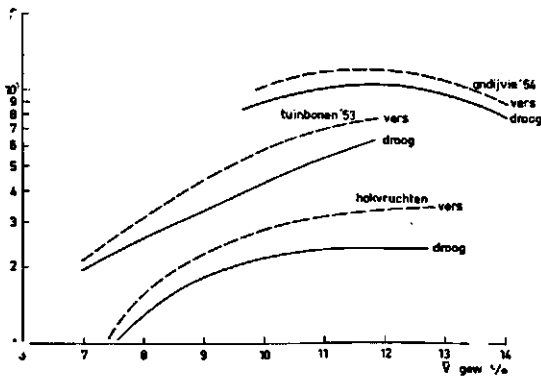


FIG. 169. Vergelijking van het verband tussen het gemiddeld vochtgehalte in de wortelzone en de logarithmen van de verse opbrengst met dat t.a.v. de droge-stofopbrengst voor de groep wortel- en knolgewassen gemiddeld en voor tuinbonen 1953 en andijvie 1954

FIG. 169. Comparison of the relation between the average moisture content in the root zone and the logarithms of the fresh yield with that concerning the average dry matter yield of the group root and tuber crops and to garden beans 1953 and endive 1954

Het droge-stofgehalte van het geoogste produkt werd bij een aantal proeven bepaald. Daarmee werd de droge-stofopbrengst berekend. Gebleken is dat in het algemeen deze opbrengst aan droge stof minder gevoelig is voor droogte dan de opbrengst in verse toestand. In fig. 169 zijn beide reactiecurven als gemiddelden van de groep hakvruchten weergegeven, alsmede die voor tuinbonen 1953 en

voor andijvie 1954. Hoewel de verschillen niet bijzonder groot zijn, geven zij toch wel aanleiding om bij de waterbeheersing principieel onderscheid te maken tussen gewassen die voor de groene, althans verse massa worden geteeld en gewassen waarbij de droge-stofproduktie teeltdoel is en daarbij voor de eerste groep hogere eisen te stellen aan een regelmatige en ruime vochtvoorziening dan voor de tweede groep.

#### 4.2.2. NADERE BESPREKING VAN DE RESULTATEN IN VERBAND MET ENIGE GROEIFACTOREN EN UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN

In verband met de mogelijkheid dat enkele factoren, die niet nauw samenhangen met de bodemvochttoestand, invloed hebben gehad op de opbrengst wordt nader ingegaan op:

1. het wortelstelsel en de wortelvorming als gewaseigenschappen,
2. verschillen in de temperatuur,
3. verschillen in de potentiële evapotranspiratie.

##### 4.2.2.1. *Het wortelstelsel en de wortelvorming als gewaseigenschappen*

Als belangrijke gewaseigenschap moet de beworteling genoemd worden.

Immers, de mate van doorworteling in alle richtingen, de ontwikkelingssnelheid en de uiteindelijke dichtheid van het wortelstelsel zullen naast de activiteit t.a.v. de wateropneming bepalend zijn voor de mate waarin het in de grond aanwezige vocht geëxploreerd kan worden.

TAYLOR en HADDOCK (1956) definiëren „root activity” als het produkt van het absorberend oppervlak van uniforme wortels en een karakteristieke doorlaatfactor, gesommeerd over alle wortels in een zeker volume grond. In deze grootheid zijn dus begrepen ouderdom en lengtegroei, alsmede de dichtheid van het wortelstelsel. Een gewas met een gering aantal weinig vertakte wortels zal ongunstiger reageren op een bepaalde gemiddelde uitdroging van de betrokken bodemlaag dan een gewas dat eenzelfde laag grond intensief doorworteld heeft. Om die reden zullen potproeven onder overigens gelijke omstandigheden en behandeling ook tot andere resultaten leiden dan vollegrondsproeven (HAGAN et al., 1951).

*Vroege aardappelen* hebben een betrekkelijk ijl wortelstelsel, dat oppervlakkig blijft. De eerste paar maanden beperkt het zich tot de bovenste 20 cm van de grond, daarna buigen de wortels naar beneden waarbij zij een cilinder onder de plant vrij laten.<sup>1</sup>

De *vroege biet* (kroot) heeft een uitgesproken hoofdwortel met twee typen zijwortels in de bovengrond: talrijke, korte, sterk vertakte worteltjes, die vrij laat ontstaan en sterke, over grotere afstand horizontaal en daarna naar beneden groeiende wortels. De doorworteling van het volume grond dat omspannen wordt is onvolledig.

<sup>1</sup> De gegevens over wortelstelsels zijn ontleend aan WEAVER en BRUNER (1927), WEAVER, JEAN en CRIST (1922) en BECKER-DILLINGEN (1956).

*Wortelen* hebben een penwortel, die diep kan gaan, met weinig kleine zijworteltjes, welke aanvankelijk alleen in de bovenste 5 à 10 cm van de grond voorkomen. Wanneer de hoofdwortel geen gunstig bodemprofiel ontmoet, zal dit gewas door de spaarzame doorworteling van de grond droogtegevoelig zijn.

De beschreven hakvruchten hebben dus een bewortelingshabitus die hen tot de droogtegevoeligen stempelt, hetgeen in overeenstemming is met de waarnemingen.

Bij de generatieve gewassen is de variatie groter dan bij de hakvruchten. De sterke algemene reactie bij *tuinbonen* moet worden toegeschreven aan de gevolgen van het verplanten voor het wortelstelsel; daarbij wordt de penwortel rudimentair, het gewas is aangewezen op de vorming van nieuwe bijwortels, hetgeen een vertraging en dus gevoeligheid ten gevolge heeft. Als zaaigewas heeft tuinboon een vrij dikke, diepgaande penwortel met een dicht net zijwortels, dat in hoofdzaak in de laag 0—25 cm voorkomt.

De hoofdwortel van *stamslabonen* is zwak. Bovenaan ontstaan krachtige bijwortels, die spoedig belangrijker zijn dan de hoofdwortel; daaraan ontspringen korte bijworteltjes. De vertakking is het sterkst in de bovenste 25 à 35 cm van de grond, dus vrij oppervlakkig.

*Aardbeien*. Zoals waargenomen, is het wortelstelsel betrekkelijk ondiep en niet uitgebreid. Er zijn zeer veel vertakkingen in de bovenste 30 cm van de grond.

De wortels van *andijvie* gaan in strengen van fijne draden evenwijdig loodrecht naar beneden; de verspreiding is gering. Op goede tuingrond bevindt 80 % van de wortels zich in de bovenste 20 cm, 15 % in de volgende 30 cm. Als de groeitijd lang zou zijn geeft deze oppervlakkige beworteling een gevoelige beperking, maar ook als kort te velde staand — verplant — gewas worden hoge eisen gesteld aan de vochtvoorziening.

De hoofdwortel bij *koolsoorten* is in het jeugd stadium goed te onderkennen, later verschuift het evenwicht naar de zijwortels. De vorming van nieuwe wortels vindt heel gemakkelijk plaats, een voordeel bij het verplanten, want daarna wordt het gehele wortelstelsel volkomen vernieuwd tot een wijd uitdijend, tamelijk diepgaande wortelmasse, waarin van de oorspronkelijke wortels slechts enkele zijwortels over zijn. De doorworteling is tot grote diepte goed.

De *spinaziewortel* is dun, weinig vertakt en, zoals bij alle bladrozetvormende planten, paalvormig loodrecht naar beneden gaand.

Als zaaigewas kan de penwortel van *sla* diep tot zeer diep gaan, maar de zijwortels blijven beperkt tot 20 à 30 cm bovengrond en doorwortelen de grond weinig. Aangezien de groei van de penwortel bij het verplanten ernstig verstoord wordt, kan het wortelstelsel ijl en oppervlakkig genoemd worden.

Bij de blad- en koolgewassen zijn de resultaten van het onderzoek derhalve eveneens in grote trekken in overeenstemming met het wortelbeeld.

#### 4.2.2.2. *Verschillen in temperatuur*

Omdat de bodemtemperatuur belangrijk is voor de gedragingen van de plantewortels, zowel bij de ontwikkeling van het wortelstelsel als bij de wateropname,

zal hier worden besproken of temperatuurverschillen in de proefnemingen een zodanige invloed kunnen hebben gehad dat de verschillen in reactiepatroon die in het voorgaande werden geconstateerd erdoor kunnen worden verklaard.

Waarnemingen over de bodemtemperatuur zijn niet beschikbaar. Als vergelijkingsbasis worden de decadegemiddelden van de luchttemperatuur (uurwaarnemingen te De Bilt) gekozen, omdat de bodemtemperatuur in de laag 0—25 cm met een na-ijling van slechts enkele uren nauw gecorreleerd is met de luchttemperatuur.

Uit tabel 22 blijkt dat 1954 in de groeitijd van de *wortel- en knolgewassen* gemiddeld kouder is geweest dan 1953. Het betreft hier uiteraard alleen de aardappelen en de bieten welke in beide jaren geteeld werden.

TABEL 22. Gemiddelde luchttemperatuur per decade; uit waarnemingen (De Bilt)

maand <i>month</i>	april <i>April</i>			mei <i>May</i>			juni <i>June</i>			juli <i>July</i>	
decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
1953	7,3	8,3	9,7	10,2	13,2	14,9	11,4	15,0	20,2	17,8	15,9
1954	6,4	6,3	7,4	11,1	13,5	14,1	15,7	15,6	13,8	13,4	14,4
1955	—	7,4	9,5	11,7	8,1	10,1	14,1	12,9	15,9	15,3	—

TABLE 22. From hourly observations (De Bilt) average air temperature per decade

Dit verschil is nog duidelijker wanneer in aanmerking wordt genomen dat plant- en zaaidatum, d.w.z. ook de hoofdontwikkeling, in 1954 later viel dan in 1953. Nochtans hebben deze verschillen in temperatuur niet geleid tot waarneembare verschillen in reactie op gemiddeld vochtgehalte, zodat betwijfeld moet worden of de geciteerde betekenis van de bodemtemperatuur onder de in 1953 en 1954 vigerende omstandigheden praktisch tot uiting komt. Hierbij kan ook in aanmerking genomen worden dat de verdampingsintensiteit — waarvan de invloed in paragraaf 4.2.2.3. wordt aangehaald — samenhangt met de luchttemperatuur, zodat de beide invloeden op het reactiepatroon elkaar meer of minder zullen compenseren.

In de groep *generatieve gewassen* zouden tuinbonen en stambonen voor een vergelijking tussen de teeltjaren 1953 en 1955 in aanmerking komen. Evenwel verschillen de proeven in beide jaren zodanig van opzet dat die vergelijking weinig zinvol is.

Ook de conclusie die bij de hakvruchten getrokken werd noopt tot reserve.

Wanneer de vergelijking nochtans plaats vindt, dan blijkt uit fig. 163 dat de reactie in 1955 voor beide gewassen sterker is dan in 1953.

De temperatuurgegevens zijn in tabel 22 opgenomen voor de tuinbonenproeven; in 1955 werd later uitgeplant, zodat althans aanvankelijk april I in 1953 vergeleken moet worden met april II in 1955. Aangezien een dergelijke achterstand in het voorjaar snel wordt ingehaald, kan 1955 overwegend kouder genoemd worden dan 1953.

Bij de stamslabonen kunnen door het groter verschil in groeiseizoen geen overeenkomstige decaden vergeleken worden. Zie tabel 23.

TABEL 23. Gemiddelde luchttemperatuur per decade te De Bilt

maand <i>month</i>	juli <i>July</i>	augustus <i>August</i>			september <i>September</i>			groeitijd <i>period of growth</i>	
decade <i>decade</i>	III	I	II	III	I	II	III	15 juli—2e helft september <i>15th July—2nd half of Sept.</i>	
1953	16,7	15,7	18,1	15,2	14,4	13,6	13,1		
1955 decade <i>decade</i>	10,1 I	14,1 I	12,9 II	15,9 III	15,3 I	20,1 II	17,3 III	15,3 I	
maand <i>month</i>	mei <i>May</i>	juni <i>June</i>			juli <i>July</i>			augustus <i>August</i>	24 mei—1e helft augustus <i>24th May—1st half of August</i>

TABLE 23. Average air temperature per decade at De Bilt

Gedurende de eerste drie decaden was 1953 aanzienlijk warmer dan 1955. Via de invloed hiervan op de wortelvorming kan dit de reactie op uitdroging in 1953 beperkt hebben.

Bij de *bladgewassen* kan worden geconstateerd dat de reactie op droogte bij andijvie in 1953 sterker was dan in 1954 (fig. 164). Worden de temperaturen in de overeenkomstige groeidecaden vergeleken (tabel 26) dan blijkt 1954 gemiddeld kouder te zijn geweest dan 1953.

Het bovenstaande geeft geen aanleiding om invloed op de uitkomsten van de genomen proeven toe te kennen aan verschillen in bodemtemperatuur althans binnen het bereik waarin zij zijn opgetreden.

#### 4.2.2.3. De verschillen in de potentiële evapotranspiratie

Bij de bespreking van de resultaten die met de genomen proeven zijn verkregen is in paragraaf 4.2.1. reeds op een verband tussen de reactie op uitdroging ( $\bar{V}$ ) en de potentiële evapotranspiratie  $E_T$  gewezen. Het is niet aan twijfel onderhevig dat onder de krachten die de wateropname door de plant beheersen de zuigspanning in het weefsel ten gevolge van transpiratie overheersend is. De beschouwingen van VAN DEN HONERT (1948) over het watertransport in de plant stellen de betekenis hiervan duidelijk in het licht. Het is dan ook te verwachten dat de factoren die de verdamping bepalen, wind, temperatuur, straling en luchtvochtigheid, het reactiepatroon zullen beïnvloeden. Wordt door het weer sterke transpiratie bevorderd, dan zal bij een bepaalde gemiddelde uitdroging van de grond een grotere groeiremming optreden dan onder omstandigheden waarbij de waterbehoefte voor transpiratie kleiner is. De beschikbaarheid van het bodemvocht wordt immers bepaald door de zuigspanning, de capillaire e.a. krachten waarmee het gebonden is en door de beweeglijkheid, de snelheid waarmee het water door een potentiaalverschil naar de wortels gevoerd wordt en door



de groeisnelheid van de wortels. Zonder dat de vochtspanning hoog hoeft te zijn kan de totale beschikbaarheid van het water voor de plant relatief afnemen als het evenwicht tussen de wateraanvoer en de door sterke transpiratie bepaalde waterbehoefte van de plant verbroken wordt. In een en ander werd aanleiding gevonden om bij de verklaring van verschillen in reactie van hetzelfde gewas in verschillende jaren de potentiële evapotranspiratiecijfers te betrekken.

Per definitief is de potentiële evapotranspiratie ( $E_T$ ) de hoeveelheid water, per tijdseenheid afgegeven (geëvapotranspireerd) door een kort groen gewas dat de grond geheel bedekt, gelijkmatig van hoogte is en nooit gebrek aan water heeft.

Bij de *hakvruchten* die in het voorjaar van 1953 en van 1954 geteeld werden waren de verschillen in de gemiddelde  $E_T$  en het beloop over de decaden gering (tabel 24). De omstandigheden passen geheel in de waargenomen geringe verschillen in reactie. De gemiddelde  $E_T$  blijkt in 1955 wel iets lager te zijn geweest dan in 1953, hetgeen niet in overeenstemming is met het reactieverschil tussen de tuinbonen in die jaren.

TABEL 24. Potentiële evapotranspiratie in mm, gemiddeld per decade of maand

maand month	april <i>April</i>			mei <i>May</i>			juni <i>June</i>			juli <i>July</i>	
decade decade	I + II + III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1953	57,3	28,6	34,1	36,7	28,5	31,3	39,7	36,2	29,8		
1954	55,5	34,3	41,0	35,8	33,3	34,0	30,0	31,7	27,1		
1955	52,5	28,2	25,8	29,5	35,7	30,5	33,4	35,8	34,6		

TABLE 24. Potential evapotranspiration in mm per decade or per month

Een vergelijking van  $E_T$  voor de groeitijden van de *stamslabonen* in 1953 en 1955 leidt, evenals dit het geval was met de temperatuur, tot grotere verschillen. In 1953 van 15 juli tot 29 september totaal ca. 90 mm, in 1955 van 24 mei tot 17 augustus rond 270 mm.

TABEL 25. Potentiële evapotranspiratie in mm per decade

maand month	juli <i>July</i>	augustus <i>August</i>			september <i>September</i>			
decade decade	III	I	II	III	I	II	III	
1953	35,4	32,1	31,8	23,1	20,0	21,1	12,8	
1955	29,5	35,7	30,5	33,4	35,8	34,6	38,3	26,0
decade decade	III	I	II	III	I	II	III	I
maand month	mei <i>May</i>	juni <i>June</i>			juli <i>July</i>			augustus <i>August</i>

TABLE 25. Potential evapotranspiration in mm per decade

Uit tabel 25 blijkt dat  $E_T$  ten tijde van de bloei en vruchtvorming in 1955 aanzienlijk hoger is geweest dan in 1953, hetgeen de gevoeligheid voor een laag

bodemvochtgehalte in 1955 groter zal hebben doen zijn dan in 1953. Dit versterkt de invloed van de lagere temperatuur gedurende de eerste drie decaden in 1955.

Ten aanzien van *andijvie* werd reeds vermeld (blz. 189) het betrekkelijk grote verschil tussen de potentiële evapotranspiratie in beide jaren. Hierbij komt nog het verschil in temperatuur (tabel 26).

TABEL 26. Potentiële evapotranspiratie  $E_T$  en gemiddelde temperatuur  $\bar{T}$  per decade

maand month		juli July		augustus August		sept. Sept.	
decade decade		II	III	I	II	III	
1953	$E_T$	29,8	35,4	32,1	31,8	23,1	20,0
	$\bar{T}$	15,9	16,7	15,7	18,1	15,2	14,4
1954	$E_T$	30,1	27,4	21,9	22,6	16,4	15,0
	$\bar{T}$	14,9	16,9	14,8	15,3	16,4	13,2
decade decade		III	I	II	III	I	II
maand month		aug. Aug.		september September		oktober October	

TABEL 26. Potential evapotranspiration  $E_T$  and average temperature  $\bar{T}$  per decade

De vrij aanzienlijk hogere  $E_T$  gedurende de groeitijd in 1953 is in overeenstemming met de sterkte van de reactie op droogte in dat jaar t.o.v. die in 1954.

Wanneer een sterke transpiratie gepaard gaat met lage bodemtemperaturen, zoals in het voorjaar niet zelden voorkomt bij betrekkelijk lage buitenluchttemperatuur, geringe luchtvochtigheid en enige wind, zullen bovendien viscositeit en permeabiliteit tegenwerken.

#### 4.2.2.4. Conclusie

De proeven met verschillende gewassen, in verschillende jaren en met uiteenlopende opzet hebben niet tot volkomen gelijklopende opbrengstreacties op een verlaging van het gemiddeld vochtgehalte geleid. Het bleek evenmin mogelijk, afdoende verklaringen te geven voor de waargenomen verschillen, maar nochtans kan wel worden geconcludeerd dat het aanbeveling verdient voor het verkrijgen van maximale opbrengsten op dit type zandgrond een gemiddeld vochtgehalte van ca. 12,5 gew. % na te streven; dit betekent dat een uitdroging tot max. 11,5% (dus een verbruik van 22% van het beschikbare vocht, hier overeenkomend met pF 2,5) toelaatbaar is alvorens de grond wederom op veldcapaciteit terug te doen komen. Daarvoor is per keer bij een volumegewicht van 1,5 slechts 3 mm per dm uitgedroogd, d.w.z. doorworteld, profiel nodig.

Er wordt van afgezien, het economisch rendement van de daarvoor nodige maatregelen aan een beschouwing te onderwerpen, omdat zowel de kosten als de baten

van veel factoren afhankelijk zijn en een aparte studie zouden vereisen. Het is duidelijk dat in het algemeen de grote frequentie van kleine watergiften, die in tijden van droogte voor het handhaven van het gestelde vochniveau nodig is, tot hogere kosten per eenheid van oppervlakte zal leiden, dan het toelaten van verdere uitdroging met grotere hoeveelheden water per aanvulling tot veldcapaciteit. Ter oriëntering over de orde van grootte die bij economische overwegingen van toepassing kan zijn worden als voorbeeld tegenover elkaar gesteld de in de literatuur veelal aanbevolen grens van 50 % uitdroging en de hier gesuggereerde, op 25 % afgeronde, grens. Op grond van het gemiddeld reactiepatroon is een schatting van 10 % opbrengstverschil tussen beide behandelingswijzen bij de voorjaars- en zomergewassen niet hoog.

### 4.2.3. GEVOELIGE PERIODEN

#### 4.2.3.1. Gevoelige-periodenproeven

Uit enkele der in 1955 genomen proeven is een gevoeligheid voor droogte (bij sla: waterovermaat) gebleken, die in bepaalde gedeelten van de groeiperiode sterker is dan in andere. Bij de generatieve gewassen stamslabonen en tuinbonen bleek deze gevoelige periode samen te vallen met de bloei. Bij boerekool werd een zwakke extra gevoeligheid in de eerste maand van de groeitijd gevonden. Spinazie bleek gedurende beide van de onderscheiden perioden even gevoelig en sla was speciaal in de 3e en 4e week na het planten gevoelig voor waterovermaat. Er blijkt bij de proeven in 1955 met boerekool en tuinbonen bovendien dat bij een gelijk gemiddeld vochtgehalte opbrengstverschillen optreden, die toegeschreven moeten worden aan het verschil in vochtgehaltebeloop. Hieronder zijn paren van gelijke  $\bar{V}$  en nagenoeg gelijke  $\bar{V}$  opgenomen:

Boerekool			
	$\bar{V}$		$\bar{V}$
DNN (46,2 kg)	12,2 %	NDN (48,7 kg)	12,2 %
DDD (41,5 kg)	10,5 %	DND (43,7 kg)	10,6 %
DDN (43,7 kg)	11,7 %	NND (44,5 kg)	11,5 %
Tuinbonen			
	$\bar{V}$		$\bar{V}$
DDN (14,2 kg)	9,8 %	DND (17,3 kg)	9,9 %
NDD (15,1 kg)	10,7 %	DNN (20,4 kg)	10,6 %
NDN (15,7 kg)	10,7 %	NNN (27,0 kg)	11,5 %
NND (21,6 kg)	11,8 %		

Vergelijk ook fig. 129 en 158, hoofdstuk 3.

Daarentegen worden bij sla en spinazie bij dezelfde  $\nabla$  ook gelijke opbrengsten waargenomen, hoewel die  $\nabla$  op verschillende wijzen, nl. als DN en als ND tot stand kwam.

Op deze plaats dient te worden geconstateerd dat het onderzoek het voorkomen van een gevoeligheid voor droogte die aan bepaalde perioden van de gewasgroei is gebonden heeft bevestigd. Op deze gevoeligheid, die wellicht in analogie met fotoperiodiciteit aangeduid zou kunnen worden met hydroperiodiciteit, heeft BROUWER sterk de aandacht gevestigd, zoals in hoofdstuk 1 is aangehaald. Bezwaren tegen zijn methode van onderzoek en de interpretatie van de verkregen gegevens zijn daarbij reeds ter sprake gekomen. Het voornaamste bezwaar moet waarschijnlijk zijn dat BROUWER te weinig aandacht schonk aan de uitdroging van de grond, die normaliter met toenemende evapotranspiratie in het voorjaar en de zomer gepaard gaat. De gevoeligheid die daaruit geconcludeerd zou worden is niet specifiek voor het gewas en mag daarom niet onder het begrip hydroperiodiciteit vallen. De inrichting van de in hoofdstuk 3 besproken proeven geeft echter voldoende waarborg dat de verdampingsintensiteitsveranderingen de resultaten niet beslissend beïnvloed hebben. Het is overigens niet gemakkelijk, een verklaring voor het verschijnsel van bedoelde specifieke periode-gevoeligheid te geven.

Het meest waarschijnlijk is de verklaring die aansluit bij het gedrag van het wortelstelsel als wateropnemend orgaan ten opzichte van de transpirerende bovengrondse plantedelen, aangezien er vooralsnog weinig redenen zijn, althans gegevens, die wijzen op een specifieke gevoeligheid van de plant voor hogere vochtspanningen in bepaalde groeistadia. Er is meermalen waargenomen dat een sterke bovengrondse ontwikkeling gepaard gaat met een afnemende wortelgroei, zoals het schieten bij granen, bloei en vruchtzetting bij tomaten en bonen en bloei en bolvorming bij bollen.

Het is vermoedelijk niet zozeer de vergrote waterbehoefte die aan de vorming van de nieuwe weefsels is gebonden, noch de grotere transpiratie van nieuw gevormde jonge plantedelen die hierbij het evenwicht tussen wateropname en -afgifte kan verstoren, alswel de verminderde wortelgroei (GOEDEWAAGEN, 1942; BROUWER en MARTIN, 1956; KRAAIJENGA, 1954).

De wisselwerking tussen boven- en ondergrondse groei kan dus leiden tot periodiciteit in de wortelontwikkeling en zal daarmee de gevoeligheid voor uitdroging mede kunnen bepalen.

Overigens is niet aangetoond dat alle gewassen, althans bij de gebruikelijke teeltwijzen, een gevoeligheid voor droogte hebben die in de loop van de groeitijd van intensiteit verandert. De proef met spinazie geeft veeleer de indruk dat een periode van matige droogte doorstaan wordt zonder invloed op de uiteindelijke opbrengst, mits er een voldoende natte periode aan voorafgaat en/of op volgt. Een tijdelijke vertraging van de groei heeft hier blijkbaar geen gevolgen; vermoed wordt, dat dit verschijnsel samenhangt met het niet voorkomen van fysiologisch te onderscheiden groeistadia bij gewassen als spinazie, bieten (krotten) en wortelen.

Eensluidend zijn de resultaten bij de verschillende gewassen derhalve niet. Er

dient in het algemeen rekening gehouden te worden met de mogelijkheid dat het type vochtgehaltebeloop van invloed is op de opbrengst en dat de eerder besproken reactiepatronen voor opbrengst tegen  $\bar{V}$  niet vrij zijn van neveninvloeden.

In de volgende paragrafen zal nog worden nagegaan of deze neveninvloeden bij de proeven in 1953 en 1954 groot zijn geweest.

#### 4.2.3.2. *Vochttrappen en gevoelige perioden*

Eerder in dit hoofdstuk werd opgemerkt, dat bij de vochttrappenproeven het per veldje over de tijd en diepte gemiddelde vochtgehalte van de grond als variabele werd gebruikt bij de bestudering van het verband tussen opbrengst en vochttoestand. Dit gemiddeld vochtgehalte is het resultaat van de uitgevoerde behandeling en de teelt. Aan deze behandeling lag een schema ten grondslag, maar aangezien niet de gekozen objecten als maatstaf zijn gebruikt, is het voornog van weinig betekenis dat wel eens van het schema moest worden afgeweken. Van meer belang is, uit welke vochtgehalten, uit welk vochtgehaltebeloop het gemiddelde is ontstaan, aangezien een toevallige interferentie met de gevoelige periode(n) van het betreffende gewas voor één of meerdere objecten grotere opbrengstverschillen zal veroorzaken dan bij voor alle objecten parallel lopende vochtgehalten.

Doordat de gestelde uitdrogingsgrenzen doorgaans niet tegelijkertijd zullen worden bereikt, bestaat er verschil tussen de objecten in het tijdstip van watertoediening. Daarom mag in beginsel niet verwacht worden dat de waargenomen vochtgehalten rechtlijnig gecorreleerd zijn. Als dit desondanks gebeurt (bijv. fig. 176) moet het in zekere zin op toeval berusten. Overigens worden de complicaties waarover deze paragraaf handelt erdoor verminderd.

Als voorbeeld kunnen de proeven tuinbonen 1953, stamslabonen 1953 en aardbeien 1954 dienen.

Uit het onderzoek in 1955 kwam duidelijk naar voren dat in de bloeitijd van tuinbonen een grotere gevoeligheid voor droogte (laag bodemvochtgehalte) bestaat dan in de andere delen van de groeiperiode.

In 1953 moet het grote opbrengstverschil tussen obj. 0 enerzijds en de overige objecten anderzijds dan ook niet alleen worden verklaard met het eveneens grote verschil in gemiddelde vochtgehalten, vergelijk het volgende overzicht:

objecten	0	1	2	3
opbrengst	28,5	14,1	10,9	8,8
$\bar{V}$	11,1	7,9	7,7	7,0

Ook de omstandigheid dat tijdens de bloei het niet afgedekte obj. 0 door natuurlijke neerslag ruim driemaal zoveel water ontving als de overige objecten, nl. rond 108 mm tegenover rond 30 mm tussen 22 april en 21 mei, moet in aanmerking worden genomen.

Uit fig. 170, waar de met elkaar corresponderende vochtgehalten der periodieke bemonsteringen voor de vier objecten in drie combinaties tegen elkaar zijn uit-

FIG. 170 en 171. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten op overeenkomstige bemonsteringsdata bij tuinbonen 1953 en stamslabonen 1953

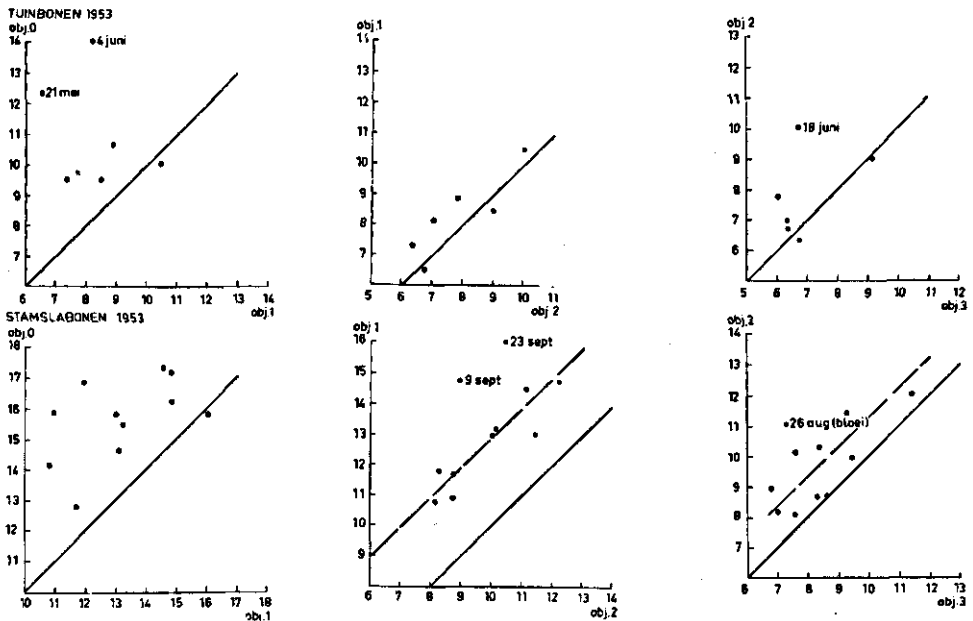


FIG. 170 and 171. Relation between the soil moisture contents in several treatments on corresponding sampling-dates in garden beans 1953 and dwarf french beans 1953

gezet, volgt dat het verschil tussen obj. 0 en obj. 1 in gemiddeld vochtgehalte in het bijzonder op 21 mei en 4 juni groot was. Een verschil van deze orde van grootte komt overigens alleen voor op 18 juni tussen obj. 2 en obj. 3; dit is lang na de bloei en zal dus geen bijzondere invloed via de gevoelige periode gehad hebben.

Bij stamslabonen 1953 is het opbrengstverschil tussen obj. 2 en 3 groot in verhouding tot het verschil in gemiddeld vochtgehalte:

objecten	0	1	2	3
opbrengst	103	150	180	95
$\bar{v}$	15,4	13,0	9,5	8,0

Zoals uit fig. 171 blijkt is met name op 26 augustus, d.i. tijdens de bloei, het verschil veel groter geweest dan op de overige data. Dit zal uitgewerkt hebben zowel ten gunste van obj. 2 als ten nadele van obj. 3. De bloei vormt een gevoelig ontwikkelingsstadium. Bij de proef in 1955 kwam de eerste helft van de bovengrondse groeitijd als gevoelige periode naar voren.

Uit fig. 172 blijkt dat bij aardbeien 1954 de vochtgehalten van obj. 1, 2 en 3 weinig uiteenlopen, behalve op 16 en 23 juni bij obj. 3. Aangezien de bloei hoofdzakelijk in de maand mei viel, kan worden aangenomen dat laatstbedoelde ver-

FIG. 172 en 173. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten op overeenkomstige bemonsteringsdata bij aardbeien 1954 en aardappel 1953

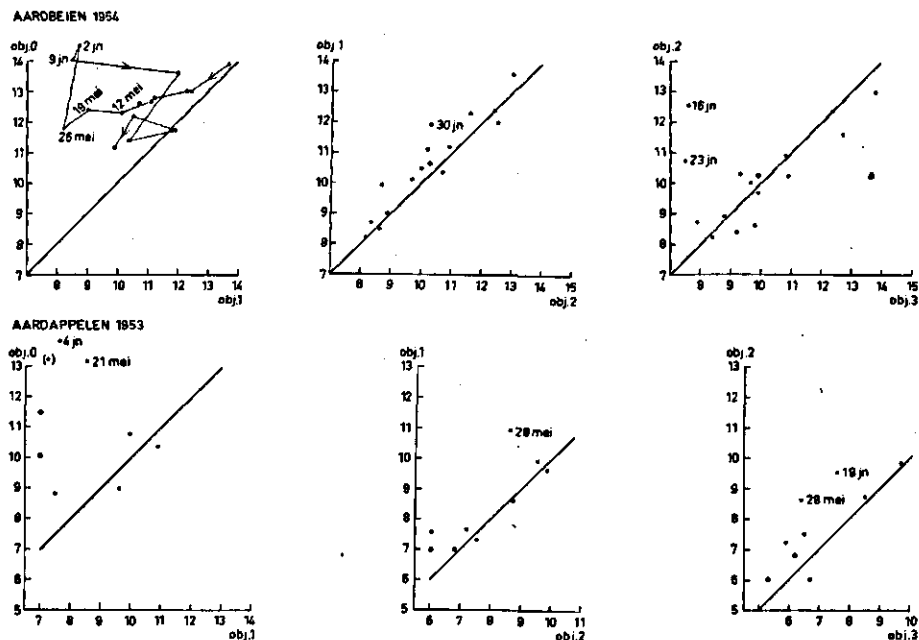


FIG. 172 and 173. Relation between the soil moisture contents in several objects on corresponding sampling-dates in strawberries 1954 and potatoes 1953

schillen ten tijde van de vruchtgroei optraden. De opbrengst van obj. 3 is er vermoedelijk sterker door gedrukt dan uit  $\bar{V}$  zou worden verwacht:

objecten	0	1	2	3
opbrengst	912	704	687	603
$\bar{V}$	12,7	10,7	10,3	9,9

Obj. 0 is daarentegen nat geweest tijdens de bloei, hetgeen aan de opbrengst ten goede gekomen zal zijn. De objecten 1 en 2 verschillen weinig.

De resultaten van de hier behandelde drie vertegenwoordigers uit de groep *generatieve gewassen* zijn dus in zoverre eensluidend, dat de bloeitijd als gevoelige periode naar voren komt. Min of meer toevallige variaties in het bodemvochtgehalteregeim die met deze bloeitijd samenvallen hebben een afzonderlijke invloed op het eerder beschreven reactiepatroon.

De proef met bloemkool in 1954 geeft geen inzicht in of bevestiging van het voorkomen van gevoelige perioden. De opbrengstverschillen 1 t/m 6 zijn gering; alleen onbehandeld (obj. 7) heeft een relatief lage opbrengst bij een zeer hoog gemiddeld vochtgehalte:

objecten	1	2	3	4	5	7
opbrengst	34,9	38,7	36,5	37,1	37,0	26,4
$\bar{V}$	9,4	11,3	10,5	11,8	10,7	14,1

Fig. 112 leert dat bij obj. 7 de extreme vochtgehalten ( $> 13\%$ ) over de gehele groeitijd voorkomen. Voorts blijken de objecten 2 en 4 resp. 3 en 5 betrekkelijk veel overeenkomst te hebben, althans meer dan de overige objecten.

Ook bij de *hakvruchten* kunnen enkele aanwijzingen worden verkregen over de invloed van het vochtgehalte in gedeelten van de totale groeitijd. De gegevens uit de staafdiagrammen welke van het vochtgehaltebehoop in hoofdstuk 3 zijn opgenomen zijn ook hier in andere vorm gebruikt.

Bij het volgende overzicht treffen de relatief grote opbrengstverschillen bij aardappelen 1953 tussen obj. 2 en obj. 3 t.o.v. de bijbehorende vochtgehalteverschillen:

objecten	0	1	2	3
opbrengst I	117,1	83,9	81,8	60,1
$\bar{V}_1$	11,2	8,6	8,2	7,8

Ook de spreiding in de waarnemingen bij lage  $\bar{V}$  in fig. 35 wijst hierop. Als verklaring kan aangevoerd worden dat obj. 2 in de week van 21—28 mei 15,9 mm neerslag ontving, obj. 3 niets, maar de invloed hiervan in dit vroege ontwikkelingsstadium is waarschijnlijk geringer dan die van droogte in een later stadium bij obj. 3. Daarbij dient opgemerkt dat de invloed van de betrekkelijk hoge vochtgehalten tot 21 mei op het gemiddelde ( $\bar{V}$ ) vrij groot is geweest. Dit blijkt uit het gemiddelde van de laatste 8 bemonsteringen bij de obj. 1—3:

objecten	1	2	3
$\bar{V}_8$	8,2	7,6	6,7

Bij obj. 3 is het lage vochtgehalte dat op 18 juni werd waargenomen zeker van invloed op het opbrengstverschil met obj. 2 geweest (fig. 173).

De proef met aardappelen in 1954 geeft in dit verband geen aanleiding tot veel opmerkingen; de opbrengsten lopen weinig uiteen, de gemiddelde vochtgehalten liggen op een betrekkelijk hoog niveau:

objecten	„17”	„26”	„35”
opbrengst	24,2	28,2	29,6
$\bar{V}$	10,6	12,0	12,6

Uit fig. 174 blijkt dat de vochtgehalten der verschillende objecten nagenoeg rechtlijnig samenhangen; de waarnemingen op 16 en 30 juni vallen daarbuiten. Op het gemiddelde vochtgehalte per object heeft dit geen sterke invloed gehad, noch op de gemiddelde opbrengst. Blijkbaar komt op dit hoge vochniveau de periode-gevoeligheid niet of slechts zeer zwak tot uiting.

Bij bieten 1953 is het vochtgehaltebehoop bij de obj. 1, 2 en 3 nagenoeg



FIG. 174 en 175. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten op overeenkomstige bemonsteringsdata bij aardappelen 1954 en bieten 1953

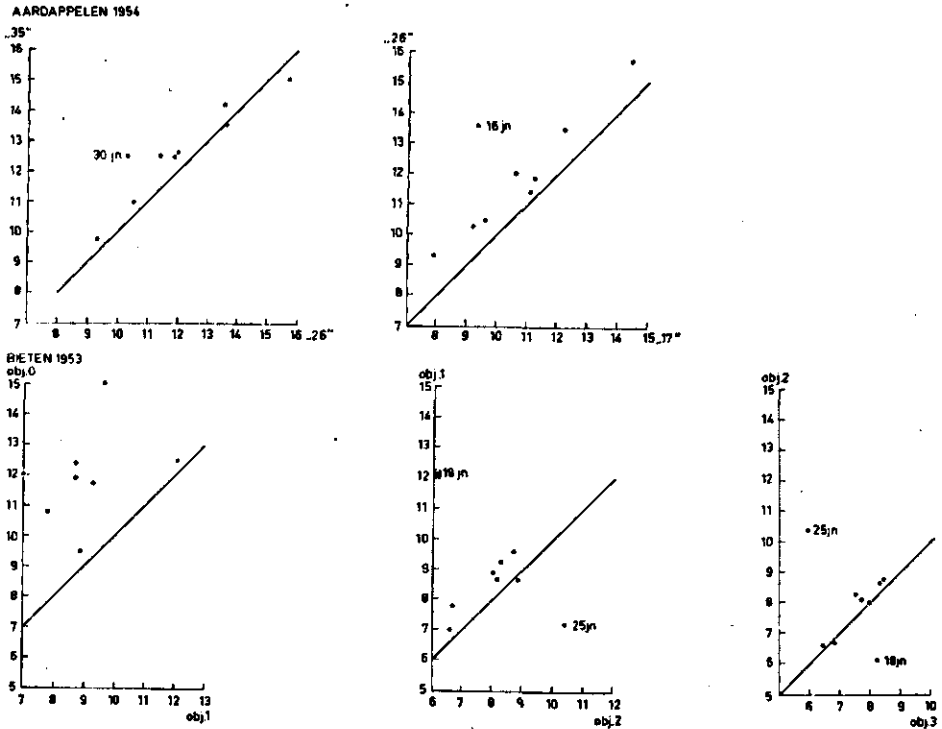


FIG. 174 and 175. Relation between the soil moisture contents in several treatments on corresponding sampling-dates in potatoes 1954 and beet 1953

gelijkvormig (fig. 175). De gehalten op 18 en 25 juni zijn afwijkend in tegengestelde zin. Het is niet waarschijnlijk dat dit een verklaring geeft van de opbrengstverschillen:

objecten	0	1	2	3
opbrengst	64,0	48,4	37,2	28,0
$\bar{v}$	11,9	8,7	8,1	7,7

Hieruit zou dan geconcludeerd moeten worden dat geringe verschillen in gemiddeld vochtgehalte bij dit gewas grote verschillen in opbrengst ten gevolge hebben als deze gemiddelden laag zijn. De reactie van het gewas op droogte, zoals die in het voorafgaande (hoofdstuk 3 en 4) is beschreven, is dan ook inderdaad door het gemiddeld vochtgehalte bepaald en niet, althans niet duidelijk, beïnvloed door de wijze waarop het gemiddeld vochtgehalte is ontstaan.

Bij bieten 1954 hebben de objecten 1 en 3 een nagenoeg congruent vochtbehoefte. Daarmee is in overeenstemming dat de opbrengsten gelijk zijn:

objecten	0a	b	1a	b	2a	b
opbrengst	47,0	46,2	32,6	37,8	32,5	37,8
$\bar{v}$	12,2	12,9	10,9	10,6	10,5	11,3

FIG. 176 en 177. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten op overeenkomstige bemonsteringsdata bij bieten 1954 en wortelen 1953

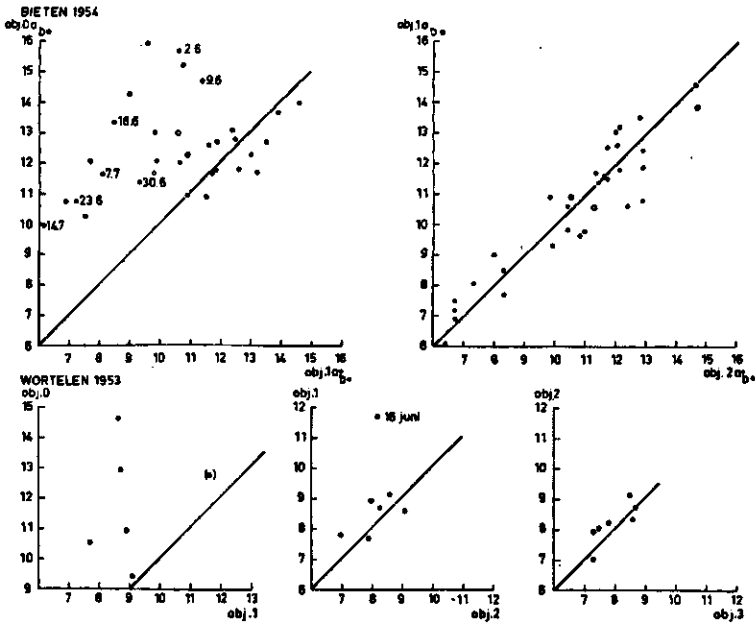


FIG. 176 and 177. Relation between the soil moisture contents inveral treatments on corresponding sampling-dates in beet 1954 and carrots 1953

Zoals ook uit fig. 176 blijkt is obj. 0 alleen gedurende de laatste 7 à 8 weken belangrijk natter geweest dan de andere objecten. Hieraan moet de hogere opbrengst van obj. 0 weliswaar worden toegeschreven, maar een specifieke gevoeligheid in die periode is er niet mee aangetoond.

Bij wortelen 1953 is het vochtgehaltebehoor voor de objecten 0, 2 en 3 nagenoeg gelijk; obj. 1 onderscheidt zich slechts door een hoog vochtgehalte op 16 juni, waaraan dan ook de hogere opbrengst moet worden toegeschreven zonder dat verwaant moet worden dat op deze datum de wortel in een bijzonder groeistadium was (fig. 177). Dit verklaart bij de obj. 2 en 3 de sterke reactie op een betrekkelijk geringe daling van het gemiddeld vochtgehalte:

objecten	0	1	2	3
opbrengst	31,6	18,1	8,0	8,1
$\bar{v}$	11,7	8,9	8,3	8,3

Over het verband tussen de vochtgehalten bij obj. 0 en obj. 1 is niets bijzonders te vermelden.

De proeven met *bladgewassen* in 1953 en 1954 geven geen aanleiding tot conclusies ten aanzien van de vorengestelde vraag over de invloed van het vochtgehaltebehoop op het reactiepatroon. Deze proeven hebben gemeen dat zij een groot vochtgehaltetraject beslaan.

FIG. 178 en 179. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten op overeenkomstige bemonsteringsdata bij sla 1953 en andijvie 1953

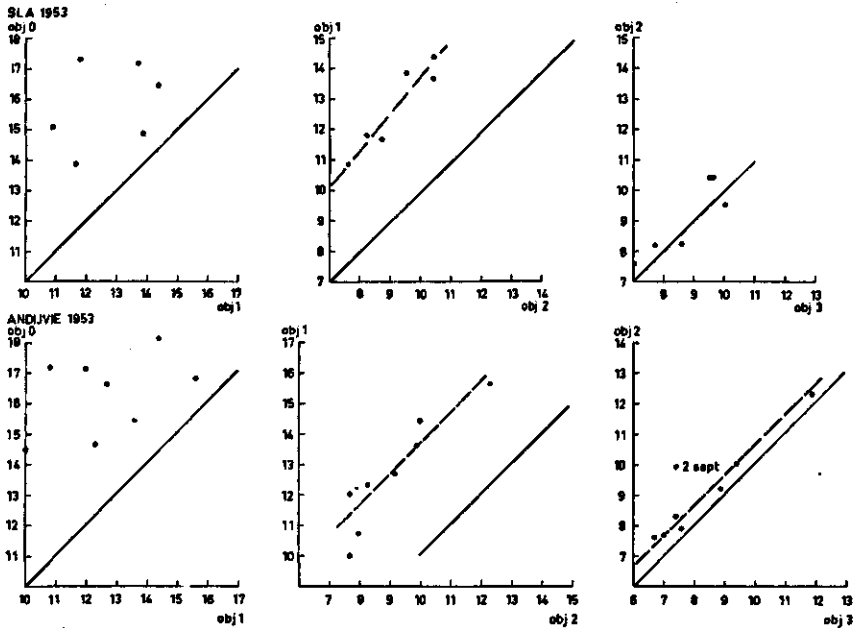


FIG. 178 and 179. Relation between the soil moisture contents in several treatments on corresponding sampling-dates in lettuce 1953 and endive 1953

Er wordt bij sla 1953 geen bevestiging gevonden van de waarneming in 1955 dat in de eerste helft van de groeitijd een grotere gevoeligheid voor zeer hoge vochtgehalten optreedt dan in de tweede helft, omdat in 1953 (fig. 178) obj. 0 voortdurend, zij het in wisselende mate, veel natter is geweest dan obj. 1. Hetzelfde geldt voor andijvie 1953 (fig. 179).

Bij andijvie 1954 blijkt (fig. 180) een grote overeenstemming te bestaan tussen obj. 4, 5 en 6 onderling, zoals trouwens ook reeds in fig. 109 te zien was. De spreiding der punten bij de overige objectvergelijkingen, noch de opbrengsten t.o.v. de gemiddelde vochtgehalten geven aanleiding tot opmerkingen in verband met bijzondere gevoeligheid:

objecten	1	2	3	4	5	6
opbrengst	27,6	34,6	33,4	29,1	24,6	22,6
$\bar{v}$	9,9	10,6	11,7	13,8	14,3	14,0

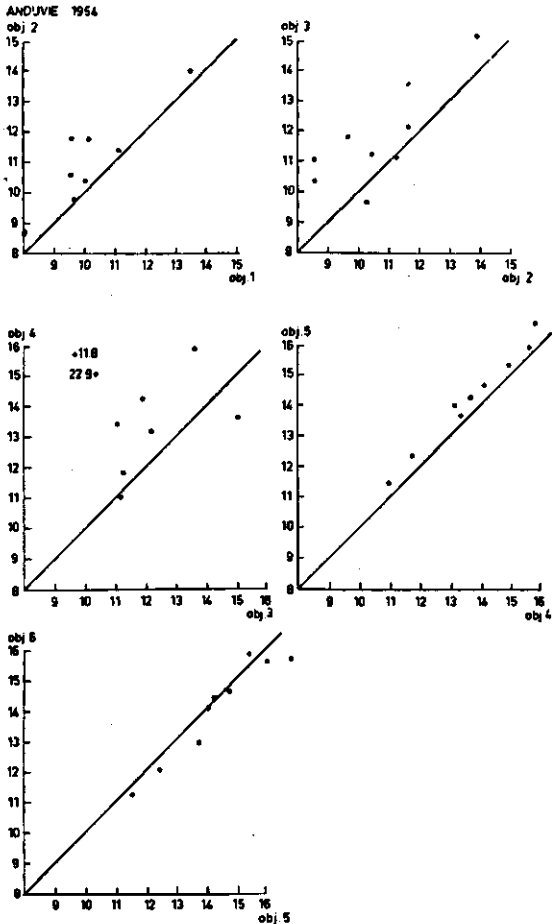


FIG.180. Verband tussen de vochtgehalten op verschillende objecten van andijvie 1954 op overeenkomstige bemonsteringsdata

FIG.180. Relation between the soil moisture contents in several treatments of endive 1954 on corresponding sampling dates

#### 4.2.3.3. Gevoelige perioden en opbrengstspreading tussen herhalingen

In aansluiting op de vorige paragraaf is er reden om na te gaan hoe de correlatie is tussen het vochtgehaltebeloop bij parallellen van eenzelfde object. Zoals eerder werd opgemerkt vond de behandeling plaats naar het vochtgehalte dat berekend werd als gemiddelde uit de 2 of 3 herhalingen. Reeds aanwezige verschillen binnen een object kunnen daardoor vergroot of verkleind worden. Het is denkbaar dat deze afwijkingen interfereren met gevoelige ontwikkelingsstadia van het gewas, waardoor op dezelfde wijze als in de vorige paragraaf is beschreven, de opbrengst sterker wordt beïnvloed dan door het berekende gemiddeld vocht-

gehalte kan worden verklaard. Dit resulteert dan in een spreiding der waarnemingspunten om het in hoofdstuk 3 gegeven verband tussen opbrengst en gemiddeld vochtgehalte, welke niet aan het toeval mag worden toegeschreven. Aangezien niet de toegepaste behandelingen maar de gemiddelden van de in feite opgetreden vochtgehalten als maatstaf voor de vochttoestand zijn gebruikt, komen eventuele terreinverschillen in vochthuishouding zonder meer tot uitdrukking. In deze paragraaf zal daaraan dan ook geen aandacht worden gegeven. Het gaat hier om tijdelijke sterke afwijkingen van de verwachte overeenkomst tussen de vochtgehaltebelopen van de herhalingen.

Stamslabonen 1953

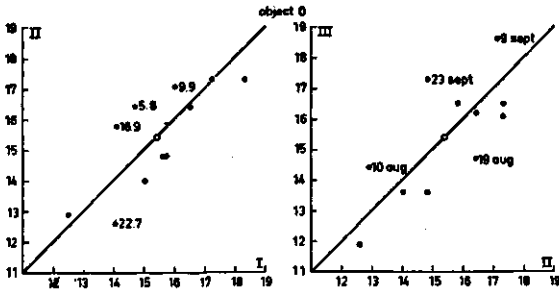


FIG.181. Verband tussen de vochtgehalten op de parallellen per object op overeenkomstige bemonsteringsdata bij stamslabonen 1953

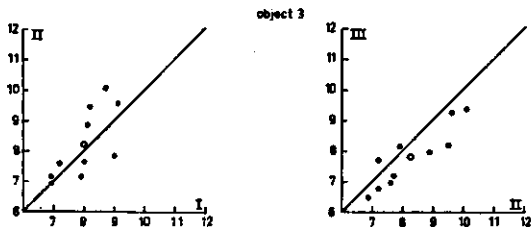
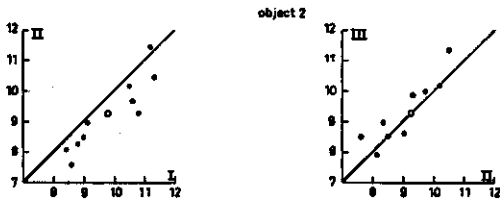
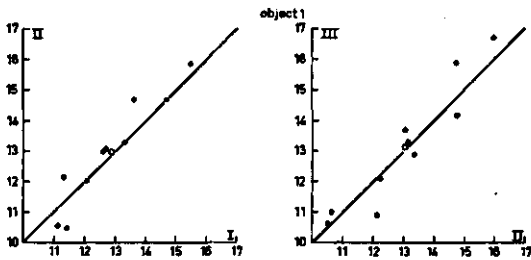


FIG.181. Relation between the soil moisture contents on the parallels per treatment on corresponding sampling dates with dwarf french beans 1953

In fig. 181 is voor de proef met stamslabonen 1953 als voorbeeld van bewerking per object het bedoelde verband tussen de waargenomen vochtgehalten voor de herhalingen grafisch weergegeven.

Onder verwijzing naar fig. 94 (hoofdstuk 3, slamslabonen 1953) geeft het volgende overzicht de opbrengstcijfers:

obj.	herhaling					
	I		II		III	
	$\bar{V}$	opbr.	$\bar{V}$	opbr.	$\bar{V}$	opbr.
0	15,4	160	15,4	85	15,4	64
1	12,8	112	13,0	197	13,1	140
2	9,8	201	9,3	163	9,3	177
3	8,0	104	8,3	99	7,8	82

De objecten 0 en 1 geven een spreiding te zien die belangrijk groter is dan die van obj. 2 en 3. De verschillen in per veldje gemiddeld vochtgehalte ( $\bar{V}$ ) zijn zo gering, althans bij de obj. 0 en 1, dat een correctie van de opbrengsten hiervoor niet nodig is. Nu is in fig. 181 de correlatie tussen de vochtgehalten der herhalingen bij obj. 1, 2 en 3 van dezelfde orde van grootte; bij obj. 0 is deze kleiner. Blijkbaar treedt de opbrengstvariatie binnen obj. 1 op ondanks de congruentie in vochtgehaltebelopen. Er is dan ook weinig aanleiding de spreiding in fig. 181 aan te voeren ter verklaring van de opbrengstvariatie binnen obj. 0, nog minder omdat de data waarop de grotere afwijkingen zijn opgetreden slechts in een enkel geval corresponderen met de als gevoelig gekenmerkte bloeitijd. Hierbij zij echter opgemerkt dat de opbrengst bij obj. 0 en 1 is beïnvloed door waterovermaat in plaats van door droogte, zodat het zeer wel mogelijk is dat een ander ontwikkelingsstadium als gevoelig moet worden beschouwd.

In het voorgaande konden geen stadia in de ontwikkeling van de voor blad geteelde gewassen worden aangewezen met een bijzondere gevoeligheid voor droogte of wateroverlast. In obj. 1 van andijvie 1953 is een relatief grote opbrengstspreading in de herhalingen, die niet past bij de gemiddelde vochtgehalten per herhaling:

obj.	herhaling					
	I		II		III	
	$\bar{V}$	opbr.	$\bar{V}$	opbr.	$\bar{V}$	opbr.
0	16,3	422	16,3	395	15,6	388
1	13,3	382	12,1	436	12,6	557
2	9,3	319	9,0	264	9,0	261
3	8,4	221	8,3	183	8,5	222

Voor deze spreiding wordt geen verklaring gevonden in het verband tussen de vochtgehalten op overeenkomstige tijdstippen. Gezien het  $\bar{V}$ -niveau bij obj. 0 met bijbehorende opbrengsten is het waarschijnlijk dat de gewraakte spreiding op andere dan de hier onderzochte factoren berust.

Ook andijvie 1954 geeft een grote opbrengstspreading binnen enkele objecten te zien (fig. 110, hoofdstuk 3). Bijv. obj. 2:

obj. 2	herhaling					
	I		II		III	
	∇	opbr.	∇	opbr.	∇	opbr.
	10,8	41,6	10,8	30,9	10,2	31,2

Er is praktisch geen verschil tussen het vochtgehaltebeloop van de herhalingen. Hiermee wordt derhalve geen verklaring der opbrengstverschillen verkregen. Hetzelfde geldt voor de opbrengst van objecten 4, 5 en 6:

obj. 4	herhaling		
	I	II	III
	29,4	34,3	23,6
5	33,1	20,2	20,4
6	28,5	20,1	19,1

De proeven met hakvruchten vertonen niet een zodanige opbrengstspreading over de herhalingen dat een verband met het vochtgehaltebeloop waarschijnlijk is.

De conclusie uit deze paragraaf moet zijn dat de relatief grote variatie in opbrengst die bij een aantal proeven blijkt voor te komen bij de herhalingen van een object en die niet wordt verklaard uit een verschil in gemiddeld vochtgehalte, geen aanwijsbare samenhang vertoont met de verschillen in het vochtgehaltebeloop der parallellen.

#### 4.2.4. DE BETEKENIS VAN DE GEVONDEN SAMENHANG TUSSEN GEMIDDELD BODEMVOCHTGEHALTE EN OPBRENGST E.D. IN TERMEN VAN VOCHTSPANNING (pF)

Nadere beschouwing van de pF-curve.

Zoals in hoofdstuk 2 werd geconstateerd, heeft de pF-curve een vloeiend beloop, d.w.z. dat met afname van het vochtgehalte de decimaal logarithme van de vochtspanning in cm waterkolom geleidelijk toeneemt.

Opgemerkt kan worden dat de pF-curve een minder uitgesproken zandkarakter heeft dan de geringe hoeveelheid beschikbaar water tussen de grenzen pF 2,0 en pF 4,2 aanvankelijk doet verwachten.

Het ontbreken van een duidelijke vlakke „zitting in de stoel” moet worden verklaard uit het voorkomen van 10 % minerale deeltjes  $< 16 \mu$  (zie blz. 28), hetgeen de grond onderscheidt van de lichte stuifzand- en duinzandgronden.

Eveneens kan worden vastgesteld dat de curve in het traject pF 2,0 — pF 4,2 slechts weinig afwijkt van een rechte (fig. 182). Aangezien dit traject de meest voorkomende bodemvochttoestanden omvat, zou een rechtlijnig verband tussen de pF en het vochtgehalte impliceren dat zowel de pF als het uitdrogingspercentage tussen genoemde grenzen als maatstaf voor de bodemvochttoestand gebruikt

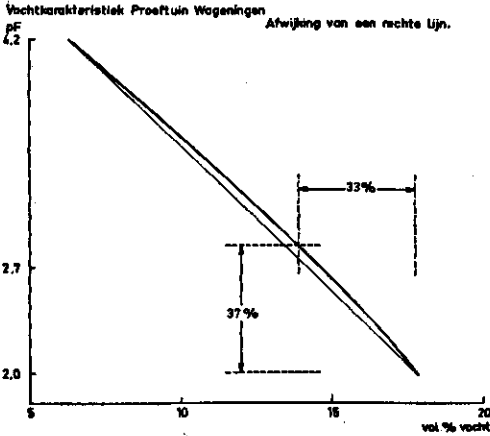


FIG. 182. De pF-curve gemiddeld voor de bovengrond van het proefterrein in het traject pF 2,0—pF 4,2 en de afwijking van de rechte verbindingslijn tussen de vochtgehalten bij pF 2,0 resp. pF 4,2

FIG. 182. The average pF-curve for the top soil of the trial area in the range of pF 2.0—pF 4.2 and the deviation from the straight linking line between moisture content of pF 2.0 and pF 4.2

kan worden. Van deze samenhang wordt blijkbaar door de meeste onderzoekers in de U.S.A. uitgegaan, als zij niet de vochtspanning (als pF), maar het uitdrogingspercentage („available moisture depletion”) als variabele bij het verband tussen bodemvochtigheid of -vochttoestand en enige uiting van plantengroei nemen. Daarbij wordt dan de totale hoeveelheid beschikbaar vocht tussen veldcapaciteit (in het onderhavige geval overeenkomend met pF 2,0) en verwelkingsgrens (pF 4,2) gelijkgesteld aan 100 en de hoeveelheid onttrokken vocht als percentage van dat totaal uitgedrukt.

Betwijfeld moet worden of het in het algemeen juist is om aan te nemen dat de pF-curve in bedoeld traject recht is. Althans voor een 25-tal grondsoorten in Nederland kon worden nagegaan dat in slechts 5 gevallen het vochtgehalte bij pF 2,7 samenviel met het vochtgehalte volgens de rechte verbinding tussen de waarden voor pF 4,2 resp. pF 2,0; in 14 gevallen was het gevonden vochtgehalte hoger, in 6 gevallen lager dan volgens de rechte <sup>1</sup>.

De gemiddelde afwijking over alle 25 gevallen was 1,00 vol. % vocht, voor de 14 gronden met een convexe curve (in bedoeld traject) was de afwijking gemiddeld 1,23 vol. %, bij de laatste groep (concave curven) gemiddeld 1,29 vol. % vocht.

De pF-curve van het proefterrein blijkt in lichte mate convex te zijn; bij pF 2,7 is het gevonden vochtgehalte 0,55 vol. % hoger dan overeenkomt met een rechtlijnig verband tussen vochtgehalte en pF in het aangegeven traject.

De betekenis van dit soort afwijkingen blijkt uit een voorbeeld voor gronden die 16 vol. % vocht bevatten tussen pF 2,0 en pF 4,2. Is nl. 33 % van het beschikbare vocht onttrokken, dan heeft een „bolling” van 1,00 vol. % vocht bij pF 2,7 tengevolge dat niet 33 % doch 41 % van het pF-traject tussen 2,0 en 4,2 is afgelegd (pF 2,90 i.p.v. pF 2,72), terwijl een „holling” van 1,00 vol. % bij pF 2,7 betekent dat de pF in werkelijkheid op ca. 25 % van het pF-traject is gekomen (pF 2,55), hoewel reeds 33 % van het vocht is onttrokken en uit hoofde van een rechte pF-curve in dit traject een pF 2,72 zou moeten worden verwacht. In beide gevallen dus een niet onaanzienlijk verschil.

<sup>1</sup> Hierbij wordt uitgegaan van het vochtgehalte bij pF 2,7 volgens de curven en niet van de betreffende bepalingen in het laboratorium, omdat deze veelal afwijkende waarden geven, zoals in hoofdstuk 2 is beschreven.



Voor de grond van het proefterrein is de invloed van de bolling zodanig dat bij een kwantitatieve onttrekking van 33 % ongeveer 37 % van het pF-traject is afgelegd (pF 2,80 i.p.v. 2,72) (zie fig. 182). Deze afwijking ligt binnen de foutengrens die door andere omstandigheden wordt bepaald.

Uit het beschreven onderzoek is gebleken dat het voor het verkrijgen van hoge opbrengsten bij de groenteteelt van belang is er voor te zorgen dat de vochtvoorziening via de grond niet in het minimum komt. Alle onderzochte gewassen zijn gevoelig gebleken voor een uitdroging van de grond tot vochtgehalten welke veel lager zijn dan overeenkomt met veldcapaciteit, terwijl in enkele gevallen ook aanwijzingen worden verkregen dat hogere gemiddelde vochtgehalten eveneens tot opbrengstdaling kunnen leiden. Een universeel optimum is niet aan te geven, doch de resultaten wijzen op een vochtgehaltetraject dat ook veldcapaciteit omvat.

Hiermede is samengevat tot welke praktische conclusie het onderzoek heeft geleid. Evenwel is geen uitspraak gedaan over de geldigheid van deze conclusie voor groenteteelt op andere grondsoorten. Te verwachten is dat de poriëngrootteverdeling, dus de vorm van de pF-curve (tussen pF 4,2 en 2,0 en tussen pF 2,0 en  $-\infty$ ), invloed zal hebben op de ligging van bedoeld optimum.

Op vele gronden zal vooral de water/lucht-verhouding bij veldcapaciteit via de eisen welke de gewassen aan de bodemaëratie stellen bepalend zijn voor de reactie der gewassen op bodemvochtgehalte. Zoals op blz. 74 werd betoogd, mag worden aangenomen dat deze verhouding op de onderhavige grond geen storende beperking in de aëratie inhoudt. In het overgrote deel van de Nederlandse zandgronden komen geen noemenswaardig ongunstiger verhoudingen voor. Er is dus aanleiding om de toepasselijkheid van de gegeven conclusie tot deze gronden uit te strekken. Daarmee is echter alleen een uitspraak gedaan over het optimumvochtgehalte en niet over de geldigheid van de gevonden reactiepatronen voor andere grondsoorten.

Tot dusverre is de reactie van het gewas uitgedrukt als een opbrengst-gemiddeld vochtgehalte-functie. De hypothese dat de *hoeveelheid* vocht in grond opbrengstbepalend is lijkt hieraan ten grondslag te liggen. Het is echter niet deze hypothese, maar de aard van de primaire waarnemingen, te weten de periodiek bepaalde bodemvochtgehalten, die tot deze bewerking aanleiding heeft gegeven.

Uit een energetisch oogpunt is er reden om na te gaan, welke de reactiepatronen zijn met betrekking tot de gemiddelde *vochtspanning*. Wordt de opbrengst of groei van een gewas bepaald door de opneembaarheid van het bodemvocht, afhankelijk derhalve van de kracht waarmee het water in de grond gebonden is bij een bepaald vochtgehalte, dan biedt herleiding van de functie opbrengstvochtgehalte tot de functie opbrengstvochtspanning (pF) het perspectief van overdraagbaarheid der verkregen resultaten op andere grondsoorten (waarbij uiteraard de restrictie t.a.v. andere invloeden, zoals bewortelingshabitus, voorbehouden moet blijven).

In aansluiting op hetgeen in hoofdstuk 1 en in deze paragraaf reeds werd meegedeeld over het in Amerika veel voorkomende gebruik van een schaal waarin met het percentage verbruikt beschikbaar vocht uitdrukking wordt gegeven aan de vochttoestand, wordt hier opgemerkt dat deze schaal bij toepassing van kunstmatige watertoevoer in de praktijk het voordeel heeft van eenvoud boven een andere formulering van de vochttoestand, maar dat de overdraagbaarheid — evenals t.a.v. gemiddeld vochtgehalte — beperkt is tot gronden met een gelijkvormige pF-curve tussen veldcapaciteit en verwelkingsgrens.

Ter oriëntering diene dat bij de onderzochte grond een uitdroging van 13,5 gew. % tot 11,5 % overeenkomt met 22 % van het beschikbare vocht en pF 2,5, terwijl pF 3,0 met een uitdroging van 45 % overeenkomt.

Een uitbreiding van het onderzoek tot grondsoorten met verschillende vocht-karakteristieken onder overigens gelijke omstandigheden en bewerking was voor een nadere studie van het vochtspanningseffect nodig geweest, doch aan de in hoofdstuk 2 opgesomde voorwaarden (blz. 28) kon daarbij niet voldaan worden.

De bodemkundige verschillen binnen het proefterrein, waarvan ook bij de bespreking van het pF-onderzoek gewag werd gemaakt, zullen te gering blijken om uitsluitel te kunnen geven over de vraag of naast andere groeifactoren de (gemiddelde) vochtspanning of het vochtgehalte opbrengstbepalend is. Hieronder zal beschreven worden hoe getracht is om met het beschikbare materiaal toch enig inzicht in dit vraagstuk te krijgen.

Bij de vochtgehaltekarteringen van de veldcapaciteit op 5 maart en 1 mei 1958, data waarop, zoals in hoofdstuk 2 werd vermeld, de grond op veldcapaciteit of natter moet zijn geweest, werden statistisch betrouwbare verschillen tussen de veldjes geconstateerd; deze bleken, afgezien van een normale restvariantie, systematisch te verlopen over het terrein. In analogie met het begrip vruchtbaarheidsbeloop wordt hier van veldcapaciteitsbeloop gesproken. Dit kan worden aangegeven door een vlak met rechte lijnen, welke een verschillende hoek met de proefveldcoördinaten maken. Het grootste verschil — tussen de NW- en de ZO-hoek van het terrein — bedroeg na itereren der analysegegevens op 5 maart 1958 2,5 gew. % en op 1 mei 1958 1,5 gew. % vocht. Een speciaal onderzoek naar het beloop van het 15 atm % over het terrein is niet verricht, maar op grond van de beschikbare gegevens kan worden aangenomen dat het grootste verschil hiervoor 0,5 gew. % in dezelfde richting bedraagt. Daarmee is het grootste verschil in percentage beschikbaar vocht 2,0 resp. 1,0 gew. % op beide data.

Het bestaan van dergelijke verschillen binnen het proefterrein impliceert dat een uitdrogingsgrens welke bij de proeven t.a.v. het vochtgehalte uniform voor alle herhalingen werd vastgesteld een verschillende behandeling t.a.v. de pF betekende. Bovendien werd eerder opgemerkt dat bij de bewerking van de gegevens der proeven geen grote betekenis aan het begrip „herhaling” moet worden toegekend, omdat eventuele verschillen in bodemgesteldheid ook via de vochthuishouding in de waarnemingen aan het gewas tot uiting zouden kunnen komen als vooralsnog onverklaarde restvariantie.

Het gesignaleerde beloop in het percentage beschikbaar vocht biedt nu de gelegenheid om na te gaan of door het in acht nemen van de verschillen tussen de „herhalingen” een deel van de bedoelde restvariantie verklaard kan worden. Daartoe worden niet de gemiddelden van de periodiek waargenomen vochtgehalten, maar de gemiddelde uitdroging — uitgedrukt als percentage van het gehalte beschikbaar water bij veldcapaciteit („depletion %”) — als variabele in de functie opbrengst/vochttoestand genomen. Mag op grond van de voorgaande analyse van de pF-curve worden aangenomen dat deze in het traject tussen veldcapaciteit en 15 atm % rechtlijnig is, dan is dit uitdrogingspercentage ook direct als maat voor de pF te gebruiken.

Zou nu blijken dat de restvariantie bij deze nieuwe bewerking der waarnemingscijfers kleiner is dan bij het gebruik van het gemiddeld vochtgehalte als ordinaat (zoals in hoofdstuk 3 geschiedde), dan zou daarmee een aanwijzing verkregen zijn dat de vochtspanning een belangrijkere factor is bij de plantengroei dan het vochtgehalte.

Overwegende dat de correlatiecoëfficiënt  $r^1$  in het geval van een rechtlijnige samenhang tussen opbrengst en vochnorm aangeeft welk deel van de variantie in het materiaal verklaard kan worden door een rechte die van een horizontaal afwijkt, zijn bij alle proeven waarbij de waarnemingen het beste passen bij een 1e graads functie de correlatiecoëfficiënten berekend voor beide uitdrukkingswijzen van de gemiddelde vochttoestand. Bij de kromlijnige verbanden is slechts een enkele maal een wiskundige bewerking uitgevoerd om een verschil in restvariantie vast te stellen; meestal werd een visuele vergelijking van de grafische voorstellingen toegepast.

Het resultaat van deze vergelijking van beide uitdrukkingswijzen kan als volgt worden samengevat.

Van de 18 proeven waarbij de bedoelde vergelijking werd uitgevoerd voor de opbrengst (hetzij in kg per veldje, hetzij in g per plant) was in 16 gevallen een verschil in restvariantie waar te nemen of te berekenen, in één geval was dit onzeker en in één geval zeer onzeker. Van die 16 gevallen bleken alleen Bieten 1954 en Stamslabonen 1955 een betere samenhang met het percentage verbruikt beschikbaar vocht te zien te geven; het onzekere geval (Stamslabonen 1953) behoorde eveneens tot deze minderheid. Van de 17 proeven zijn er derhalve 14 waarvoor het aannemen van verschillen in % beschikbaar water niet tot gunstiger resultaten leidt. Dit zou tot de gevolgtrekking moeten leiden dat het gemiddeld vochtgehalte een betere uitdrukking voor de vochttoestand is dan het percentage verbruikt beschikbaar vocht ofwel — in dit geval — de pF. Er moet evenwel worden opgemerkt dat bij bovenstaande bewerking met zeer kleine, geschematiseerde verschillen in vocht karakteristiek op het proefterrein werd gewerkt. Het is daarom juister de vraag open te laten, welke van de uitdrukkingswijzen, gemiddeld vochtgehalte, pF of percentage verbruikt beschikbaar vocht beslissend is voor de plantengroei. Het is ook denkbaar dat een combinatie van de hoeveelheid

<sup>1</sup> In feite  $r^2$ .

vocht tussen veldcapaciteit en uitdrogingsgrens en de gemiddelde vochtspanning de opbrengstbepalende factor is. Nader onderzoek hierover is in verband met de intensivering van het grondgebruik en de toenemende toepassing van berekening in de gematigde klimaatszónes dringend nodig.

### 4.3. WATERVERBRUIK EN BODEMVOCHTTTOESTAND

In paragraaf 2.8. werd een poging gedaan om het vochtgehaltebeloop tussen de bemonsteringsdata te schatten met behulp van de verhouding  $C$  tussen het — uit de neerslag en bodemvochtgehalteveranderingcijfers berekende — waterverbruik en de waargenomen verdamping van Piche-evaporimeters. In tabel 10 (blz. 81) werden  $C$ -waarden voor de verschillende objecten bij een aantal proeven vermeld. Daarbij werd  $C$  voor de gehele groeitijd berekend als gemiddelde van de waarden, die voor de betrokken vochtbepalingsperioden werden vastgesteld, ongeacht de mogelijkheid dat zakwater is opgetreden.

Hoewel het onderzoek niet op deze aspecten van de waterhuishouding was gericht is het aantrekkelijk de beschikbare cijfers tenslotte nog in verband te brengen met de opgetreden bodemvochttoestanden.

Daartoe is eerst voor een aantal ongeveer gelijktijdig groeiende gewassen (sla, andijvie, stamslabonen en savoyekool, alle 1953) voor het gemeenschappelijke tijdvak 6 augustus—2 september een verband gezocht tussen  $C$  en de daarbij behorende vochtgehalten  $\nabla$  (gemiddeld, na rechtlijnig interpoleren). Daarbij zijn de perioden waarvan mocht worden aangenomen dat zakwater is opgetreden uitgesloten. Uit de aldus verzamelde 29 „waarnemingen” is berekend de functie  $C = 0,043 \cdot \nabla - 0,16 \dots\dots (1)$ .

Hieruit volgt dat  $\beta/\alpha = -2,4$ , hetgeen (zie paragraaf 2.8.) niet erg waarschijnlijk is met P.W.P. = 4,5 %. Bovendien is  $r^2 = 0,19$ , zodat geen grote betekenis aan de absolute waarde van de berekende coëfficiënten mag worden toegekend. Toch geven de berekende waarden  $\alpha = 0,043$  en  $\beta = -0,106$  aanleiding op te merken dat indien geëxtrapolleerd wordt tot  $\nabla = 14,0$  gew. %, d.i. ongeveer veldcapaciteit,  $C$  een waarde van 0,5 zou bereiken. Aangezien de Piche-verdampingscijfers in ml zich numeriek tot de verdamping in mm van een vrij wateroppervlak (verdampingspan model K.N.M.I.) blijken te verhouden als 2 : 1 (zie blz. 42), betekent  $C = 0,5$  dat de evapotranspiratie van genoemde gewassen bij veldcapaciteit gemiddeld gelijk geweest zou zijn aan de verdamping van een vrij wateroppervlak.

Wordt de verhouding tussen de evapotranspiratie van het gewas  $E_W$  en de verdamping van vrij water  $E_0$  aangegeven met  $E_t$ , dan is vergelijking (1) te schrijven als  $E_t = 0,086 \nabla - 0,212 \dots\dots (2)$ , waarin de afhankelijkheid van de evapotranspiratie van het bodemvochtgehalte opnieuw tot uitdrukking komt.

Functie (2) kan uitgedrukt worden in termen van  $pF$  door de in hoofdstuk 2 beschreven  $pF$ -curve als rechte aan te nemen in het traject tussen veldcapaciteit

en P.W.P., beantwoordend aan de functie  $pF = -0,23 V + 5,22$ ; (2) wordt dan  $E_t = -0,374 pF + 1,74$ .

Er is reeds (blz. 76) op gewezen dat WIND (1955) soortgelijke resultaten verkreeg met gras op komklei.

De bovenstaande bewerking heeft door de starre binding aan het tijdvak 6 augustus—2 september het bezwaar dat er verschillende gewassen in ongelijke ontwikkelingsstadia in betrokken zijn. In verband met de grote belangstelling voor potentiële verdampingsproblemen die de laatste 15 jaar bestaat zal de aandacht zich in het bijzonder richten op het waterverbruik in de tijd dat het gewas gesloten is en de grond bedekt. Daarom werd in tweede instantie voor elke proef een tijdvak genomen, waarin het gewas de grond bedekte; per object werd voor die tijdvakken het vocht„verbruik” berekend (ongeacht eventueel opgetreden zakwater), aangeduid met  $E_W$ . Voorts werd voor deze tijdvakken de potentiële evapotranspiratie  $E_T$  (per definitie die van een kortgehouden grasmat bij ruime watervoorziening) berekend<sup>1</sup>.

Het quotiënt  $E_W/E_T$  is voor een aantal proeven in fig. 183 uitgezet tegen het gemiddeld vochtgehalte voor de betrokken periode. Er blijkt per proef een verband te zijn dat tabel 10 reeds deed verwachten: een daling van het vochtverbruik met dalend bodemvochtgehalte, t.o.v. dat van kortgehouden gras met voldoende water in hetzelfde tijdvak. Deze daling is sterk: bij een gemiddelde halvering van het gehalte beschikbaar vocht is  $E_W/E_T$  ca. 0,5. De curven wijzen op een nadering van  $E_W/E_T$  tot 0 bij gemiddelde vochtgehalten in het traject 4—7 gew. %. Opvallend is voorts dat de punten in het vochtgehaltetraject waarin zeker zakwater is opgetreden merkwaardig goed aansluiten. Tenslotte blijkt  $E_W/E_T$  boven de waarde 1,0 te kunnen stijgen voordat  $\nabla$  veldcapaciteit overschrijdt, maar wegens het samengesteld karakter van  $\nabla$  is er geen zekerheid, dat geen zakwater is opgetreden.

De verschillende gewassen blijken uiteenlopend te reageren zodat moeilijk van een universele samenhang tussen  $E_W/E_T$  en  $\nabla$  gesproken kan worden. Het laatste impliceert dat ook bij een gelijkwaardige vochtvoorziening als die waarop  $E_T$  betrekking heeft verschillende waarden van  $E_W/E_T$  gevonden zullen worden. Dit lijkt in strijd met de uitspraak van PENMAN (1956): „For complete crop covers of different plants having about the same colour, i.e. the same reflexion coefficient, the potential transpiration rate is the same, irrespective of plant or soil type”. Het is niet bekend in hoeverre de kleurverschillen tussen de onderzochte gewassen in dit verband van betekenis zijn. Een indeling naar de hoogte of ruwheid van het gewas past niet in PENMAN's opvatting maar zou bij aangevoerde energie door convectie op de kleine veldjes wel zinvol kunnen zijn. Een dergelijke indeling geeft echter geen inzicht; er is evenmin een samenhang met het groei-seizoen geconstateerd.

<sup>1</sup> Zie noot blz. 184.

FIG. 183. Verband tussen het gemiddeld vochtgehalte ( $\bar{V}$ ) in de wortelzone (gew. %) en de verhouding tussen het berekend „waterverbruik”  $E_W$  en de potentiële evapotranspiratie  $E_T$  voor perioden met gesloten gewas.

- (1) aardappelen 1953, 29mei—1 juli  
 (2) bieten 1953, 5 juni—6 juli  
 (3) tuinbonen 1953, 1 mei—20 juni  
 (4) bieten 1954, 21 mei—1 juli

- (5) wortelen 1953, 21 mei—20 juni  
 (6) andijvie 1954, 20 aug.—20 sept.  
 (7) aardbeien 1954, 27 mei—14 juli  
 (8) sla 1953, 22 juli—12 aug.

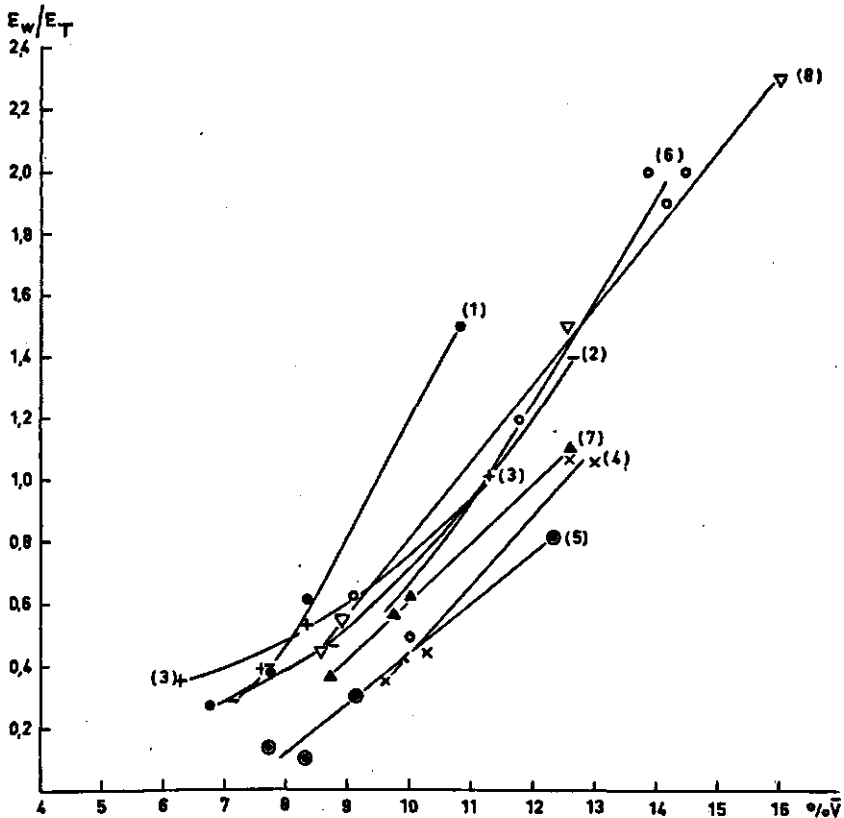


FIG. 183. Relation between the average moisture content ( $\bar{V}$ ) in the rootzone (%) and the ratio  $E_W/E_T$  (in which  $E_W$  = calculated consumptive use and  $E_T$  = potential evapotranspiration) for periods with complete crop covers.

- (1) early potatoes 1953, 29th May-1st July  
 (2) beets 1953, 5th June-6th July  
 (3) garden beans 1953, 1st May-20th June  
 (4) beets 1954, 21st May-1st July

- (5) carrots 1953, 21st May-20th June  
 (6) endive 1954, 20th Aug.-20th Sept.  
 (7) strawberries 1954, 27th May-14th July  
 (8) lettuce 1953, 22nd July-12th Aug.

#### 4.4. SAMENVATTING

Ten einde de reactiecurven, die bij de verschillende proeven met verschillende gewassen zijn verkregen, te kunnen vergelijken, werden de opbrengsten op logaritmische schaal gebracht. Ter toetsing van een eventueel effect van tijdelijke glasbedekking zijn de reactiecurven voor een aantal proeven gesplitst in bekapt en onbekapt (paragraaf 4.1.2.). Er leek een gering effect ten gunste van de opbrengst onbekapt te zijn (fig. 159). De randwerking, die optrad zowel door padenbegrenzing als door de constructie van de beregeningsapparatuur, is getoetst door voor een aantal gewassen per plant of per rij te wegen (paragraaf 4.1.3. fig. 160).

Een globale vergelijking der resultaten leerde, dat bij de meeste proeven op elkaar gelijkende reacties zijn opgetreden. De gevoeligheid voor droogte was in het merendeel der gevallen groot (fig. 162, 163 en 164). Als algemene richtlijn kan gelden dat op dit type zandgrond voor maximale opbrengst een gemiddeld vochtgehalte van ca. 12,5 gew. % gewenst is; dit betekent een uitdroging tot niet minder dan 11,5 % of wel met maximaal 22 % van het beschikbare vocht. Door samenvoeging van de beschikbare waarnemingen per gewassengroep (wortel- en knolgewassen, bladgewassen en generatieve gewassen) werd een groot vochtgehaltetraject bestreken. Er zijn aanwijzingen dat het reactiepatroon afhankelijk is van het type gewas en de aard van het geoogste produkt, voorts van het jaargetijde waarin de teelt plaats vindt i.v.m. klimatologische omstandigheden zoals de potentiële evapotranspiratie en tenslotte van de tijdsduur die het gewas te velde staat (paragraaf 4.2.1. fig. 165—168).

De gevonden reactietypen werden getoetst aan enkele factoren, die wellicht van invloed waren (paragraaf 4.2.2.). Als gewaseigenschap bleek het type wortelstelsel belangrijk te zijn, in het bijzonder op ondiepe gronden; gewassen zoals tuinbonen, sla, andijvie en kool ondergingen van het verplanten nadeel bij suboptimale bodemvochtcondities, hetzij door de onderbreking van de wortelgroei, hetzij door het rudimentair worden van de oorspronkelijke penwortel (paragraaf 4.2.2.1.). De invloed van de grootte der potentiële evapotranspiratie werd niet duidelijk aangetoond; interactie met de bodemtemperatuur maakte het beeld gecompliceerd (paragraaf 4.2.2.3.).

De geconstateerde bijzondere gevoeligheid voor de heersende bodemvochttoestand van een aantal onderzochte gewassen in een onderdeel van de totale groeitijd wordt toegeschreven aan een stagneren van de wortelontwikkeling ten tijde van grote bovengrondse activiteit, waardoor het evenwicht tussen wateropnamevermogen en waterbehoefte in ongunstige zin wordt verschoven (paragraaf 4.2.3.).

Bij de betreffende proeven (1955) bleken soms opbrengstverschillen bij een gelijk gemiddeld vochtgehalte voor te komen en omgekeerd bleken gelijke opbrengsten bij verschillende gemiddelde vochtgehalten op te treden. Deze verschijnselen, toegeschreven aan het vochtgehaltebeloop (paragraaf 4.2.3.1.), gaven aanleiding om de resultaten van de overige proeven te toetsen op eventuele interacties tussen het opgetreden vochtgehaltebeloop en specifieke gevoeligheid voor extreme vochtgehalten in bepaalde perioden. Slechts enkele malen moest een

dergelijke invloed verondersteld worden (paragrafen 4.2.3.2. en 4.2.3.3.; fig. 170 tot 181).

In termen van vochtspanning ( $pF$ ) heeft het aanbevolen vochtregime een uitdrogingsgrens met  $pF$  2,5; een gemiddelde  $pF$  3,0 (overeenkomend met een gemiddelde uitdroging van 45 % van het beschikbare water tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt) was oorzaak van belangrijke opbrengstverlagingen.

Er is niet aangetoond of gemiddeld vochtgehalte danwel gemiddelde vochtspanning ( $pF$ ) danwel de verbruikte hoeveelheid beschikbaar vocht opbrengstbepalend is (paragraaf 4.2.4. fig. 182).

De verhouding tussen het berekend waterverbruik  $E_W$  voor perioden waarin de gewassen de grond geheel bedekten en de potentiële evapotranspiratie  $E_T$  is in verband gebracht met de bijbehorende gemiddelde bodemvochtgehalten (fig. 183). Er blijkt een positieve correlatie te zijn, maar de samenhang is ongelijk voor de behandelde proeven. Het is opvallend dat  $E_W/E_T$  daalt tot waarden  $< 0,5$  bij  $V = 9\%$ , d.w.z. halverwege het traject beschikbaar vocht (paragraaf 4.3.).



# SUMMARY

## PLANT AND MOISTURE RELATIONSHIPS WITH VEGETABLE CROPS ON A LIGHT SANDY SOIL

### INTRODUCTION AND LITERARY REVIEW

The intensification of the use of land and the need of extension in crop selection in those parts of the Netherlands where the existing water absorption capacity of the soil requires supplementary provisions, have led to the research under consideration. This research was directed towards the effect of drying soil on the yield of a number of vegetable crops and to deduce for practical application to that what extent artificial water supply can be used and its importance.

Chapter I is mainly devoted to a discussion of the extensive literature published in various countries in the last ten years on this aspect of irrigation research.

The investigations, based on agricultural meteorological statistics have indeed qualitatively given indications of importance but they are, on the whole, too closely dependant to the place of observation to be transferable. The attention paid to the significance of the stage of plant development and effective sprinkling ("kritische Zeiten", sensitive periods) (1.2.1.) especially by German workers, is of general importance.

In a large part of the world practical irrigation seems to be based on numerous, relatively simple experiments, during which, in most cases, in spite of the weather and soil moisture conditions, only variations were made in the quantities of irrigation water. These experiments have contributed little to the insight into the relation between the growth of the crop and the moisture absorption capacity of the soil (1.2.2.1).

This objection also applies to a limited number of experiments during which the treatments only depend on weather conditions, in particular on the rainfall in the period preceeding irrigation (1.2.2.2).

A large group form the experiments with soil moisture observations in terms of available water (in Germany at the basis of "Wasserkapazität") during which investigations are made into the admissable drying-up limit by varying this between field capacity and wilting percentage (1.2.2.3.1.).

The number of publications on experiments in which the moisture condition is expressed in tension units, is still small. As this approach is expected to be of importance for the universal validity of the results for various soil types, much attention has been paid to it (1.2.2.3.2).

The question whether the water held in the range between field capacity and wilting percentage is equally easily available to the plant over the whole range, and the various opinions in the literature on this subject, have been discussed in detail. Various explanations are given for inconsistencies which presumably will only be apparent (1.2.2.3. concl.).

The review of literature has led to the following conclusions. On the whole relatively little attention has been paid to irrigation research on vegetable crops; a systematic approach of the problem of the water moisture absorption capacity of the soil on behalf of vegetable crops, during which the soil moisture condition, exactly formulated, is used as a variable, was lacking when the study of this subject was started.

Efforts were indeed made to characterize the soil moisture condition, whether as an admissible drying-up limit (as minimum humidity) or moisture tension to find a basis for a system to judge the relation between the growth of the crops and the moisture absorption capacity of the soil.

A most attractive factor of this is that the possibility of transfer of results is approached. Literature has given us some information about the drought susceptibility, i.e. the reaction rate with an adequate water supply of a number of vegetables. The conclusion of the various authors are not always the same. It should be borne in mind, however, that the experiments in question have been made in various divergent ways, on various soil types under different climatic conditions. 6 reaction classifications are made viz. negative, nil, weak, moderate, strong and very strong, while a summary is given on page 27. The crosses indicate the sources. Though it would be incorrect to draw far reaching conclusions from this — only 15 publications are involved — it seems that, in general, vegetable crops react favourably to an ample water supply.

#### MATERIAL AND METHODS

On a trial plot (fig. 3) of rather drought-susceptible high sandy soil (fig. 2, table 1, table 2) provisions were made for the carrying of a series of soil moisture regimes with vegetable crops. In the course of years (the experiments were carried out over the period 1953—1955) the number of trial plots varied from 48 to 56, each of the plots covering an area of  $3.60 \times 5.60$  m. The trial crops included early potatoes, carrots, broad beans, red beets, endive, lettuce, cauliflower, dwarf French beans, kale, Savoy cabbage, spinach and strawberries. Either two or three plots, in one case even six plots with the same objects were laid out. In order to realize the desired water control 36 plots could be protected from natural precipitation by covering them with movable glass cloches (fig. 4, 10). Measurements with Piche evaporimeters (fig. 8) revealed that over a long period the average evaporation under the glass cloches was some 7 per cent. smaller than in the open field. Irrigation was done by means of moving carts equipped with sprinkling booms, connected with the municipal water system (fig. 11, 12). Within a border strip each time the spraying cart passed the precipitation amounted to about .2 mm; the evenness of the water distribution was about the same as with natural rain.

In carrying out most of the experiments the objects were classified according to the so-called drying-up limit. This means that the observed moisture content

must not fall below a predetermined limit. For determining the moisture content in the open field at a given moment soil samples from the layer where most of the roots were found were dried in the laboratory (fig. 17). Sampling was usually done once a week, and included five samples from each plot. The total uncertainty of the determination of the moisture content amounted to about .5 per cent. moisture. When the pre-determined drying-up limit was reached or passed, the soil was restored to field capacity by the application of water in quantities calculated on the basis of the drying-up extent, the volume weight of the soil (1.5) and the thickness of the layer. It would seem that any influence of the sprinkling on the temperature of the soil can be neglected (fig. 14—16).

An idea of the moisture tensions can be got from the pF-curves of soil samples as determined in the laboratory by means of suction-plate and pressure-filter apparatus (fig. 19, 20). Within the scope of the trial plots there appeared to be relatively small differences with regard to this moisture characteristic (fig. 21—24). On this soil field capacity (13 to 14 weight % moisture, p. 66) corresponded with approximately pF 2.0; the wilting point was considered to be equal to the moisture content at 15 atmosphere overpressure (15 atm. %), this is about 4.5 weight %. The volume weight was put at 1.5. Consequently there was about 8 weight % = 12 volume % moisture available for the plant. The volume ratio between water and air in the soil at field capacity was .7 : 1 (table 8, p. 74). The osmotic value of the soil moisture, after a normal application of fertilizer in the spring, exercised a marked influence on the total moisture potential (fig. 25, table 7, p. 69). In connection with the pragmatic object of the investigation use is made of the pF-curves in their restricted sense as far as the relations between the average moisture contents and the growth of the crop will be expressed in terms of moisture tension.

In the first instance the moisture content arithmetically averaged on the basis of the periodical determinations in respect of time and sampling depth is used as a criterion for the soil moisture condition in studying the yield reactions of the crops grown on the treatments applied. It was endeavoured to calculate the development of the moisture content between the sampling dates with the aid of the evaporation figures of the Piche evaporimeter and the precipitation data; in the first place by assuming a constant a constant relation C per period between the sum of precipitation and change in the moisture content in the layer from which the sample was taken and the Piche-evaporation, and to assume a proportional relation between the daily change of the moisture content and the daily Piche-figures, duly taken into account the daily precipitation figures (table 9, p. 78/79); in the second place by making the relation C per day dependent on the premused moisture content (fig. 28-32). These elaborations carried out for a number of cases may lead to the assumption that there is a marked fluctuation in the moisture content between the sampling dates, but averaged over the period of growth the differences with the simple average of the moisture determinations maintained in the experiments, were only very small (fig. 33).

## THE EXPERIMENTS

The experiments correlating the yield of a number of vegetable crops with the moisture condition in the sampled layer of soil, averaged over the growing period or part of it, can be classified according to the kind of treatment given. The word yield must be understood to mean also other observations such as the number of plants per surface-unit, the number of stems and pods (garden beans), earliness, size grade and quality of the crop.

1. Experiments in 1953 with different soil moisture levels, the maximum limit of drying being 12.5, 8.2, 6.4 and 5.8 percentage soil moisture on a weight basis. Crops: early potatoes, beets, garden beans and carrots and an experiment in 1954 with beets, the maximum limit of drying being 11.7, 8.7 and 7.0 percentage soil moisture.

The average humidity is always lower than at field capacity. The yield and with this, the positively correlated crop observations were always highest for the wettest treatments with a strong decline towards the drier treatments; the earliness of the crop was, in so far as had been stipulated, negatively correlated to the average humidity (fig. 34 to 79).

2. Experiments in 1953 with check soil moisture levels with, as maximum limit of drying 9.0 and 7.5 percentage and a few very wet treatments: natural rainfall, if necessary to be supplemented to 45 mm and 30 mm per week with the second crops such as endive, savoy cabbage, lettuce and kidney beans; an experiment with strawberries in 1954 with as maximum limit of drying 10.0, 8.3 and 6.7 percentage soil moisture and a treatment, with which the natural rainfall, if necessary, is supplemented to 30 mm per week.

The average humidities covered a larger range, with the four former mentioned experiments to above field capacity; the yields reacted with optimum curves; the spread between the replications within the wet treatments was, on the whole, greater than within the drier treatments (fig. 80 to 95). The yield of savoy cabbage hardly varied. The reaction pattern of strawberries was as that of the experiments mentioned in sub 1 (figure 97).

3. An experiment with early potatoes in 1954, the (3) soil moisture levels being fixed, weekly quantities of water viz. 17, 26 and 35 mm which caused relatively little variation in the average humidity (fig. 103) and for which, for orientation, nitrogen degrees (50, 100, 150 and 200 kg N per ha) have been applied.

The tuber yield showed no optimum when correlated with average humidity; no appreciable correlation was found as regards the number of tubers, the yield of foliage and the dry matter content in tubers and foliage, a weak correlation for size grade. A significant nitrogen effect was found with tuber yields (optimum at approx. 100N) and the foliage yield (no optimum) (fig. 104 to 107).

4. Experiments in 1954 with a slow drying of the soil (by daily giving small quantities of water, as much as possible, either dependent on the estimated

evaporation in the previous 24 hours, or as a fixed dose of approx. 0.6 to 1.9 mm) with maximum limits of drying of 10.7 and 8.7 percentage (with cauliflower) and 7.3 percentage soil moisture (with endive), and besides, (only with endive) relatively high soil moisture levels by supplementing the natural rainfall once or thrice per week to 24 mm and 8 mm resp. Both experiments give an optimum with a rather large spread of yield in a wide humidity range (fig. 109 to 114).

5. Experiments in 1955 with soil moisture levels in various stages of the growing period (sensitive period experiments) with kale, lettuce, spinach, kidney beans and garden beans. After a seed crop was established, a replanted crop had got rooted, the expected growing season was divided into two or three periods. The soil moisture levels in these periods are the maximum limits of drying being 11.6 percentage for Wet and 9.3 percentage soil moisture for Dry.

This gives with two periods 4 treatments viz. DD, DW, WD and WW, with three periods 8 treatments viz. DDD, DDW, DWD, WDD, DWW, WDW, WWD and WWW. These experiments were made to test the various periods on any mutual difference in susceptibility of yield to drought.

Irrespective of the way in which, during the entire growing season the average humidity has been effected, this group offers a possibility for comparison with the experiments sub 1—4.

The data of the yields of this group have been worked up both graphically and mathematically, the latter by means of a variance analysis and by application of multiple regression calculation. Kidney beans appear to be susceptible to drought or to be favourably affected by an ample moisture supply in the first period i.e. until in the middle of the flowering period (fig. 115—120).

The response of garden beans was treated in the second period and the flowering period (fig. 121—134). The response of lettuce was, on a high average humidity in the first period, so negative that, considering the entire growing season, the picture was different from the 1955 curve (fig. 135—148). No difference could be found in spinach between both short periods. Continuous stress keeps the yield down, however (fig. 149—154). We can only speak of a weak specific susceptibility in the first period with kale; on the whole, the response on the average humidity was slight (fig. 155—158).

## DISCUSSION

In order to compare the reaction curves, obtained with different experiments for various crops, the yields were represented on a logarithmic scale. To test any effect of temporary glass covering the reaction curves for a number of experiments have been split into those with and without covering (4.1.2). There seemed to be a slight effect in favour of the yields which had not been covered (fig. 159). The border action which was affected both by path boundaries and by the construction of sprinkling apparatus has been tested by weighing or a number of crops every plant or every row of plants (4.1.3. fig. 160).

A broad comparison of the results revealed that with most experiments the reactions were the same. In most cases the drought susceptibility was great (fig. 162, 163 and 164). It may be accepted as a general directive that for maximal yields on this type of sandy soil an average humidity of approx. 12.5 weight percentage is required; this means a drying up to not less than 11.5 per cent. or maximal 22 % of the available moisture. By combining the available observations for every group of crops (root crops and tuberiferous crops, green crops and generative crops) a great humidity range was covered. There are indications that the reaction pattern depends on the type of the crop and nature of the crop harvested, and further on the season in which the crop is cultivated in connection with climatic conditions such as the potential evapotranspiration and finally on the period when the crop is in the field (4.2.1. fig. 165/168).

The reaction types found were tested on a few factors which may have been of influence (4.2.2.). As a crop characteristic the type of root system proved of importance, in particular on shallow soils; crops, such as garden beans, lettuce, endive and cabbage were, when replanted, unfavourably affected by suboptimal soil moisture conditions, either by the interruption of the root growth or by the fact that the original main root became rudimentary. The influence of the size of the potential evapotranspiration was not clearly shown; interaction with the soil temperature made the picture complicated (4.2.2.3.).

That fact that a particular susceptibility was stated for the prevailing soil moisture condition of a number of examined crops in some part of the total growing period is due to a stagnation of root development at a time of great surface activity as a result of which the balance between absorption capacity and need of water is shifted unfavourably (4.2.3.).

It appeared that in the experiments in question (1955) there were sometimes differences in yield with an equal average soil moisture content and conversely, the same yield was obtained with different average humidities. These symptoms, attributed to the drying cycle (4.2.3.1.), led to testing the results of the other experiments on any interaction between the drying cycle and the specific susceptibility to extreme humidities in certain periods. It was only a few times that such an effect had to be imagined (4.2.3.2. and 4.2.3.3.; fig. 170 to 181).

In terms of humidity (pF) the recommended moisture regime has a drying-up limit of pF 2.5; an average pF of 3.0 (corresponding with an average drying-up limit of 45 % of the available water between field capacity and wilting point) was the reason for considerable reductions in yield. It has not been revealed whether the average humidity or the average moisture tension (pF) or the depleted quantity of available moisture (4.2.4. fig. 182) determines the yield.

The ratio between the calculated consumptive use  $E_W$  for periods of complete crop covers and the potential evapotranspiration of short cut grass  $E_T$  has been related to the corresponding average soil moisture content (fig. 183). There appears to be a positive correlation but the relationship is different for the various experiments. It is striking that  $E_W/E_T$  drops to values  $< 0.5$  with average soil moisture contents of 9 %, i.e. half way the range of available moisture (4.3.).

# LITERATUUR

- AGLIBUT, A. P.,  
L. G. GONZALES &  
A. C. GARCIA
- ALLMENDINGER, D. F.,  
A. L. KENWORTHY &  
E. L. OVERHOLSER
- ARMY, T. J. &  
T. T. KOZLOWSKI
- ASLYNG, H. C. &  
K. J. KRISTENEN
- AYERS, A. D.,  
C. H. WADLEIGH &  
O. C. MAGISTAD
- BAARS, C.
- 
- , A. J. HELLINGS &  
L. WARTENA
- BAVEL, C. H. M. VAN
- BAUMANN, H.
- 
- 
- 
- 
- 
- BEAN, G.
- BECKER-DILLINGEN, J.
- BECKETT, S. H. &  
M. R. HUBERTY
- BIERHUIZEN, J. F.
- 
- & N. M. DE VOS
- BLACK, C. A.
- 1951 The influence of varying amounts of water on surface-irrigated lettuce fertilized with ammonium sulfate. *Philipp. Agric.* 35 (1951) 304—318.
- 1943 The carbon dioxide intake of apple leaves as affected by reducing the available soil water to different levels. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42 (1943) 133—140.
- 1951 Availability of soil moisture for active absorption in drying soil. *Plant Physiol.* 26 (1951) 353—362.
- 1953 Investigations of the water balance in Danish agriculture. *Yearb. Roy. Veter. Agr. Coll., Copenhagen* (1953) 48—90.
- 1943 The inter-relationship of salt concentration and soil moisture content with the growth of beans. *J. Amer. Soc. Agron.* 35 (1943) 796—810.
- 1957 Kunstmatige beregening en de toepassing daarvan. *Landbouwk. Tijdschr.* 69 (1957) 1009—1021.
- 1956 Verslag van de beregeningsproeven in Noord-Brabant over 1955. *Gest. Meded.* 5. C.I.L.O., Wageningen 1956.
- 1956 Beregening in de landbouw. Meppel, 1956. 148 pp.
- 1953 Chemical composition of tobacco leaves as affected by soil moisture condition. *Agron. J.* 45 (1953) 611—617.
- 1947 Zur Kenntnis des Wasserhaushalts eines lehmigen Sandbodens bei künstlicher und natürlicher Beregnung. *Z. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* 38 (1947) 150—165.
- 1949a Wetter und Ernte-ertrag. Berlin, 1949.
- 1949b Die konstitutionelle Anpassung der Kulturpflanzen an die Wasserversorgung. *Z. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* 46 (91) (1949) 176—190.
- 1949c Zur Kenntnis der Wasserhaushalts eines lehmigen Sandbodens bei künstlicher und natürlicher Beregnung II (1947). *Bodenk. u. Pflanzenern.* 88 (1949) 43.
- 1951a Die Beregnung im Feldgemüsebau. *Deutsche Landw. 2* (1951) 300—305.
- 1954 Some aspects of orchard irrigation. *Commercial Grower* (1954) 3060—3061.
- 1956 Handbuch des gesamten Gemüsebaues, einschliesslich des Gemüsesamenbaues, der Gewürz- und Küchenkräuter. 6te Auflage. 1956. 756 pp.
- 1928 Irrigation investigations with fieldcrops at Davis and at Delhi, California 1909—1925. *Calif. Agr. Exp. Sta. Bull.* (1928) 450.
- 1955 Jaarverslag 1954 voor Werkgroep Water- en Luchthuishouding in de Tuinbouw. Niet gepubliceerd.
- 1958 Some observations on the relation between transpiration and soil moisture. *Neth. J. Agric. Sci.* 6 (1958) 94—98.
- 1958 The effect of soil moisture content on the growth and yield of some vegetable crops. *Rep. Conf. Suppl. Irr. Comm. VI I.S.S.S., Copenhagen* (1958).
- 1957 Soil-plant relationships. New York, 1957. 322 pp.

- BLACKMAN, G. E. 1953 An analysis of the effects of seasonal light intensity and temperature on the growth of plants in the vegetative phase. *Rep. 13th Int. Hort. Congr. II* (1953) 794—800.
- BLOODWORTH, M. E.,  
N. P. MAXWELL,  
P. E. ROSS &  
W. R. CROWLEY 1950 Irrigation and variety trials with lettuce in the lower Rio Grande Valley. *Progr. Rep. Tex. Agr. Exp. Sta.* (1950) 1258.
- BODMAN, G. B. &  
P. R. DAY 1943 The freeing points of a group of California soils and their extracted clays. *Soil Sci.* 55 (1943) 225—246.
- BOEKEL, P. &  
P. K. PEERLKAMP 1957 Een onderzoek naar het verband tussen de voor de plant in de bodem beschikbare hoeveelheid vocht en enkele elementaire eigenschappen van zandgronden uit de Gelderse Vallei en Brabant. *Rapp. 11 Inst. Bodemvruchtbg., Groningen.*
- BOGUSLAWSKI, E. VON &  
B. NEWRZELLA 1939 Oekologische Untersuchungen zur Abwasserwertung auf Grünland. *Landw. Jahrb.* 88 (1939) 623—651.
- BOWERS, J. L.,  
R. H. BENEDICT &  
V. M. WATTS 1952 Supplemental irrigation of sweet potatoes. *Arkansas Farm Research* 1 (1952) 3.
- BRADLEY, G. W. &  
A. J. PRATT 1954 The response of potatoes to irrigation at different levels of available moisture. *Amer. Potato J.* 31 (1954) 305—310.
- BRIGGS, L. J. &  
H. L. SHANZ 1912 The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. *U.S.D.A. Bull.* (1912) 230.
- BROUWER, R. 1954 The regulating influence of transpiration and suctiontension on the water and salt uptake of intact *Vicia faba* plants. *Acta Bot. Neerl.* 3 (2) (1954) 264—313.
- 1955 De wateropname door de wortel. *De plantenwortel in de landbouw.* (1955) 79—90.
- BROUWER, W. 1926 Die Beziehungen zwischen Ernte Witterung in der Landwirtschaft. *Landw. Jahrb.* 63 (1926) 1—81.
- 1926/27 Die „kritische Zeiten“ und das „ökologische Optimum der Witterungsfaktoren“, ein Mittel zum Bestimmen der Ernte-erträge. *Pflanzenbau* 3 (1926/27) No. 21, 26—27.
- 1930a Der Einfluss des Wassers auf das Gedeihen von Gräsern im Reinbestand und die Wirkung der Witterungsfaktoren auf den Wiesenertrag. *Landw. Jahrb.* 72 (1930) 375—457.
- 1930b Klima und Grünlandsertrag. *Mitt. Deutsch. Landw. Ges.* 45 (193) 650—652.
- 1933 Berechnungszeitpunkt und Berechnungserfolg. *RKTL. Schriften, Heft 49* (1933).
- 1958 *Mitteilungen des Arbeitskreises für Feldberechnung, 2. Stuttgart-Hohenheim.*
- & K. H. MARTIN 1956 Ein Beitrag zur Frage Berechnung und Düngung. *Z. Acker- und Pfl. Bau* 101 (1956) 79—94.
- BURRINGH, P. 1951 Over de bodemgesteldheid rond Wageningen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 57 (1951) 4.
- BUTIJN, J. 1956 Een beregeningsproef in de fruitteelt op zeeklei. *Meded. Dir. Tuinb.* 19 (1956) 356—368.
- 1960 Bodembehandeling in de fruitteelt. Diss. Wageningen, ter perse.
- CAMPBELL, R. B.,  
C. A. BOWER &  
L. A. RICHARDS 1949 Change of electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 13 (1949) 66.



- CANNON, W. A. 1925 Physiological features of roots with especial reference to the relation of roots to the aeration of soil. *Carnegie Inst. Wash. Pub.* 368 (1925) 1—168.
- CARREKER, J. R. & W. J. LIDDELL 1948 Results of Irrigation Research in Georgia. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* 29 (1948) Part I 243—244, Part II 301—304.
- CHANG, H. T. & W. E. LOOMIS 1945 Effect of carbondioxyde on absorption of water and nutrients by roots. *Plant Physiol.* 20 (1945) 221—232.
- CLEMENTS, H. F. & A. D. WATERHOUSE 1954 Irrigation control on a Hawaiian sugar plantation. *Univ. Hawaii Mix. Paper* 49 (overgenomen in *Agron. J.* 46 [1954]).
- COLE, J. S. 1938 Correlations between annual precipitation and the yield of springwheat in the great plains. *U.S.D.A. Techn. Bull.* (1938) 636.
- CURRY, A. S. 1937 Irrigation experiments with the early Grano onion. *N. Mex. Agr. Exp. Sta. Bull.* (1937) 245.
- 1941 Effect of irrigation practices on the growth and yield of white Grano onion. *N. Mex. Agr. Exp. Sta. Bull.* (1941) 281.
- CYKLER, J. F. 1946 Effect of variation in available soil water on yield and quality of potatoes (Bliss Triumph). *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* (1946) 363—366.
- DEMNIC, A. 1933 Untersuchungen über den Wasserverbrauch und Wasserbedarf gärtnerischer Kulturpflanzen. *RKTL. Schriften, Heft 38* (1933) 95—110.
- DIEM, D. 1956 Aenderung des Mikorklimas und des Wassergehaltes im Boden durch kunstliche Beregnung. *Wass. u. Nahrung* 2 (1956/57).
- DONAT, J. 1937 Das Gefüge des Bodens und dessen Kennzeichnung. *Trans. 6th Comm. Int. Soc. Soil Sci. Zürich* 13 (1937) 423—439.
- DUIN, R. H. A. VAN & D. W. SCHOLTE UBING 1955 De invloed van het weer op de opbrengst van de aardappel. *Landbouwk. Tijdschr.* 67 (1955) 795—802.
- EDLEFSEN, N. E. & A. B. C. ANDERSON 1943 Thermodynamics of soil moisture. *Hilgardia* 15 (1943) 31—298.
- ENDE, J. VAN DEN 1955 De watervoorziening van tomaten. *Meded. Dir. Tuinb.* 18 (1955) 866—882.
- ESBJERG, N. & K. PRYTZ 1925 Forsøg med kunstig vandning of Have-og Markafgrøder ved Blangsted 1919—1924. *Tidsskr. Planteavl. Bc.* 31 (1925) 533—607.
- EWART, G. Y. 1954 Background and results of recent irrigation timing tests in american factors plantations. *Hawaii Plant. Rec.* 54 (1954) 257—269.
- FEHREND, W. 1942 Untersuchungen über die Verregnung von Abwässern auf Grünland. *Landw. Jahrb.* 91 (1942) 449—476.
- FERRARI, TH. J., P. P. H. P. VAN DER SCHANS & F. SONNEVELD 1957 Het verband tussen de opbrengst (haver en grasland) en de aan de hand van enkelvoudige profielkenmerken geschatte hoeveelheid beschkbaar vocht. *Landbouwk. Tijdschr.* 69. 10 (1957) 771—778.
- FORTANIER, E. J. 1957 Diss. Wageningen (1957).
- FORTIER, S. & A. A. YOUNG 1930 Irrigation requirements of the arid and semiarid lands of the Southwest. *U.S.D.A. Bull.* 185 (1930).
- FRECKMANN, W. & W. BROUWER 1933 Untersuchungen über den Einfluss natürlichen und künstlichen Regens auf die Feuchtigkeitsverhältnisse eines lehmigen Sandbodens. *RKTL-Schriften, Heft 38* (1933) 84—94.
- & H. BAUMANN 1936 Zu den Grundfragen des Wasserhaushalts in Boden und seiner Erforschung. *Bodenk. u. Pflanzenern.* 47 (1936/37).

- FRESE, CZERATZKI & KORTE 1955 Feldberegung in den Jahren 1953 un 1954. *Mitteil. der D.L.G. H 13* (1955) 301—302 und *H. 14* (1955) 325—326.
- FRÖHLICH, H. 1955a Pflanzenphysiologische Grundlagen der Zusatzberegung im Feldgemüsebau. *Dtsch. Gartenbau* 2 (1955) 134—136.
- 1955b Die Bodendurchwurzelung seitens verschiedener Gemüsearten. *Arch. Gartenb. IV*, 5 (1955) 398—416.
- FROST, K. R. & H. C. SCHWALEN 1955 Sprinkler evaporation losses. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* 36 (1955) 526—528.
- FULTON, J. M. & H. F. MURWIN 1955 The relationship between available soil moisture level and potato yields. *Canad. J. Agr. Sci.* 35 (1955) 552—556.
- FURR, J. R. & J. O. REEVE 1945 The range of soil moisture percentages through which plants undergo perm. wilting in soils from semi arid irrigated areas. *J. Agr. Res.* 71 (1945) 149—170.
- GARDNER, W., O. W. ISRAELSEN, N. E. EDLEFSEN & H. S. CLYDE 1922 The capillary potential function and its relation to irrigation practice. *Phys. Rev.* 20 (1922) 196.
- GERLACH 1908 Die Bewässerungsversuche der Abteilung für Agrikulturchemie. *Mitt. K.-Wilh.-Inst. Landw.* (1908).
- GINGRICH, J. R. & M. B. RUSSELL 1956 Effect of soil moisture tension and oxygen concentration on the growth of corn roots. *Agron. J.* 48 (1956) 517—520.
- & — 1957 A comparison of effects of soil moisture tension and osmotic stress on rootgrowth. *Soil Sci.* 84 (1957) 185—194.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J. 1942 Het wortelstelsel der landbouwgewassen. s-Gravenhage, 1942. 280 pp.
- 1954 De oecologie van het wortelstelsel der gewassen. *De plantenwortel in de landbouw.* (1954) 31—68.
- GOOR, C. P. VAN 1956 (Niet gepubliceerde mededelingen).
- HADDOCK, J. L. 1949 The influence of plant population, soil moisture and nitrogen fertilization on sugar content and yields of sugar beets. *Agron. J.* 41 (1949) 79—84.
- HAGAN, R. M. 1955 Factors affecting soil moisture — plant growth relations. *Rep. 14th Int. Hort. Congr.* (1955) 82—103.
- , M. L. PETERSON, R. P. UPCHUCH & L. G. JONES 1951 Relationships of soil moisture stress to different aspects of growth in ladinoclover. Niet gepubliceerd.
- HAISE, H. R. 1955 How to measure the moisture in the soil. *Yearb. Agric. U.S. Dep. Agric.* (1955) 362—371.
- & O. J. KELLEY 1950 Causes of diurnal fluctuactions of tensiometers. *Soil Sci.* 70 (1950) 301—313.
- HALLGREN, G. 1947 Studies on the influence of precipitation on crop yields in Sweden with special reference to field irrigation. *Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden* 14 (1947) 173—289.
- HANDLEIDING TOT HET VLOEIJEN VAN hooilanden voor Nederland. Geldersche Maatschappij van Landbouw. (1851).
- HANSEN, V. E., J. L. HADDOCK & S. A. TAYLOR 1952 Irrigation, fertilization and soil management of crops in rotation. *1951 Ann. Progr. Rep., Logan, Utah.*
- HARRIS, R. A. & D. W. PITTMAN 1923 Irrigation experiments with potatoes. *Utah Agr. Exp. Sta Bul.* 187 (1923).
- HAYWARD, H. E. & W. P. SPURR 1944 Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrates on entry of water into corn roots. *Bot. Gaz.* 106 (1944) 131—139.

- HECK, A. F. 1934 A soil hygrometer for irrigated cane lands of Hawaii. *J. Amer. Soc. Agron.* 26 (1934) 274—278.
- HEICK, FR. 1952 Enårig forsøg med kunstig vandning of markafgrøder. *Tidsskr. Planteavl.* 55 (1952) 433—448.
- & J. SANDFOER 1957 Fastliggende forsøg med vandning og gødskning. *Tidsskr. Planteavl.* 60 (1957) 621—656.
- HENDRICKSON, A. H. & F. J. VEIHMEYER 1942a Readily available soil moisture and sizes of fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40 (1942) 13—18.
- & — 1942b Irrigation experiments with pears and apples. *Cal. Agr. Exp. Sta. Bull.* 667 (1942).
- & — 1945 Permanent wilting percentages of soils obtained from field and laboratory trials. *Plant Physiol.* 20 (1945) 517—539.
- & — 1946 Unnecessary irrigation as an added expense in the production of prunes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 48 (1946) 43—47.
- & — 1950 Irrigation experiments with apricots. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55 (1950) 1—15.
- HERRMANN, F. J. 1954 Der Einfluss der Witterung und Beregnung auf den Ertrag verschiedener Gemüsekulturen. *Gartenbauwiss.* 1 (19) (1954) 160—172.
- 1955 Die Beregnung, Mittel zur Sicherung und Steigerung der Erträge im Kartoffelbau. *Kartoffelbau* 6 (1955) 52—53.
- HONERT, T. H. VAN DEN 1948 Water transport in plants as a catenary process. *Disc. Faraday Soc.* 3 (1948) 146—153.
- HOWE, O. W. & H. F. RHOADES 1955 Irrigation practice for corn production in relation to stage of plant development. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 19 (1955) 94—98.
- HUBER, H. F., E. R. CROSS & D. B. LUCAS 1927 Sprinkling irrigation on vegetable farms in New Jersey. *N.J. Agr. Exp. Sta. Bull.* 453 (1927).
- HUDSON, J. P. 1957a Plants and their water supplies. *Endeavour* 16 (1957) 84—9.
- 1957b The study of plant responses to soil moisture, in: Control of the plant environment. *Proc. Fourth Easter School Agr. Sci. Nottingham. London Butterworth Sci. Publ.* (1957) 113—128.
- , P. J. SALTER & A. M. MAJMUDAR 1955 Water regimes in irrigation research specially in lettuce and tomatoe crops. *Rep. 14th Int. Hort. Congr.* (1955).
- IGNATIUS, J. G. W. & W. DE WIT 1949 Onderzoek naar de invloed van het weer op de appel- en perenoogst (met lit.opg.). *Landbouwk. Tijdschr.* 61. 3 (1949) 153—167.
- JULEN, G. 1951 Effecten av bevattning med åvatten och kloakvatten på olika typer av temporär vall. Uppsala, 1951. 141 pp.
- 1952 Some aspects on the irrigation of temporary leys.  
I. The influence of water supply, temperature and light upon the rate of growth.  
II. The value of irrigation water as compared with that of precipitation.  
*Acta Agric. Scand. Vol. II:* 3 (1952) 312—329.
- KAUSCH, W. 1955 Saugkraft und Wassernachleitung im Boden als physiologische Faktoren (unter besondere Berücksichtigung des Tensiometers). *Planta* 45 (1955) 217—263.
- KELLEY, O. J. 1954 Requirement and availability of soil water. *Adv. Agron.* 6 (1954) 67—94.
- KENWORTHY, A. L. 1949 Soil moisture and growth of apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54 (1949).

- KEULS, J. 1952 The use of the „Studentized Range“ in connection with an analysis of variance. *Euphytica* 1 (1952) 112—122.
- KIDDER, E. H. & J. R. DAVIS 1953 Supplemental irrigation on sandy soils in Michigan. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* 34 (1953) 761—5.
- KOPETZ, L. M. 1957 Probleme der Berechnung und Berechnungsdüngung. *Wass. u. Nahrung* 2 (1957/58).
- KORTE, W. 1955 Zur Frage der Berechnungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen. *Wass. u. Nahrung* 1 (1955).
- KRAAIJENGA, D. A. 1954 Jaarverslag Werkgroep Water- en Luchthuishouding in de Tuinbouw. Niet gepubliceerd.
- KRAMER, E. 1952 Ervaringen met verdampingsmetertjes van het Piche-type. *K.N.M.I. R III* 91 (1952).
- KRAMER, P. J. 1940 Rootresistance as a cause of decreased water absorption by plants at low temperature. *Plant Physiol.* 15 (1940) 63—80.
- 1949 Plant and Soil water relationships. New York, 1949. 347 pp.
- 1956 Physical and physiological aspects of water absorption. *Ruhland, Handb. Pfl. Physiol.* 3 (1956) 124—159.
- KRIMGOLD, D. B. 1954 Soil moisture and irrigation in humid regions. *Market Gr. J.* 83 (1954) 6, 12 e.v.
- LAMBETH, V. N. 1954 Irrigation multiplies vegetable yields in Missouri. *Market Gr. J.* 83 (1954) 840.
- 1956 Studies in moisture relationships and irrigation of vegetables. *Res. Bull. Univ. of Missouri Coll. Agr. Exp. Sta.* 605 (1956).
- 1954 Irrigation in Iowa. *Market Gr. J.* 13 (1954) 30.
- LANA, E. P. & L. E. PETERSON 1953 Results of evapotranspiration and rootdistribution studies. *Agr. Eng. St Joseph, Mich.* 34 (1953) 319—322.
- LAND, W. B. & J. R. CARREKER 1953 Water retention and availability in soils related. *Canad. J. Agr. Sci.* 33 (1953) 319—322.
- LEHANE, J. J. & W. J. STAPLE 1953 Some preliminary observations on the growth interrelations of roots and tops of glasshouse tomatoes. *Rep. 13th Int. Hort. Congr.* 1952, 2 (1953) 885—894.
- LEONARD, E. R. 1944 Design and statistical analysis of some confounded factorial experiments. *Res. Bull. Agr. Exp. Sta, Iowa State Coll. of Agr., Mech. Arts.* 333 (1944).
- LI, J. C. B. 1957 De invloed van de wortelontwikkeling op de waterhuishouding van een hoge zandgrond. *Landbouwk. Tijdschr.* 69. 2 (1957) 165—179.
- LIESHOUT, J. W. VAN 1954 Irrigation for salad and other intensive cropping. *Agriculture* 61 (1957) 322—328.
- LOCKIE, G. D. 1950 Air and soil temperatures in potato fields, Kern County, California. During spring and summer. *Amer. Potato. J.* 27 (1950) 396—407.
- LORENZ, O. A. 1955 Rainfall as a factor influencing the yields of potato crops. *N.A.A.S. Quart. Rev.* 27 (1955) 106—108.
- MACDERMOTT, N. & J. D. IVINS 1949 Effect of irrigation on growth and yield of Sweet Corn. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54 (1949) 330—338.
- MACGILLIVRAY, J. H. 1950 Effect of irrigation on the production of white potatoes. *Amer. Potato J.* 27 (1950) 10—23.
- 1951 Effect of irrigation on the production of cantaloupes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57 (1951) 266—272.
- & L. J. CLEMENTS 1949 Effect of irrigation on the production of carrot seed. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54 (1949) 299—303.

- & L. D. DONEEN 1947 Irrigation studies with truck crops. *Truck Crops Mimeo No. 40*, Davis, Calif. (1947).
- MAJUMAR, A. M. 1954 Water relations of lettuce. *Rep. Dept. Hort. Res. Univ. Nottingham 1954*, 17—18.
- & J. P. HUDSON 1957 The effects of different waterregimes on the growth of plants under glass. *J. Hort. Sci.* 32 (1957) 201—213.
- MAKKINK, G. F. 1947 Proeven met beregening op grasland. *Verlag C.I.L.O. 1947*, 22—25.
- 1948 Directe bepaling van het waterverbruik van grasland. *Verlag C.I.L.O. 1948*, 30—32.
- 1949 Vijf jaren grasland besproeien. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 55, 8 (1949) 49 pp.
- 1951 Grasopbrengst en vochtspanning (proj. 42). *Verlag C.I.L.O. 1951*, 58—63.
- & H. D. J. VAN HEEMST 1956 The actual evapotranspiration as a function of the potential evapotranspiration and the soil moisture tension. *Neth. J. Agric. Sci.* 4 (1956) 67—72.
- MARSHALL, T. J. 1945 Tension of water in a sandy soil at fieldcapacity. *J. Inst. Agr. Sci.* 2 (1945) 192—194.
- & C. E. GURR 1954 Movement of water and chlorides in relatively dry soil. *Soil Sci.* 77 (1954) 147—152.
- MATHER, J. H. 1950 An investigation of evaporation from irrigation sprays. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich. (juli)*. (1950).
- 1955 Does transpiration decrease as the soil moisture decreases? (Discussion). *Trans Amer. Geophys. Un.* 36 (1955) 425—449.
- MOLENAAR, A. & 1951 Studies in sprinkler irrigation with Stokesdale tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57 (1951) 259—265.
- C. L. VINCENT  
MUSGRAVE, G. W. 1955 How much of the rain enters the soil. *Yearb. Agric. U.S. Dep. Agric.* (1955) 151—159.
- NETTLES, V. F., 1952 Irrigation and other cultural studies with cabbage, sweet corn, snapbeans, onions, tomatoes and cucumbers. *Bull. Fla. Agric. Exp. Sta.* 495 (1952).
- F. S. JAMISON &  
B. E. JANES  
NICOLAISEN, W. & 1954 Der Einfluss der Temperatur des Giesswassers auf den Ertrag von Gewächshausgurken. *Gartenbauwiss.* 1 (1954) 173—180.
- D. FRITZ  
NYHLEN, A. 1953 Gädslings- och bevattningsförsök med köksväxter vid Nyckelby. *Medd. Trädgårdsförs. Malmö 84* (1953).
- PAAUW, F. VAN DER 1949 Waterrelations of oats, with special attention to the influence of periods of drought. *Plant and Soil* 1 (1949). 303—341.
- PARKS, R. Q. 1951 Irrigation, Agriculture and Soilresearch in USA. *Adv. Agron.* 3 (1951). 323—343.
- PEARSON, C. H. O. 1954 Cane yields and moisture. Results with overhead spray irrigation. *S. Afr. Sug. J.* 38 (1954) 515—519.
- PEIKERT, F. A. 1954 Rainfall plus irrigation for highest returns per acre. *Market Gr. J.* 83 (1954) 4, 12, 46.
- PENMAN, H. L. 1940 Gas and vapour movements in the soil. II. The diffusion of carbon dioxide through porous solids. *J. Agr. Sci.* 30 (1940) 570—581.
- 1949a The physics of irrigation control. *Quat. J. R. Met. Soc.* 75, 325 (1949) 293.
- 1949b The dependance of transpiration on weather and soil conditions. *J. Soil Sci.* 1, 1 (1949) 74—89.
- 1950 Recent Rothamsed studies in natural evaporation. *Landbouwk. Tijdschr.* 62, 3 (1950) 166—194.

- 1952 Water and plant-growth. *Agr. Progr.* 27 (1952) 147—154.
- 1956 Evaporation: an introductory survey. *Neth. J. Agric. Sci.* 4 (1956) 9—29.
- PENNINGSFELD, F. 1954 Wasserversorgung. *Forschungsber. Inst. f. Bodenk. u. Pflanzenzern*; Festschr. des Staatl. Lehr- und Forschungsanst. für Gartenbau in Weihenstephan (1954).
- PILLSBURY, A. F. 1950 Effect of particle size and temperature on the permeability of granular material to water. *Soil Sci.* 7 (1950) 299—300.
- POST, J. J. 1949 Statistisch onderzoek naar de samenhang tussen het weer, de grasproductie en de melkaanvoer. *Meded. Verh. K.N.M.I.* 55, (1949) 1—149.
- POST, K. & J. G. SEELEY 1947 Automatic watering of Roses, 1943—1946. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 49 (1947) 433—436.
- PRATT, A. J. 1955 Irrigation to make a crop in the humic East. *Market Gr. J.* 84 (1955) 5, 6 en 27.
- PRESCOTT, J. A. & G. B. STIRK 1951 Studies on the Piche evaporimeter. *Aust. J. Appl. Sci.* 2 (1951) 243—256.
- PROCEEDINGS OF THE INFORMAL MEETING on physics in agriculture. *Neth. J. Agric. Sci.* 4 (1956) 7-161.
- QUACKENBUSH, T. H. & M. D. THORNE 1957 Irrigation in the East. *Yearb. Agric. U.S. Dep. Agric.* (1957) 368—378.
- RANEY, W. A. 1949 Field measurement of oxygen diffusion through soil. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 14 (1949) 61—65.
- RHODES, J. & E. E. SKILLMAN 1949 Irrigation of horticultural crops. *Sci. Hort.* 9 (1949) 137—141.
- RICHARDS, L. A. 1940 Concerning permeability units for soils. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 5 (1940) 49—53.
- 1947 Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* 28 (1947) 451—454.
- 1952 Water conducting and retaining properties of soils in relation to irrigation. Int. Symp. on Desert Research. *Bull. Res. Council of Israel* (1952).
- & C. H. WADLEIGH 1952 Soil water and plant growth. *Agron.* 2 (1952) 73—251.
- & L. R. WEAVER 1944 Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension. *J. Agr. Res.* 69 (1944) 215—235.
- ROBERTSON, L. S. & H. KOHNKE 1946 The pF at the wilting point of several Indiana soils. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 11 (1946) 50—52.
- ROBINS, J. S. & C. E. DOMINGO 1956a Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agron. J.* 48 (1956) 67—70.
- & — 1956b Potato yield and tubershape as affected by severe soil moisture deficits and plantspacing. *Agron. J.* 48 (1956) 488—492.
- ROGERS, W. S. 1936 The relation of soil moisture to plant growth, illustrated by moisture meter experiments with strawberries. *Ann. Rep. East Mallng Res. Sta.* (1935).
- 1938 An apple irrigation trial, using soil moisture meters. *Ann. Rep. East Mallng Res. Sta.* (1938) 118—126.
- , M. E. KING & A. M. MASSEE 1939 Results of researches in strawberry growing. *Ann. Rep. East Mallng Res. Sta.* 1938 (1939).
- RUSSELL, E. J. 1950 Soil conditions and plant growth. 8th ed. London, 1950.
- RIJKOORT, P. J. 1956 Rapport over de werkzaamheden betreffende verdampingsonderzoek in 1955. *K.N.M.I., gestenc. rapp.*
- SALTER, P. J. 1954 The effects of different water regimes on the growth of plants under glass: I. *J. Hort. Sci.* 29 (1954) 258—268.

- 1957 The effects of different water regimes on the growth of plants under glass: III. *J. Hort. Sci.* 32 (1957) 214—226.
- 1958a Irrigation of cauliflowers. *Ann. Rep. Nat. Veg. Res. Sta.* 1957.
- 1958b The effects of different water regimes on the growth of plants under glass: IV. *J. Hort. Sci.* 33 (1958) 1—12.
- , G. STANHILL & E. J. WINTER 1958 Some factors to be taken into account when planning field irrigation practice. *XVth Int. Hort. Congr.* (1958).
- SCHLEUSENER, P. E., F. W. PEIKERT & R. L. CAROLUS 1949 Results of irrigation on vegetable crops. *Quat. Bull. Mich. Agr. Exp. Sta.* 21, 3 (1949) 343—350.
- SCHNELLE, F. 1951 Methoden und Möglichkeiten einer Phänologische Klimatologie. *Ann. Meteor.* 4 (1951) 97.
- SCHOFIELD, R. K. 1935 The pF of the water in soil. *3rd Int. Congr. Soil Sci.* 2 (1935) 37—48.
- & B. DA COSTA 1935 The determination of the pF at permanent wilting and at the moisture equivalent by the freezing point method. *Trans. 3rd Int. Congr. Soil Sci.* 1 (1935) 6—17.
- SCHOLTE UBING, D. W. 1958 De invloed van de watervoorziening en de totale instraling op de opbrengst van aardappelen. *Landbouwk. Tijdschr.* 70. 6 (1958) 453—464.
- SCHOLZ, G. 1940 Der Einfluss von Wasser und Boden auf Ertrag und Beschaffenheit verschiedener Gemüsearten. *Kulturtechniker* (1940) 133—153; 169—198.
- SCHONNOPP, G. 1950 Der derzeitige Stand und die Möglichkeiten der Beregnung. *Wass. u. Boden* (1950) 8.
- 1956/57 Wetterdienst und Klimaforschung im Dienst der Beregnungswirtschaft. *Wass. u. Nahrung* 1 (1956/57) 51.
- SCOFIELD, S. L. 1945 The measurement of soilwater. *J. Agr. Res.* 71 (1945) 375—402.
- SEELHORST, C. VON 1911 Die Bedeutung des Wassers im Leben der Kulturpflanzen. *J. Landw.* 59 (1911) 259—291.
- SEEMANN, J. 1957 Klima und Klimasteuerung im Gewächshaus, Bonn, 1957. 106 pp.
- SEKERA, F. 1938 Die Strukturanalyse des Bodens. *Z. Pflanzenern. u. Bodenk.* 6 (51) (1938) 259—288.
- SINGLETON, H. P. ET AL. 1950 Soil, water and cropmanagement investigations in the Columbia Basin Project. *Wash. Agr. Exp. Sta. Bull.* 520 (1950) 29—30.
- SKILLMAN, E. E. 1947 Irrigation, with notes on crops to which it is applicable. *Bull. Minist. Agric., Lond.* 138 1947 (1952).
- SLATYER, R. O. 1957 The significance of the permanent wilting percentage in studies of plant and soil water relations. *Bot. Rev.* 23 (1957) 585—636.
- SLICHTER, C. S. 1898 Theoretical investigation of the motion of groundwaters. *U.S. Geol. Survey, 19th Ann. Rep. Part 2* (1898) 295—384. (Niet gepubliceerde mededelingen).
- STAKMAN, W. P. 1955 Effect of different irrigation treatments on yield and quality of turnips. *Ann. Rep. Nat. Veg. Res. Sta.* 1954 (1955) 50.
- 1957 The effect of differences in soil-moisture status on plant growth: a review and analysis of soil moisture regime experiments. *Soil Sci.* 84, 3 (1957) 205—214.

- STAPLE, W. J. &  
J. J. LEHANE  
— & —
- STOLP, D. W.
- SWEZEY, J. A. &  
H. A. WADSWORTH
- TAYLOR, S. A.
- 
- 
- , & J. L. HADDOCK
- , V. E. HANSEN &  
J. L. HADDOCK
- TEPE, W.
- THORNE, M. D.
- TILL, M. R.
- TUINBOUWGIDS
- VEIHMEYER, F. J.
- 
- & A. H. HENDRICKSON
- & —
- & —
- & A. H. HOLLAND
- VERHOEVEN, B.
- VRIES, D. A. DE &  
G. H. BOLT
- WADLEIGH, C. H.
- 
- , & A. P. AYERS
- 1958 Effects of soil moisture on the yield and quality of early turnips. I. Response to different sustained soil moisture regimes. *J. Hort. Sci.* 33 (1958) 108—118.
- 1954a Wheat yield and use of moisture on substations in southern Saskatchewan. *Canad. J. Agr. Sci.* 34 (1954) 460—468.
- 1954b Weather conditions influencing wheat yields in tanks and field plots. *Canad. J. Agr. Sci.* 34 (1954) 553—564.
- 1955 Introduction to the discussion (Symposium Supplemental Irrigation). *Rep. 14th Int. Hort. Congr.* (1955).
- 1940 Irrigation interval as an aid in lowering production costs. *Hawaii. Plant. Rec.* 44 (1940) 49—69.
- 1949 Oxygen diffusion in porous media as affected by compaction and moisture content. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 14 (1949) 55—61.
- 1952 Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields. *Soil Sci.* 74. 3 (1952) 217—226.
- 1955 Field determinations of soil moisture. *Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* 36 (1955) 654—659.
- 1956 Soil moisture availability related to power required to remove water. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 20 (1956) 284—288.
- 1953 Irrigation, fertilization and soil management of crops in rotation; 1952 *Ann. Progr. Rep. Logan, Utah.*
- 1956 Die Bestimmung des osmotischen Druckes von Erdlösungen an Hand von 19 gärtnerischen Kulturerden. *Gartenbauwiss.* 3 (21) (1956) 320—325.
- 1949 Moisture characteristics of some Hawaiian soils. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 14 (1949) 38—42.
- 1957 A method of measuring the evaporation loss from sprinklers. *J. Aust. Inst. Agr. Sci.* 23 (1957) 333—334.
- 1957
- 1927 Some factors affecting the irrigation requirements of deciduous orchards. *Calif. Agr. Exp. Sta. Hilgardia* 2, 6 (1927) 125—284.
- 1956 Soil moisture. *Handb. Pflanzenphys. III* (1956) 64—123.
- 1949 Methods of measuring field capacity and permanent wilting % of soils. *Soil Sci.* 68 (1949) 75—94.
- 1950 Soil moisture in relation to plant growth. *Ann. Rev. Plant Phys.* 1 (1950) 285—304.
- 1955 Does transpiration decrease as the soil moisture decreases? *Trans. Am. Geophys. Un.* 36 (1955) 425—428.
- 1949 Irrigation and cultivation of lettuce. *Cal. Agr. Exp. Sta. Bull.* 711 (1949).
- 1953 Over de zout- en vochtthuishouding van geïrundeerde gronden. *Diss. Wageningen* (1953).
- 1949 Enige beschouwingen omtrent het gedrag van de tensimeter. *Meded. Landb. Hoogeschool.* 8 (1949).
- 1946 The integrated soil moisture stress upon a root system in a large container of saline soil. *Soil Sci.* 61 (1946) 225—238.
- 1955 Soil moisture in relation to plant growth. *Yearb. Agric. U.S. Dep. Agric.* (1955) 358—361.
- 1945 Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture and salt concentration. *Plant Physiol.* 20 (1945) 106—132.



- , H. G. GAUCH & D. G. STRONG  
WADSWORTH, H. A. 1947 Rootpenetration and moisture extraction in saline soils by crop plants. *Soil Sci.* 63 (1947) 341—349.
- 1954 A brief history of irrigation investigations in Hawaii. *Hawaii. Plant. Rec.* 54 (1954) 165—174.
- WATERHOUSE, A. D. & H. F. CLEMENTS 1954 Irrigation control with tensiometers and irrometers. *Hawaii. Plant. Rec.* 54 (1954) 271—283.
- WEAVER, J. E. & W. E. BRUNER 1927 Root development of vegetable crops. New York, 1927. 352 pp.
- , F. C. JEAN & J. W. CRIST 1922 Development and activities of roots of crop plants. *Carnegie Inst. Wash. Pub.* 316 (1922).
- WERNER, H. O. 1936 The relation of rainfall distribution, soil moisture and crop rotation to the yield of potatoes at the Box Butte Experiment Farm. *17th Ann. Rep. Neb. Pot. Impr. Ass.* (1936) 39—55.
- WESSELING, J. 1957 Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden.<sup>4</sup> *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63. 5 (1957).
- & W. R. VAN WIJK 1955 Optimal depth of drainage. *Neth. J. Agric. Sci.* 3 (1955) 106—119.
- WHITAKER, T. W., J. H. MACGILLIVRAY, J. T. MIDDLETON & W. H. LANGE 1946 Carrot production in the West and Southwest. *U.S.D.A. Circ.* 750.
- WHITNEY, J. B. 1942 Effects of the composition of the soil atmosphere on the absorption of water by plants. *Ohio State Un. Abs. Doctor's diss.* 38 (1942) 97—103.
- WIND, G. P. 1952 De waarde van gipsblokjes en tensiometers voor de bepaling van het watergehalte van de grond. *Verslag C.I.L.O.* 1952, 66—72.
- 1955 A field experiment concerning capillary rise of moisture in a heavy clay soil. *Neth. J. Agric. Sci.* 3 (1955) 60—69.
- WINTER, E. J. 1955 Irrigation Report. a. the effect of different irrigation treatments on yield and quality of summer lettuce. *5th Ann. Rep. Nat. Veg. Res. Sta. Wellesbourne* (1955) 48—49.
- WISSELINK, G. J. & J. A. GROOTENHUIS 1957 Vier jaar kunstmatige beregening op een gemengd zandbedrijf in Noord-Limburg. *Landbouwvoorl.* 14 (1957) 183—195.
- WIT, C. T. DE 1958 Transpiration and crop yields. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 64. 6 (1958).
- WITTE, K. 1955 Die wichtigsten Probleme der Feldberegnung in Deutschland. *Rep. 14th Int. Hort. Congr.* (1955) 103—117.
- WOLTERS, H. 1954 Untersuchungen zur Frage des günstigsten Beregnungszeitpunktes. Diss. Bonn, 1954.
- WYNN, V. D. 1954 Effectiveness of evaporation from ground and foliage in reducing soil moisture depletion. Masters' thesis. Utah State Agr. Coll. (1954).
- ZUNKER, F. 1933 Die Durchlässigkeit des Bodens. *Trans. 6th Comm. Int. Soc. Soil Sci. B* (1933) 18—43.