



Physiologisch onderzoek ten dienste van de plantenveredeling

<https://hdl.handle.net/1874/304689>

A. qu. 192, 1934.

PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK
TEN DIENSTE VAN
DE PLANTENVEREDELING

A. E. H. R. BOONSTRA

1.

is.
recht

4

PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK
TEN DIENSTE VAN
DE PLANTENVEREDELING

BIJDRAGEN

DE VERBODING VAN DE ALGEMEEN
BESCHRIJFING VAN DE PLANTENVEREDELING
VIA DE PLANTENVEREDELING
DE PLANTENVEREDELING

PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK TEN DIENSTE
VAN DE PLANTENVEREDELING



PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK TEN DIENSTE VAN DE PLANTENVEREDELING

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT
OP GEZAG VAN DE RECTOR-MAGNIFICUS
MR C. W. STAR BUSMANN, HOOGLEERAAR
IN DE FACULTEIT DER RECHTSGELEERD-
HEID, VOLGENS BESLUIT VAN DE SENAAT
DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDENKIN-
GEN VAN DE FACULTEIT TE VERDEDIGEN
OP MAANDAG 25 JUNI 1934
DES NAMIDDAGS TE VIER UUR DOOR

ANDRIES EISE
HENDRIK RENSE BOONSTRA

GEBOREN TE BORGER



H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1934

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

Toen eenige tijd geleden een proefschrift verscheen met: „Op verzoek van de promotor geen voorrede”, heb ik een tijdlang dit „de” oplossing gevonden om vrijpostige blikken te verhinderen de meer of minder intieme verhouding van leerling tot leermeesters te peilen. Het leek mij bovendien onmogelijk de juiste woorden te vinden om allen, die ik dank verschuldigd ben, te laten voelen in wat voor opzicht en in welke mate ze wel voor mijn vorming van beteekenis zijn geweest.

Thans, nu ik het werk voor mijn eigen proefschrift afsluit, zie ik het „Voorwoord” in een ander licht. Thans, zeer geachte Hooggeleerden in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde, zie ik er in, de vrijwel eenige gelegenheid om in het openbaar U mijn diepgevoelde dank te betuigen. Ik gevoel mij echter niet in staat om onder woorden te brengen, wat elk van U in het bijzonder voor mij is geweest. De wetenschappelijke mensch, die Gij van mij gemaakt hebt, vormt een geheel en als bioloog heb ik wel geleerd het ontleedmes te hanteeren, maar weet ik ook, dat voor het levende individu hart, longen, zenuwstelsel,... alle onontbeerlijk zijn.

Hooggeleerde HONING, JORDAN, KRUYT, NIERSTRASZ, PULLE, RUTTEN, WENT en WESTERDIJK, ik dank U allen hartelijk voor het onderwijs, dat ik van U mocht ontvangen en voor de medewerking, die Gij mij bij mijn studie hebt verleend.

Wat het laatste deel van mijn studie betreft, ben ik echter niet minder dank verschuldigd aan U, hooggeleerde BROEKEMA. Gij hebt mij de gelegenheid gegeven mijn universitaire studie te voltooien en mij daartoe zelfs aangespoord. Door Uw medewerking, door Uw ruime blik, ben ik ook in staat geweest in Wageningen mijn studie nog voort te zetten. Vooral de colleges van U, hooggeleerde VAN UVEN, zijn voor mij van groote waarde geweest.

Met dank denk ik verder aan de lessen, die ik van U mocht ontvangen zeergeleerde HIRSCH en KONINGSBERGER, evenals aan de ontwikkelende invloed, die is uitgegaan van de vele besprekingen met directeur en collega's aan het Instituut voor Plantenveredeling, waarvan ik dan nog in het bijzonder wil noemen U zeergeleerde SIRKS en BLEIER.

Gedurende de tijd, dat ik als onderwijzer te Utrecht studeerde voor de acte K₄ heb ik van velen, autoriteiten zoowel als collega's, alle mogelijke medewerking gehad. Ik ben hen daarvoor zeer dankbaar.

Een apart woord van dank richt ik tot U zeergeleerde HOOGENRAAD. Gij zijt het geweest, die door Uw boeiende lessen mijn drang naar kennis, in de biologische richting van de wis- en natuurkunde hebt gestuurd.

Hooggeleerde WENT, hooggeachte promotor, als ik mij aan het slot nog eens tot U richt, dan is het niet om achteraf toch nog het hart het belangrijkste orgaan te willen noemen, maar omdat ik aan U meer

dank dan een groote dosis kennis en inzicht. Ook uw invloedrijke medewerking voor het verkrijgen van verschillende faciliteiten tijdens mijn studie en bij het schrijven van dit proefschrift, waarvoor ik U hoogst dankbaar ben, beteekent nog betrekkelijk weinig in vergelijking met het feit, dat Gij genoeg vertrouwen in mij hebt geschonken om de aandacht op mij te vestigen toen er een physioloog gezocht werd aan het Instituut voor Plantenveredeling. Daardoor toch hebt Gij mij in staat gesteld mijn verdere leven te mogen wijden aan werk, waarvan ik houd.

En wat het beteekent werk te hebben, dat met toewijding verricht kan worden, behoef ik U niet te zeggen.

Dat ik tot dusver ook inderdaad met animo mijn taak aan het Instituut voor Plantenveredeling heb kunnen vervullen, dank ik U, hooggeachte BROEKEMA.

PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK TEN DIENSTE VAN DE PLANTENVEREDELING

*Overdruk van de
Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool, Deel 38 — Verhandeling 1*

INHOUD

Inleiding	Blz. 3
-----------------	-----------

HOOFDSTUK I

Het kweken van productievere rassen, wanneer alleen gelet wordt op de opbrengst	4
§ 1. Het aantal genen, dat de opbrengst beïnvloedt	4
§ 2. Het te verwachten resultaat van een kruising	6
§ 3. De betrouwbaarheid der tegenwoordige proefvelden	8
§ 4. Conclusie	10

HOOFDSTUK II

Het kweken van productievere rassen, wanneer gelet wordt op eigenschappen, die de opbrengst beïnvloeden	11
§ 1. De oorzaken van verschillen in opbrengst	11
§ 2. De mogelijkheid van het vereenigen van physiologische eigenschappen in een nieuw ras	17
§ 3. Moeilijkheden van het physiologisch onderzoek	20
§ 4. De kans op succes bij het kruisen volgens verschillende methodes	22
§ 5. Verwante ideeën in de literatuur	25
§ 6. Samenvatting van hoofdstuk II	26

HOOFDSTUK III

Objecten, werkwijze, materiaal	28
§ 1. De objecten	28
§ 2. Behandeling en ontkieming van het zaad	29
§ 3. Potten, grond, en het vullen der potten	29
§ 4. Het poten der kiemplantjes en de verzorging der planten	30
§ 5. Het oogsten. Bepaling van het verschgewicht, het drooggewicht en het gewicht van de asch	31
§ 6. Nadere beschrijving van de proeven 1-6	31
§ 7. Foutenberekening	42

	Blz
§ 8. Nadere beschrijving van de permeabiliteitsproeven (proeven 7-10)	42
§ 9. Nadere beschrijving van de concentratieproeven (proeven 11-15)	43
§ 10. Nadere beschrijving van de temperatuurproeven (proeven 16-21)	44

HOOFDSTUK IV

De activiteit van het wortelstelsel van zeven erwtenrassen	46
§ 1. Het begrip wortelwaarde en verschillen in wortelwaarde	46
§ 2. De hoeveelheid opgenomen water en aschbestanddeelen per gram wortelmasa	52
§ 3. De verhouding, waarin water en aschbestanddeelen worden opgenomen	62
§ 4. De in § 1-3 besproken eigenschappen tijdens de eerste ontwikkelingsperiode	68
§ 5. De permeabiliteit voor KNO_3	72
§ 6. De permeabiliteit voor water	78
§ 7. Samenvatting van hoofdstuk IV	81

HOOFDSTUK V

De invloed van uitwendige omstandigheden op de activiteit van het wortelstelsel	82
§ 1. De beteekenis van de groote invloed der uitwendige omstandigheden	82
§ 2. De invloed van de vochtigheid van de bodem	83
§ 3. De invloed van de concentratie der voedingsoplossing ..	85
§ 4. De invloed van de temperatuur van het wortelstelsel ...	87
§ 5. Samenvatting van hoofdstuk V	94
Algemeene samenvatting	95
Summary	95
Aangehaalde literatuur	97

INLEIDING

Het werk, dat ten grondslag ligt aan deze mededeeling is uitgevoerd aan het Instituut voor Plantenveredeling te Wageningen. De verzorging der planten en het verwerken van het materiaal is voor verreweg het grootste deel gedaan door de heer J. HOKSBERGEN en de dames C. BRIENISSEN en S. DANIELS.

De titel „Physiologisch onderzoek ten dienste van de Plantenveredeling” belooft meer, dan de inhoud geeft. Ik zal mij in deze mededeeling enkel bezig houden met het probleem: door kruising van twee rassen (ras in de beteekenis van „zuivere lijn”) van een zichzelf bestuivend gewas (b.v. tarwe) een nieuw ras te kweken, dat een hoogere zaadopbrengst geeft dan de rassen, waarvan uitgegaan wordt. Door deze beperking wordt het probleem sterk vereenvoudigd en valt het gemakkelijker de beteekenis van het physiologisch onderzoek daarvoor te bespreken. Het blijft niettemin nog zóó ingewikkeld, dat voor een vruchtbare bespreking nog herhaaldelijk van beperkende veronderstellingen moet worden uitgegaan. Zoo wordt onder zaadopbrengst van een gewas in deze mededeeling verstaan de maximale hoeveelheid zaad in kilogrammen, die het gewas per ha en per jaar kan voortbrengen onder de meest gunstige omstandigheden, die in de praktijk voorkomen.

Dat ook hierdoor al weer een sterke vereenvoudiging van het probleem wordt verkregen, blijkt uit het volgende:

Het aantal kilogrammen tarwe, dat per ha wordt voortgebracht, is van zeer veel factoren, als bodem, bemesting, bewerking, weer, ziekten, enz. afhankelijk. Omdat niet alle tarwerassen gelijk reageeren op deze factoren, komt het in de praktijk vaak voor, dat de zaadopbrengst per ha nu eens bij dit, dan bij dat ras groter is.

Het is dus in de praktijk niet zonder meer te zeggen, welk ras beter is, dat wil hier zeggen: een hoogere opbrengst geeft. Daarvoor zouden de omstandigheden, waaronder de planten groeien, opgegeven moeten worden. Om mij hier van deze moeilijkheden (een prachtig gebied voor physiologische onderzoekingen) te ontdoen, neem ik bij de theoretische beschouwingen aan, dat elk ras groeit onder optimale omstandigheden (zie boven) voor zoover uit de tekst niet het tegendeel blijkt.

HOOFDSTUK I

HET KWEEKEN VAN PRODUCTIEVERE RASSEN,
WANNEER ALLEEN GELET WORDT OP DE
OPBRENGST

§ 1. HET AANTAL GENEN, DAT DE OPBRENGST BEINVLOEDT

De eigenschappen van de planten worden beschouwd als het gevolg van het aanwezig zijn van bepaalde factoren of genen. Ook de opbrengst is dus het resultaat van de samenwerking van een aantal genen. Hoe groot dit aantal is weten we niet. BAUR (1924, blz. 79; 1932, blz. 12) rekent er op, dat de ouders in minstens 15 genen verschillen, als de kruising gedaan wordt met het oog op eigenschappen, die voor de praktijk van groot belang zijn, dus b.v. opbrengst. Dit aantal heeft dan alleen nog maar betrekking op de genen, waarin de ouders *verschillen*. Het totale aantal genen, dat invloed heeft op de opbrengst is natuurlijk veel groter. De opbrengst hangt samen met vrijwel alle eigenschappen der plant. Alle genen, die invloed hebben op bladvorm, aantal bladeren, bladstand, de kleur van het blad, de beharing van het blad of de waslaag, enz. hebben waarschijnlijk ook invloed op de opbrengst. Evenzoo is het met genen, die betrekking hebben op de stengel, het wortelstelsel, de aar. Een schatting van het aantal genen, dat de opbrengst beïnvloedt, op 500, lijkt me dan ook niet overdreven hoog. Het eindpunt van de plantenveredeling, wat de opbrengst betreft, zou dan bereikt zijn (mutaties buiten beschouwing gelaten), als al de 500 genen in de gunstigste combinatie in één ras vereenigd waren. Hoever we nog van de theoretische bovengrens af zijn, is moeilijk te beoordeelen. Als we ons houden aan bovengenoemde getallen van BAUR (voor elke kruising — dus tusschen elke twee rassen — een verschil in minstens 15 genen) en verder bedenken, dat er waarschijnlijk nog een groot aantal gunstige eigenschappen in onze landrassen en in de wilde rassen verborgen zit, dan kunnen we aannemen, dat er van de 500 mogelijke genen een 400 reeds in de gunstigste combinatie in onze beste rassen voorkomen. De gemaakte schattingen hebben op zichzelf weinig waarde, de genoemde getallen zullen niet juist zijn. Ze stellen ons echter in staat eenige berekeningen uit te voeren om ons zoo een denkbeeld te vormen van de moeilijkheden van het probleem. Pas als wij de moeilijkheden kennen of althans meer of minder kunnen overzien, is het mogelijk een oordeel te vormen over de geschiktheid van de verschillende wegen, die wij kunnen volgen om het na te streven doel (hier het kweken van rassen, die een hoogere opbrengst geven) te bereiken.

Bij het berekenen van het resultaat, dat wij mogen verwachten, als

wij een kruising uitvoeren, neem ik voorloopig aan:

1. dat alle genen voor opbrengst een evengroote invloed hebben;
2. dat de kans op het ontstaan voor alle mogelijke combinaties even groot is.

Door verschillende onderzoekers zijn formules afgeleid, die wij kunnen gebruiken voor de berekening van het verloop van het uitmenden. (JENNINGS, 1916, HEUKELS, 1915. Zie ook de verzameling tabellen van P. HERTWIG, 1927.)

JENNINGS zegt (blz. 53): „To work out without formulae the results of almost any system of breeding long continued is a most laborious and time-consuming task, while a formula serves as a machine; one puts in the data and grinds out the results without labor.”

Het kunnen beschikken over dergelijke „machines” is natuurlijk wel prettig, maar het gevaar bestaat, dat men een verkeerde machine gebruikt of wel een machine, die niet voor het gewenschte werk berekend is. In zeer veel gevallen stelt een probleem zijn bijzondere voorwaarden, waaraan door een uit de aard der zaak meer algemeen geldende formule niet wordt voldaan. Hierin zie ik de slechts betrekkelijke waarde van veel formules. Volgens JENNINGS is bij een kruising van 2 homozygote zelfbestuivers het aantal homozygoten y na x generaties, als het aantal genotypische verschillen k bedraagt:

$$y = \{1 - 2^{1-x}\}^k.$$

Volgens deze formule is voor $x = 5$ en $k = 8$, $y = 0,5967$. Van de 1000 planten zijn er dus een 600 homozygoot. Verschillen de ouderplanten in 8 genen, dan zijn er 256 verschillende homozygoten mogelijk. De kans om gevormd te worden is voor elk van deze verschillende homozygoten evengroot. Welke van deze homozygoten het meest gewenschte genotype is, doet er voor de berekening niet toe. Gemakshalve mogen we veronderstellen, dat het de homozygoot met alle genen in dominante vorm is. Zouden we nu hieruit afleiden, dat het meest gewenschte genotype minstens $2 \times$ zal voorkomen, dan kan dit volmaakt in strijd met de werkelijkheid zijn. Ook al zou na vele generaties het totaal aantal homozygote planten eenige millioenen bedragen, dan is het nog niet zeker, dat er één zoo'n plant aanwezig is. Het is zelfs mogelijk, dat het veel waarschijnlijker is, dat deze combinatie (alle 8 genen in dominante vorm) ontbreekt en dan ook nooit meer (als gevolg van deze kruising) verwezenlijkt wordt. Zie een voorbeeld op blz. 7.

Het is voor de kweeker niet voldoende te weten, dat, zooals de genetica leert: uit het eene zaadje, waaruit een F_1 -plant groeit, planten kunnen ontstaan met alle mogelijke combinaties van eigenschappen (genen), die bij de ouderplanten voorkomen. Hij moet zich afvragen: Wanneer mag ik er op rekenen, dat een bepaalde combinatie ook inderdaad gevormd wordt?

§ 2. HET TE VERWACHTEN RESULTAAT VAN EEN KRUISING

Er zijn hier een drietal factoren, die een groote rol spelen.

1e Het aantal zaden, dat elke plant voortbrengt.

2e Het aantal F_1 -planten, waarvan uitgegaan wordt.

3e De ruimte, die beschikbaar is voor de opeenvolgende generaties.

Elk van deze 3 factoren stelt in verband met het aantal genen, waarin de ouderplanten verschillen, bepaalde grenzen aan het resultaat.

In de F_2 is de kans op 0 genen homozygoot, $1 \times (\frac{1}{2})^n$, als n het aantal genen is, waarin de beide ouderplanten verschillen. De kans op 1 gen homozygoot = $C_1(n) (\frac{1}{2})^n$, op 2 genen homozygoot $C_2(n) (\frac{1}{2})^n$, enz. Met andere woorden, de aantallen planten in de F_2 -generatie met 0, 1, 2, ... k genen homozygoot verhouden zich als $1 : C_1(n) : C_2(n) : \dots : C_k(n)$. Deze verhoudingsgetallen zijn rechtstreeks uit de driehoek van Pascal af te lezen.

Nemen we nu aan, dat de ouderplanten in 15 genen verschillen, en dat de F_1 -plant 100 F_2 -planten levert, dan is te verwachten, dat hiervan geen enkele plant in alle genen heterozygoot is. Ook is er waarschijnlijk geen enkele plant, die homozygoot is voor één of twee genen. Volgens de kansrekening moeten we verwachten:

1 plant homozygoot voor 3 genen			
4	„	„	4
9	„	„	5
15	„	„	6
20	„	„	7
20	„	„	8
15	„	„	9
9	„	„	10
4	„	„	11
1	„	„	12

Als in de F_2 planten voorkomen, die homozygoot zijn voor 1 gen (gemakshalve worden de genen, waarin beide ouderplanten niet verschillen buiten beschouwing gelaten) dan is de kans, dat dit gen in dominante vorm zal zijn $\frac{1}{2}$. Is de F_2 -plant in 2 genen homozygoot, dan is de kans, dat beide genen in dominante vorm voorkomen $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$. Is de F_2 -plant in k genen homozygoot, dan is de kans, dat alle k genen in dominante vorm voorkomen $(\frac{1}{2})^k$. De kansen op het aanwezig zijn van alle genen, waarvoor de plant homozygoot is, in dominante vorm, worden dus voor elke volgende klasse $\frac{1}{2} \times$ zoo groot. Zoolang de aantallen planten in de opvolgende klassen meer dan $2 \times$ zoo groot worden, stijgen dus de kansen op het voorkomen van planten, waarbij alle genen, waarvoor ze homozygoot zijn, in dominante vorm aanwezig zijn. De grootste kans vinden we in dit geval dus bij de klasse, die voor 5 genen homo-

zygoot is. De kans, dat deze alle 5 in dominante vorm voorkomen is $C_5(15) \left(\frac{1}{2}\right)^{15} \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 0,002864$.

Zoolang er dus niet minstens 170 F_2 -planten zijn, $(0,002864 \times 170 < 0,5)$ moeten we dus verwachten, dat er geen enkele plant is, of zij bevat reeds minstens 1 gen, waarvoor zij homozygoot is, in recessieve vorm. En daarmee is het ontstaan van homozygote planten, die uitsluitend dominante genen bevatten, uitgesloten.

Op dezelfde wijze is te berekenen, dat bij een kruising van 2 ouderplanten, die in 20 genen verschillen, de F_1 -plant een duizendtal zaden moet voortbrengen om een kans te hebben van 1 : 1, dat er in de F_2 een plant voorkomt, die voorzoover ze homozygoot is, dit is voor uitsluitend dominante genen. Komt zoo'n plant in de F_2 niet voor, dan zal ze bij het verdere uitmenden ook nooit meer kunnen voorkomen.

Zonder op het verloop van het uitmenden in de volgende generaties in te gaan, is het dus uit het bovenstaande duidelijk, dat het aantal zaden, dat de F_1 -plant voortbrengt, in verband met het aantal genen, waarin de ouderplanten verschillen, bepaalde grenzen stelt, aan de in het eindresultaat te verwachten combinaties.

Het bezwaar, dat de F_1 -plant te weinig zaden voortbrengt om het ontstaan van de gunstigste genen-combinatie waarschijnlijk te maken, is te ondervangen door een groot aantal kruisingen (tusschen dezelfde ouderrassen) uit te voeren.

Theoretisch is het mogelijk, door dit aantal kruisingen maar groot genoeg te nemen, reeds in de F_2 het ontstaan van de gunstigste combinatie te mogen verwachten. Praktisch is dit niet uitvoerbaar. Bij een verschil in 15 genen hebben we 2^{30} combinatiemogelijkheden. We zouden dus een F_2 van 2^{30} planten (plm. 400 ha) moeten kweken om te kunnen verwachten, dat er één homozygote plant is, die alle 15 genen in de gunstigste combinatie vereenigt. In de plaats daarvan wordt een veel kleinere F_2 gekweekt en gehoopt, dat deze na eenige generaties de meest gewenschte vorm zal afsplitsen. Of dit inderdaad te verwachten zal zijn, hangt af (verondersteld, dat de F_2 groot genoeg is) van de ruimte, die beschikbaar is voor het uitmenden. Als in een kweekers-bedrijf gelijktijdig veel verschillende kruisingen uitgevoerd worden, is de voor elke kruising beschikbare ruimte vaak niet grooter dan 1 à 2 are. Nemen wij aan, dat er 2 are beschikbaar zijn, dan mag (bij een verschil in 15 genen) nog niet verwacht worden, dat er na het uitmenden (zeg in de F_6) één homozygote plant is, die alle 15 genen in dominante vorm bevat, zelfs als is uitgegaan van een F_2 van 50.000 planten. De beperkte ruimte werkt sterk selecteerend, hetgeen, zonder op de berekening van het uitmenden nader in te gaan, gemakkelijk is in te zien, wanneer we bedenken, dat (bij gelijkblijvend oppervlak) van elke plant gemiddeld slechts één zaadje gebruikt wordt als zaai-zaad voor de volgende generatie.

Nu kan de kweeker reeds vanaf de F_2 gaan selecteeren en daardoor de gunstigste combinaties bevoordeelen boven de minder gunstige. De selectie is echter hoogst onbetrouwbaar, als het gaat om de opbrengst. Aan één enkele plant is het productievermogen niet te beoordeelen. De modificeerbaarheid van de opbrengst is zóó groot, dat de variabiliteitskrommen voor het grootste deel over elkaar heen vallen en de genotypen met middelmatige opbrengst zijn het sterkst vertegenwoordigd. Worden, zooals meestal geschiedt, van een veld van 1 à 2 are een tiental elite-planten uitgezocht, dan is daarbij de meest gewenschte combinatie vrij zeker *niet* vertegenwoordigd.

§ 3. DE BETROUWBAARHEID DER TEGENWOORDIGE PROEFVELDEN

Behalve de bovengenoemde factoren, die bepaalde grenzen stellen aan het verkrijgen van de beste combinatie, is er nog een faktor, die de vordering in de oplossing van het probleem tegenwerkt. En in verband met de vorige wel zoo sterk, dat de tot dusver gewoonlijk gevolgde methode voor plantenveredeling op de duur geen resultaten meer zal opleveren. Die faktor is de onvolmaaktheid van de proefveldtechniek in verband met de modificeerbaarheid van de objecten door uitwendige omstandigheden. Aan de resultaten van onze proefvelden kleeft een fout van 2 à 3%. Gewoonlijk wordt aangenomen, dat een geconstateerd verschil in opbrengst reëel is, als het minstens $3 \times$ zoo groot is als de middelbare fout van het verschil. Worden nu twee rassen op een proefveld met elkaar vergeleken en is de middelbare fout bij het eene ras in procenten uitgedrukt 2% en van het andere 3%, dan is de middelbare fout van het verschil $\sqrt{2^2 + 3^2} = 3,6\%$. Om dus met „zekerheid” te kunnen zeggen, dat een nieuw gekweekt ras beter is dan de rassen, waarvan is uitgegaan, moet dit nieuwe ras een 10% in opbrengst boven het uitgangsmateriaal uitsteken.

Bij bovengemaakte veronderstellingen zou dit beteekenen, dat wij, uitgaande van twee rassen met 400 genen, in de gunstigste combinatie een nieuw ras zouden moeten kweken met 440 genen in gunstigste combinatie. De gekruiste ouderplanten zouden dus in minstens 80 genen moeten verschillen. Dat dan inderdaad ook de meest gunstige genencombinatie gevormd zou worden, is wel hoogst onwaarschijnlijk nu uit de vorige paragraaf gebleken is, dat zelfs bij een verschil van 15 genen, dit gewoonlijk al niet het geval zal zijn.

Er is in de plantenveredeling dan ook geen sprake van, dat wij nieuwe rassen kweken, waarvan op grond van de resultaten van een proefveld dadelijk met zekerheid gezegd kan worden, dat zij meer opbrengen. Pas na vergelijking gedurende eenige jaren en met behulp van de gegevens uit de praktijk blijkt de vooruitgang.

Het feit, dat in ons land sedert 1901 de gemiddelde tarweopbrengst

per ha met $\pm 40\%$ is toegenomen, (zie KOESLAG, blz. 907) zegt natuurlijk niets omtrent de vooruitgang in de plantenveredeling. Deze belangrijke opbrengstvermeerdering is naar het mij voorkomt in de eerste plaats te danken aan de betere ontwikkeling van de landbouwer (voorlichtingsdienst!), in de tweede plaats aan vordering in de plantenteelt (bemesting, bewerking) en pas in de derde plaats aan vordering in de plantenveredeling.

De eisch om een nieuw ras te kweken, waarvan dadelijk „zeker” is, dat het meer opbrengt dan de ouderplanten, is ook wel wat hoog. Wij kunnen ons met minder tevreden stellen en niet een „zekerheid” verlangen (opbrengstverschil oud en nieuw ras $3 \times$ middelbare fout van het verschil), maar b.v. een kans van $2 : 1$. Het verschil in opbrengst moet dan bijna de helft zijn van de fout van dit verschil. Bij de tegenwoordige proefveldtechniek beteekent dit dus, dat de vooruitgang minstens $1,5\%$ moet bedragen. De kans om dit te bereiken is natuurlijk aanmerkelijk grooter.

Bij bovengemaakte veronderstellingen zou dan een nieuw ras gekweekt moeten worden met 406 genen in de gunstigste combinatie. Om dit te kunnen bereiken moeten dan rassen gekruist worden, die in minstens 12 genen verschillen. Zooals uit het besprokene in § 2 blijkt, is het echter twijfelachtig of in dat geval werkelijk de gunstigste combinatie gevormd wordt en indien zij gevormd wordt, dat ze dan uitgekozen wordt om dienst te doen als élitezaad voor een nieuw ras. Bovendien zegt een waarschijnlijkheid van vooruitgang $2 : 1$, dat wij, als wij de oude rassen en het nieuwe 3 achtereenvolgende jaren onder gelijke omstandigheden vergelijken, de meeste kans hebben, dat $2 \times$ het nieuwe ras meer opbrengt dan de oude en $1 \times$ de oude meer dan het nieuwe. Het is te begrijpen, dat een kweeker een betrouwbaar ras, dat hij al jaren kent, niet gemakkelijk zal opruimen voor een nieuw ras, dat slechts zoo onduidelijk beter is. Het op behoorlijke schaal met elkaar vergelijken wordt praktisch al spoedig onmogelijk en als gevolg hiervan wordt nog al eens de beste van de twee opgeruimd. M.a.w. ondanks het vele werk wordt geen vooruitgang bereikt.

Nu zijn op blz. 5 een tweetal veronderstellingen gemaakt, waaraan in het algemeen zeker niet zal worden voldaan. Het is dus noodig om na te gaan of wij misschien tot een ander resultaat zouden komen, als wij die veronderstellingen laten vervallen.

1e. Dat alle opbrengstgenen een even groote invloed zouden hebben op de opbrengst is zeer onwaarschijnlijk. Een gen, dat het oppervlak van het blad beïnvloedt zal waarschijnlijk van meer beteekenis zijn dan een gen, dat de grootte van de kafnaaldjes beïnvloedt. Zolang bij het kweken slechts gelet wordt op de opbrengsteigenschap in haar geheel en niet op meer enkelvoudige eigenschappen, die verband houden met de opbrengst (zie volgend hoofdstuk), verandert dit niets

aan de conclusie, dat het kweken van productievere rassen vast moet loopen. Het is te verwachten, dat de genen, die het sterkst de opbrengst beïnvloeden, reeds in de gunstigste combinatie vereenigd zijn en dat het hoe langer hoe moeilijker zal worden ook de minder belangrijke genen daaraan toe te voegen.

2e. De kans op het ontstaan is voor alle mogelijke combinaties zeker niet even groot. Bij een verschil in een groot aantal genen moet in verband met het aantal chromosomen koppeling optreden. Deze koppeling kan een zeer belangrijke rol spelen. Dat hangt er vooral van af, welke genen gekoppeld zijn en hoe sterk. Praktisch komt het hier op neer, dat wij de snelle vooruitgang als gevolg van een gunstige koppeling voor het grootste deel reeds te pakken zullen hebben en dat wij nu op moeten tornen tegen de remmende invloed van de ongunstige koppelingen. Het koppelingsverschijnsel zal verdere vooruitgang in sterke mate bemoeilijken.

§ 4. CONCLUSIE

Het is voor het maken van vorderingen in het opbrengstprobleem onvoorwaardelijk noodig eventueele vorderingen te kunnen constateren. Merkbare vorderingen worden eerder gemaakt, naarmate de twee gelijkwaardige rassen, die gekruist worden, in een grooter aantal opbrengstgenen verschillen. Maar naarmate de ouderplanten in een grooter aantal genen verschillen, wordt de kans op de gunstigste combinatie van deze genen kleiner.

Van de tegenovergestelde zijde geredeneerd:

Om „zeker” te zijn van het ontstaan van de gunstigste combinatie mogen de ouderplanten in slechts weinig genen verschillen en als dat het geval is, is de vooruitgang niet merkbaar.

De plantenveredeling, wat betreft het kweken van nieuwe rassen met steeds hogere opbrengst, en waarbij uitsluitend op deze opbrengst wordt gelet, nadert een limiet. Hoe ver wij thans nog van de limiet verwijderd zijn, valt niet te zeggen. Evenmin op welke afstand van de theoretische grens (alle opbrengstgenen vereenigd in hun gunstigste combinatie) wij blijven staan.

HOOFDSTUK II

HET KWEEKEN VAN PRODUCTIEVERE RASSEN,
WANNEER GELET WORDT OP EIGENSCHAPPEN,
DIE DE OPBRENGST BEINVLOEDEN

§ 1. DE OORZAKEN VAN VERSCHILLEN IN OPBRENGST

Om verder te komen met de oplossing van het opbrengstprobleem is het noodig het complex van genen, dat de opbrengst bepaalt, „uit elkaar te halen”. Het zou natuurlijk het mooist zijn, indien wij de werking van al de genen afzonderlijk van elkaar leerden onderscheiden.

Nu daarop nog weinig kans is, kunnen wij al vast een stap in die richting doen, door de opbrengsteigenschap te analyseeren. Dit wordt in de praktijk ook gedaan. Daarbij wordt dan gelet op aarlengte, de gevuldheid van de aar, het uitstoelingsvermogen e.d. In plaats van op de opbrengst is het dus mogelijk op verschillende eigenschappen te letten, die verband houden met de opbrengst. Het voordeel hiervan is duidelijk. Twee soorten, die in opbrengst per ha niet verschillen en dus in dit opzicht niet van elkaar te onderscheiden zijn, verschillen mogelijk wel in b.v. aarlengte en aantal pakjes per aar. De kweeker kan nu trachten door kruising van deze twee rassen een nieuw ras te krijgen met lange aar en een groot aantal pakjes. Hij kan na het uitmenden dit gewenschte type gaan zoeken. Dit is natuurlijk heel iets anders dan het zoeken naar het ras, dat de grootste opbrengst geeft. De beoordeeling op aantal pakjes en aarlengte is veel eenvoudiger dan de beoordeeling op opbrengst. Bovendien zijn deze eigenschappen minder modificeerbaar dan de opbrengst (BERKNER und SCHRÖDER, 1932).

Na deze twee gewenschte eigenschappen in een nieuw ras vereenigd te hebben, kan hij trachten er nog een derde, b.v. een groot uitstoelingsvermogen aan toe te voegen, enz. Deze manier van veredeling grijpt dus niet ineens naar het eigenlijke doel, maar probeert dit stap voor stap te bereiken. Behalve het voordeel, dat op deze wijze ook rassen met eenzelfde opbrengst van elkaar onderscheiden kunnen worden, is er nog een groot voordeel. De eigenschappen aarlengte, korrelgewicht, enz., die een rol spelen bij de opbrengst, zullen door een kleiner aantal genen beïnvloed worden, dan de opbrengst zelf. Hiermee kan dan een tweede rem op de vordering in het probleem wegvallen (en wel het niet optreden van de gunstigste genen-combinatie, indien er *veel* genen in het spel zijn (zie hoofdstuk 1).

Het is echter zeer de vraag of dit zooveel belovend schema ook inderdaad met succes gevolgd kan worden. Het is b.v. zeer de vraag of de eigenschap „groot aantal korrels per aar” te vereenigen is met de eigenschap „groot gewicht per korrel”. Indien zulks niet het geval is, dan

levert de F_1 , hoewel er schijnbaar potentieel toe in staat, deze combinatie van genen niet. Dat is genetisch te verklaren door koppeling. De fysiologische verklaring (het is niet in het minst de bedoeling genetica en fysiologie tegenover elkaar te stellen, maar er juist op te wijzen, dat ze samen moeten werken) kan zijn, dat er slechts een bepaalde hoeveelheid koolhydraten, enz. gevormd wordt en dat er nu twee mogelijkheden zijn, b.v. deze voedingsstoffen op te hoopen in weinig zaden, die dan groot en zwaar zijn of in veel zaden, die dan klein en licht zijn. Fysiologisch is het niet kunnen kweken van een tarweras, waarvan het aantal korrels per aar groot is en tegelijk het korrelgewicht hoog, misschien het gevolg van een tekort schieten in de vorming van de noodige stoffen.

Daarmee betreden we een nieuw en nog vrijwel braak liggend terrein in de plantenveredeling. Dat is het terrein van het stelselmatig onderzoek naar de oorzaak van een hoogere of lagere opbrengst. Dit onderzoek is in wezen fysiologisch. Daar het hier gaat om een hoogere of lagere opbrengst in verband met het ras en niet in verband met bemesting, zonneschijn, enz. kan de geneticus echter met evenveel recht zeggen, dat het onderzoek naar de oorzaak van het verschil in opbrengst van twee rassen een genetisch onderzoek is. Deze uitspraak is met de vorige niet in strijd. Dit lijkt slechts zoo, omdat het woord oorzaak in beide gevallen gebruikt wordt. Echter heeft het niet in beide dezelfde beteekenis. De geneticus legt verband tusschen een gen, dat in de geslachtscel aanwezig is, en een eigenschap, die in ons geval pas tot uiting komt bij de volwassen plant. Met een groote sprong is dan het gen de (middellijke) oorzaak van die eigenschap (in samenwerking met uitwendige krachten).

De fysioloog zoekt zooveel mogelijk naar de onmiddellijke oorzaak. Als oorzaak van de eindtoestand (de oogst) wordt beschouwd de vlak daaraan voorafgaande toestand. Het is duidelijk, dat de oorzaak hiervan (natuurlijk telkens in samenwerking met uitwendige krachten) in de ontwikkeling nog een stapje verder terug ligt. Zoo doorgaande moeten wij dan tenslotte ook bij het gen (de genen) aanlanden.

Uit deze uiteenzetting blijkt tevens de onjuistheid van de opvatting, dat een ontliden van de opbrengst in aantal planten per m^2 , aantal aren per plant, aantal zaden per aar, gemiddeld korrelgewicht, overeenkomt met het vaststellen van de oorzaken van de grootte der opbrengst. Deze opvatting komt veel voor.

Zij wordt in de hand gewerkt door de volgende redeneering (vooral naar voren gebracht door Raum en Heuser): De opbrengst wordt bepaald door het aantal planten per m^2 en de gemiddelde opbrengst van één plant. De opbrengst van één plant wordt bepaald door het aantal aren en de gemiddelde opbrengst van één aar, enz. Hoe grootter dus b.v. het aantal aren per plant, hoe grootter de opbrengst.

Dit maakt dus sterk de indruk dat een groot aantal aren de oorzaak is (of één van de oorzaken) van een groote opbrengst. Het is echter duidelijk, dat de eigenlijke oorzaak dieper ligt en dat het groote aantal aren slechts één van de wegen is, waarlangs een groote opbrengst bereikt kan worden. Een groot aantal korrels per aar of een groot korrelgewicht zijn andere wegen, die tot hetzelfde resultaat voeren. Door de opbrengst uit te drukken als aantal planten $\times$ gemiddelde opbrengst per plant, de gemiddelde opbrengst per plant als aantal aren $\times$ gemiddelde opbrengst per aar, enz. wordt de opbrengst in de haar samenstellende elementen ontleed. Deze elementen zijn echter niet de oorzaken.

Ook door het berekenen van korrelatie-coëfficiënten tusschen b.v. het korrelgewicht en de opbrengst kan deze onjuiste opvatting worden opgedrongen. Dergelijke korrelatiebetrekkingen zijn heel vaak nagegaan en bij het vinden van een sterke positieve korrelatie is men dan licht geneigd om de twee eigenschappen te beschouwen als oorzaak en gevolg. Daarbij wordt uit het oog verloren, dat korrelatieberekeningen ons wel aanwijzingen kunnen geven bij het zoeken naar oorzaak en gevolg, maar nooit zekerheid. Zelfs een korrelatiecoëfficiënt 1 zegt niet meer, dan dat de beide verschijnselen absoluut aan elkaar gekoppeld zijn, juist zooals oorzaak en gevolg aan elkaar gekoppeld zijn. De beide verschijnselen behoeven daarmee echter niet tot elkaar in onderling verband te staan als oorzaak en gevolg, maar kunnen ook beide het gevolg zijn van een gemeenschappelijke oorzaak. Zoo is het waarschijnlijk hier. Het groote aantal aren, het groote aantal korrels, het hooge korrelgewicht en de hooge opbrengst zijn alle het gevolg van het goed functioneeren van de verschillende organen der plant. Als wij de oorzaak willen kennen van het verschil in opbrengst, dan moeten wij de stofwisselingsprocessen van de rassen bestudeeren en met elkaar vergelijken!

De physiologische eigenschappen, die hier een groote rol spelen, zijn assimilatie, absorptie, transpiratie enz. Het zijn geheel andere dan de physiologische eigenschappen (winterhardheid, ziekte-resistentie, droogte-resistentie, vroegrijpheid, enz.), die in vrijwel alle handboeken voor de plantenveredeling besproken worden, en op de belangrijkheid waarvan zeer terecht herhaaldelijk gewezen wordt. Zonder de belangrijkheid van deze laatstgenoemde eigenschappen ook maar het minst in twijfel te trekken, wil ik er op wijzen, dat daarnaast ook absorptie, assimilatie, enz. onze aandacht verdienen en in veel sterkere mate, dan er tot dusver aan geschonken wordt. Ik maak hier een scherp verschil in wat men zou kunnen noemen een plantenveredeling (het kweken van productievere rassen) „in de breedte” en „in de hoogte”.

De kweeker kan trachten een nieuw ras te kweken, dat rechtstreeks meer opbrengst geeft, of wel een nieuw ras, dat indirect een groote-

re opbrengst geeft. Kweekt hij een nieuw ras, dat niet aangetast wordt door een bepaalde ziekte, dan volgt hij de tweede weg. Het nieuwe ras is op zichzelf niet in staat een hoogere opbrengst te geven, maar doordat het onvatbaar is voor een bepaalde ziekte, gaan er minder planten dood, of wordt de zaadvorming minder geremd. De opbrengst per ha kan daardoor sterk verbeteren. De opbrengst van zulk een resistente plant is echter niet grooter dan die van een daaraan gelijke, maar niet resistente plant, die door een of andere omstandigheid niet ziek wordt. Wij kunnen ook zeggen: bij het kweken van een dergelijk ziekte-resistent ras wordt de opbrengst eigenlijk niet verhoogd, maar wordt het verlies, dat anders ontstaan zou zijn door de ziekte-aantasting, voorkomen. Hoewel het de landbouwer misschien onverschillig kan laten of hij een nieuw ras krijgt, dat per ha 100 kg meer zaad vormt of wel een nieuw ras, dat 100 kg minder schade lijdt door aantasting van een ziekte, maakt dit voor de veredeling principieel toch een groot verschil.

Dit principieele verschil is ook nog op een andere wijze duidelijk te maken. Het kweken van een nieuw ras, dat resistent is tegen een bepaalde ziekte, wordt overbodig als wij een middel vinden om de ziekteverwekker afdoende te bestrijden. Dit is zoo vanzelfsprekend, dat er geen of vrijwel geen pogingen gedaan worden om een nieuw tarweras te kweken, dat onvatbaar is voor *Fusarium*, omdat wij in de ontsmetting met b.v. Germisan een zoo goed middel tegen deze ziekteverwekker hebben, dat het kweken van een resistent ras waarschijnlijk de moeite niet zou loonen. Wij kunnen in dit geval langs twee wegen hetzelfde doel bereiken, via de plantenveredeling en via de plantenteelt.

Vrijwel hetzelfde geldt ook voor b.v. het kweken van nieuwe rassen, die niet uitwinteren. Op zichzelf wordt daardoor aan het productievermogen van het ras niets veranderd. Dit blijkt het best uit het feit, dat in een zachte winter de opbrengst van zoo'n winterhard ras niet hoger is dan van een ras, dat niet winterhard is. Zoo kan de opbrengst van onze Wilhelminatarwe of de Engelsche Square-head, beide in Zd. Zweden niet winterharde rassen, in een zachte winter grooter zijn dan die van de daar wel winterharde Zweedsche Panzer tarwe. Ook bij het kweken van winterharde rassen wordt dus de opbrengst zelf niet verhoogd, maar een opbrengstverlies door eventuele ongunstige omstandigheden voorkomen. En ook hier is het in elk geval denkbaar, dat door een bepaalde bewerking van het land de plantenteelt het veredelingswerk overbodig maakt.

Zoo is het ook met het kweken van rassen, die resident zijn tegen droogte en evenzoo met het kweken van rassen, die geschikt zijn voor een bepaalde bodem. In al deze gevallen is het mogelijk ook langs andere weg een overeenkomstig resultaat te bereiken. Of de plant moet geschikt gemaakt worden (d.w.z. door het kweken van een nieuw ras)

voor die omstandigheden (plantenveredeling), òf de omstandigheden moeten geschikt gemaakt worden voor de plant (plantenteelt). Deze werkwijze is boven aangegeven als veredeling „in de breedte”.

Een principieel ander probleem: veredeling in de hoogte, is het bij gelijk blijvende omstandigheden een ras te kweken, dat meer opbrengt. Dat zie ik als de kern van ons opbrengstprobleem, en de oplossing van dat probleem is ook beperkt tot de plantenveredeling. Daarmee is natuurlijk in het minst niet gezegd, dat het kweken van ziekteresistente rassen, van winterharde rassen, enz. minder waarde heeft. Het is integendeel zeer goed mogelijk en voor het oogenblik zelfs waarschijnlijk, dat deze veredeling „in de breedte” belangrijker is dan de veredeling „in de hoogte”, omdat ze meer kans op succes heeft. (Zie blz. 24). Het kweken van een nieuw ras, dat bij gelijk blijvende omstandigheden meer opbrengst geeft, voert ons echter vanzelf weer terug tot de kernvraag: wat is de oorzaak (oorzaken) van een hoge opbrengst? Dat is zoo niet te zeggen. De vraag is in haar algemeenheid ook te vaag. Wij moeten uitgaan van twee rassen en trachten te bepalen, waardoor het eene meer opbrengt dan het andere.

Daarbij valt te bedenken, dat de plant voor ons niet in de eerste plaats iets *is*, maar iets voor ons *doet*. Het belangrijkste is niet het tarwezaad, dat we eten, maar de tarweplant, die voor ons „werkt”. Het gaat tenslotte om het vastleggen van de zonne-energie. En het is de vraag hoe het komt, dat het eene tarweras dat beter *kan* dan het andere. Natuurlijk hangt dit o.a. af van de morphologisch-anatomische eigenschappen. Er is een nauw verband tusschen vorm en functie. Maar voor ons is niet de vorm in de eerste plaats het wezenlijke, wel de functie. De vorm kan ons onverschillig laten als de functie maar goed is. Die functie is echter zeer samengesteld en het gaat niet op om de assimilatiefunctie (het vastleggen van de zonne-energie in engere zin) af te zonderen van de rest. We zullen van al de levensprocessen studie moeten maken, zoowel van ademhaling als van assimilatie, van absorptie als van transpiratie, van aanvoer der benodigde anorganische voedingsstoffen als van afvoer der gevormde organische stof. De plant is een éénheid en elke studie, die ons dieper inzicht geeft in de levensverrichtingen der plant, verdiept ook ons inzicht in het opbrengstprobleem bij de plantenveredeling. We kunnen hier echter niet blijven staan bij de kennis van de levensverrichtingen van een plant, maar wij moeten verder gaan en de levensverrichtingen van het eene ras vergelijken met die van het andere. Dit wekt misschien de indruk van groote voorbarigheid, nu wij er nog ver van af zijn de levensprocessen geheel te doorgronden. Maar het gaat niet om te wachten totdat wij in bijzonderheden weten, hoe elk der processen precies verloopt. Wij kunnen niet wachten totdat de plantenphysiologie „klaar” is met haar studie, evenmin als wij

kunnen wachten totdat de genetica klaar is met haar gen-analyse. En dat behoeft ook niet. We kunnen gebruik maken van dat, wat reeds bekend is, en beginnen met de hoofdzaken. Wij willen een nieuw ras kweken, een ras, dat meer opbrengt dan het uitgangsmateriaal en daarvoor moeten wij weten in welke functie het eene ras uitmunt en in welke het andere, of wel in welke functie het eene ras te kort schiet en in welke het andere. Het is zeer goed mogelijk, dat het eene tarweras in zijn productie beperkt is, doordat het assimilatie-apparaat in een of ander opzicht te kort schiet en dat bij een ander ras dit het geval is met het absorptie-apparaat. Wij moeten voorzoover mogelijk bij elk deel der plant de functie nagaan en door vergelijking met andere rassen uitmaken of deze functie meer of minder goed vervuld wordt. Zoo komen wij er achter in welke physiologische eigenschappen de diverse rassen uitmunten en kunnen wij trachten door kruising de beste eigenschappen met elkaar te vereenigen. Ik heb in de literatuur geen enkel voorbeeld kunnen vinden, dat zou kunnen dienen om de uiteengezette ideeën in een concreet geval nader toe te lichten.

Het eerst noodige lijkt mij na te gaan of assimilatie, absorptie transpiratie, enz. op de meest economische wijze samenwerken. Het zal niet meevallen om de zwakke plek in de „fabriek” te vinden. Misschien lukt dit langs directe weg in het geheel niet, want wij kunnen niet elk onderdeel afzonderlijk, los van de rest, beschouwen. Wel kunnen wij nagaan of bij het eene ras de absorptie per gram wortels beter is dan bij het andere, of bij het eene ras de assimilatie per dm^2 bladoppervlak grooter is dan bij het andere, of er verschillen bestaan in snelheid van af- en aanvoer van de verschillende stoffen, of voor de vastlegging van een bepaalde hoeveelheid energie verschillende hoeveelheden van diverse grondstoffen noodig zijn.

Vinden wij bij ras A een groot absorptievermogen voor water, bij B voor voedingsstoffen, bij C een sterk assimilatievermogen, bij D een groote geschiktheid voor een snel transport, enz. dan kunnen wij trachten deze gunstige eigenschappen stuk voor stuk door kruising van de betreffende rassen in een nieuw ras te vereenigen en zien of dit resultaat oplevert. Wat er met deze werkwijze te bereiken is, is bij gebrek aan experimenteel onderzoek niet te voorzien. In hoofdstuk I is uiteengezet, dat wij slechts dan dadelijk resultaat mogen verwachten, als de eigenschappen, die wij willen vereenigen niet van de samenwerking van veel genen afhangen.

Waarschijnlijk hangt b.v. het assimilatievermogen van een zeer groot aantal genen af, zoo dat niet direct resultaat afgedwongen kan worden. In dat geval moeten wij eerst verder analyseeren. De assimilatie per dm^2 bladoppervlak hangt af van de hoeveelheid chlorophyl, van de verdeling van het chlorophyl over de verschillende

cellen, waarschijnlijk ook van de verdeeling over meer of minder chloroplasten. Het kan ook zijn, dat de toevoer van koolzuur niet voldoende snel plaats vindt, dus b.v. dat het aantal huidmondjes te klein is, of de afmetingen daarvan niet groot genoeg; misschien openen de huidmondjes zich bij het eene ras reeds bij een minder sterke belichting dan bij het andere ras. Het is duidelijk, dat het aantal mogelijkheden welhaast onbeperkt lijkt. Hoe ver wij moeten gaan bij deze analyse valt af te wachten, maar juist het groote aantal mogelijkheden maakt de kans groot, dat wij met de analyse zoo ver kunnen komen, dat wij eigenschappen vaststellen, die als eenheid overerven en zich dus, theoretisch althans, naar behoeven laten combineeren (afgezien van moeilijkheden door koppeling, e.d.).

Na het uiteenzetten van deze ideeën voor de oplossing van het opbrengstprobleem in de plantenveredeling, moeten wij ons eerst afvragen of het inderdaad mogelijk is op deze wijze resultaten te verkrijgen en in de tweede plaats hoe groot dan de kans op succes is a) met het oog op de bezwaren van deze methode, b) in vergelijking met de andere tot dusverre gevolgde methodes.

§ 2. DE MOGELIJKHEID VAN HET VEREENIGEN VAN PHYSIOLOGISCHE EIGENSCHAPPEN IN EEN NIEUW RAS

In de literatuur worden in het algemeen onder physiologische eigenschappen (ook vaak biologische genoemd) verstaan winterhardheid, ziekteresistentie, droogteresistentie, vroegrijpheid en dergelijke. Dat verschillende van deze eigenschappen zich in één ras laten vereenigen is in de praktijk meermalen bewezen. Hierbij is dus geen nadere physiologische analyse noodig geweest.

Zooals boven reeds medegedeeld, is tot dusver (voor zoover mij bekend) bij de plantenveredeling nooit werk gemaakt van het combineeren van een goed assimilatievermogen met een goed absorptievermogen, enz. Slechts in relatief weinig gevallen tracht een onderzoeker physiologische verschillen tusschen de rassen vast te stellen, die betrekking hebben op de stofwisselingsprocessen van de plant.

In de meeste gevallen is dan het doel de geschiktheid te bepalen van diverse rassen voor een bepaald gebied of de invloed na te gaan van kultuurmaatregelen. Uit het feit, dat er verschillen bestaan tusschen de rassen kunnen wij besluiten, dat de betrokken eigenschappen erfelijk moeten zijn. Voorzoover deze onderzoekingen gericht zijn op het vooruitbrengen van de plantenveredeling, is het gewoonlijk het doel korrelaties vast te stellen tusschen een betrekkelijk gemakkelijk meetbare anatomische of morphologische eigenschap en de physiologische eigenschap, waaraan een veel grootere beteekenis wordt toegekend, maar die gewoonlijk zoo moeilijk meetbaar is (TSCHERMAK 1931 blz. 13). Zoo zijn er een groot aantal onderzoekin-

gen gedaan over aantal en grootte van de huidmondjes, de afmetingen van de bladeren, de celgrootte en in verband hiermede ook wel rechtstreeksche transpiratiebepalingen. Hoewel deze onderzoekingen zich dus ten deele bezighouden met hetzelfde physiologische werk, waarvan ik de groote waarde bepleit, is het noodig in het oog te houden, dat ze uitgaan van een geheel andere redeneering, in opzet dus geheel anders zijn. Korrelatieberekeningen kunnen heel nuttig zijn om achteraf het verband tusschen twee verschijnselen vast te stellen, maar hebben gewoonlijk dan ook slechts zeer beperkte geldigheid, nl. alleen voor het geval, dat onderzocht is. Om er gebruik van te maken bij de plantenveredeling moet dan gegeneraliseerd worden en hierin schuilt een groot gevaar. Wij mogen b.v. wel aannemen, dat binnen het ras, met het stijgen van het aantal huidmondjes per oppervlakte-eenheid de transpiratie groter wordt, echter niet, dat rassen met een groot aantal huidmondjes een groote transpiratie hebben. Zie blz. 20.

Er is een tijd geweest, dat men van het opsporen van korrelaties tusschen morphologische en physiologische eigenschappen groot heil verwachtte voor de plantenveredeling. HUGO DE VRIES (1906) heeft b.v. nadrukkelijk gewezen op de groote mogelijkheden, die hierin verscholen kunnen zitten. Het is echter wel gebleken, dat de verwachtingen in dit opzicht veel te hoog gesteld waren. Later is dan ook meer malen gewezen op het nuttelooze van dit zoeken naar correlatiekenmerken. Vooral HAGEDOORN 1927 (blz. 63 en 79) verzet zich hier tegen, Toch is het idee op zichzelf zoo mooi, dat het ook de laatste jaren nog weer naar voren komt, zij het ook in een eenigszins andere vorm, nl. als koppeling tusschen genen voor een kwalitatieve en kwantitatieve eigenschap. (Zie WEXELSEN 1933). De inleiding van diens artikel schetst de moeilijkheden van ons opbrengstprobleem zoo mooi, dat ik ze, vooral ook om de recentheid, aanhaal:

„For the utilisation of genetics in plant and animal breeding the inheritance of quantitative characters is a most important problem, and a problem which is as yet almost wholly unsolved. The numerous experiments carried out have had rather unconvulsive results. The general conclusion has been that several multiple factors are most often involved, but it has not been possible to give definite answers to the following questions: The exact numbers of factors involved, the quantitative effect of each factor in homozygous and heterozygous condition and the quantitative effect of the different combinations of the various factors. The unconvulsive results of the experiments on quantitative characters have put them in the background of genetic interest as an unfruitful line of research, but as they are very important both practically and theoretically, their solution cannot in the long run be neglected. For the vindication of

genetic theory in general, it is of the utmost importance that quantitative characters can be attributed, undisputable, to mendelian unit factors."

Tenslotte zijn er ook zeer sporadisch en onsamenhangend physiologische onderzoeken verricht, die ten doel hebben de oorzaken van het verschil in een bepaalde eigenschap vast te stellen, zooals uit sommige van de volgende voorbeelden kan blijken.

BRIGGS & SHANTZ (1914) hebben vastgesteld, dat er groote verschillen kunnen bestaan in wat ze noemen „waterrequirement", d.w.z. de hoeveelheid water, die een plant gemiddeld verbruikt bij het produceren van 1 gram droge stof. Deze verschillen kunnen tot 60% bedragen. In een speciaal onderzoek (1915) zijn deze onderzoekers zelfs zoo ver gegaan, dat zij aangetoond hebben, dat de F_1 van een bepaalde mais-kruising ongeveer het gemiddelde „waterrequirement" heeft van de P_1 .

KIESSLING (1915) blz. 144 zegt: „Die Fähigkeit zur Stickstoffspeicherung in den Körnern ist spezifisch für die einzelnen Gerstenlinien und als Linienmerkmal vererblich." Dergelijke erfelijke verschillen in chemische samenstelling (b.v. bakwaarde van tarwe) zijn herhaaldelijk vastgesteld.

ROEMER (1914, blz. 262) zegt: „Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass zwischen der Vererbungsweise morphologischer und biologischer Eigenschaften kein prinzipieller Unterschied besteht."

BERKNER en SCHLIMM (1932) vergelijken het waterverbruik bij een 10-tal zomergerstrassen. Zij vinden duidelijke verschillen, wat betreft het waterverbruik (uitgedrukt in % van het totaal waterverbruik) in verdeling over de geheele ontwikkelingsperiode. Verder stellen zij vast, dat bij minder vaak gieten de totaal opbrengst bij alle soorten kleiner wordt, maar bij sommige soorten houdt dit verband met een reductie van het aantal korrels per aar, bij andere soorten met het minder sterk uitstoelen. Hieruit blijkt hoe verschillend de soorten reageeren op eenzelfde wijziging in behandeling. Verder ook, dat de oorzaak van de kleinere opbrengst hier niet is het kleinere aantal korrels per aar of het kleinere aantal aren, maar dat de oorzaak in een vroeger stadium te zoeken is en hier berust op gebrek aan water (verg. blz. 13).

CHRISTIANSEN-WENIGER (1925) onderzocht de anatomische bouw van het blad van de F_2 -generatie van een kruising *Triticum vulgare* $\times$ *Tr. dicoccum* en ging de physiologische beteekenis na van de gevonden verschillen in bouw. Bij een deel der objecten werd ook het waterverbruik nagegaan. Uit zijn tabel op blz. 128 blijkt een duidelijk verschil te bestaan tusschen de ouders wat betreft transpiratie per gram drooggewicht van de wortel-massa en per oppervlakte-eenheid van het blad. Bij de F_2 treedt transgressie op. Voor ons probleem is vooral van belang, wat hij zegt op blz. 96:

„Es kann also weder aus der Grösze noch aus der Zahl der Spaltöffnungen ein sicherer Schluss auf die Grösze der Transpiration gezogen werden, sondern diese musz von einem ganzen Komplex von Faktoren abhängig sein, die bis jetzt nicht eindeutig meszbar sind.”

Tot eenzelfde conclusie komen ook MAXIMOW (1926) en PHILIPP (1932).

SCHEIBE (1927) komt bij een studie, die naast een oekologisch doel ook een uitgesproken veredelingsdoel heeft, tot de conclusie, dat uit het aantal huidmondjes, de lengte der huidmondjes, de dichtheid van het vaatbundelnet geen conclusies te trekken zijn voor de transpiratie. Wel geeft rechtstreeksche bepaling van de transpiratie per eenheid versch gewicht duidelijke verschillen.

Hieruit blijkt nog eens duidelijk het ontbreken van een stelselmatig analyseerende methode van onderzoek.

De onderzoeker moet m.i. niet uitgaan van betrekkelijk willekeurige eigenschappen (al zijn het waarschijnlijk ook belangrijke) en daaruit conclusies willen trekken voor de functie, maar uitgaan van het verschil in functie en de oorzaken daarvan trachten op te sporen. De oorzaken van een verschil in transpiratie zullen van ras tot ras verschillen.

Verder zijn er veel onderzoekingen, die b.v. voor assimilatie per dm^2 bladoppervlak, groote verschillen aantoonen tusschen plantensoorten. Tot dusver zijn, wat dit betreft, nog wel weinig rassen, variëteiten, van dezelfde plantensoort vergeleken, maar wij kunnen hierin toch een aanwijzing zien, dat het mogelijk moet zijn ook binnen de soort verschillen vast te stellen. En bestaan deze verschillen, wat na bovengenoemde voorbeelden (in aantal gemakkelijk uit te breiden) wel niet meer te betwijfelen valt, dan is niet in te zien, waarom de mogelijkheid van combinatie van dergelijke eigenschappen in een nieuw ras uitgesloten zou zijn.

§ 3. MOEILIKHEDEN BIJ HET PHYSIOLOGISCH ONDERZOEK

De bezwaren van een onderzoek naar de verschillen in levensverrichtingen als de oorzaken van grootere of kleinere opbrengst zijn vele en velerlei. Waarschijnlijk zijn het dan ook juist deze groote bezwaren, waardoor het experimenteele onderzoek in deze richting geheel verwaarloosd is.

Voor het vaststellen van assimilatie, transpiratie enz. zijn instrumenten noodig. Dit op zichzelf is al voldoende om het voor de gewone kweker onmogelijk te maken zich met deze kwesties bezig te houden. Zoolang het alleen betreft weegschaal en maatlat gaat dit nog, maar voor een diepergaand onderzoek is dit natuurlijk niet toereikend. Het gebruik van instrumenten brengt niet alleen grootere uitgaven mee, maar kost in het algemeen ook veel tijd. Ook dit laatste bezwaar is nog betrekkelijk gering, als we bij het onderzoek zouden kunnen vol-

staan met enkele waarnemingen. Eén van de grootste bezwaren aan het onderzoek verbonden, is echter de groote invloed van de uitwendige omstandigheden en de variabiliteit in verband daarmee, ook binnen hetzelfde ras. Dit is al dadelijk duidelijk als wij b.v. de grootte van de assimilatie willen vaststellen en daarbij denken aan de invloed van de belichting, het koolzuurgehalte van de lucht en de temperatuur.

Met slechts enkele waarnemingen komen wij er dus zeker niet. Wij moeten indien mogelijk, het onderzoek zoo vaak herhalen, dat wij op de resultaten de foutenberekening kunnen toepassen. In het algemeen toch is te verwachten dat de variabiliteitskrommen van twee rassen gedeeltelijk over elkaar vallen. De variabiliteit is te beperken door de proefobjecten onder constante omstandigheden te kweken (VAN DE SANDE-BAKHUYZEN, 1928). Dit brengt echter het groote bezwaar mee, dat wij daarmee te ver van de natuurlijke omstandigheden afraken en dan de verkregen resultaten weer niet kunnen beschouwen als ook geldend voor de natuurlijke omstandigheden. In het algemeen zullen wij m.i. met de analyse op het veld moeten beginnen en slechts tot laboratoriumproeven overgaan voorzoover het probleem dit noodzakelijk maakt. Jammer genoeg is dit al betrekkelijk spoedig het geval.

Een andere zeer groote moeilijkheid levert het verband, dat er bestaat tusschen de eene levensfunctie en de andere. Wij kunnen de assimilatie van een blad niet bestudeeren los van de transpiratie, de ademhaling, de heele stofwisseling van het blad. Wij hebben voortdurend te maken met het heele complex van processen. Bij al onze waarnemingen moeten wij voortdurend het verband van het bestudeerde proces met de heele plant in het oog houden.

Tenslotte wil ik nog wijzen op een zeer groote moeilijkheid, die verband houdt met het kwantitatieve karakter van het opbrengstprobleem. Het gaat hier nl. niet alleen om het waardoor, maar vooral ook om het „hoeveel”. En daarbij speelt de *functieduur* een zeer groote rol. Zoolang het enkel gaat om het verloop van het assimilatieproces is het niet noodig vast te stellen, hoe lang een blad zijn assimilatiefunctie vervult. De functieduur wordt echter een zeer belangrijke faktor als het gaat om de hoeveelheid, die een blad tijdens zijn leven assimileert. Deze tijdfaktor (hoe lang kan een worteldeel zouten absorbeeren?) is nog vrijwel in het geheel niet in studie genomen.

Het bovenstaande is waarschijnlijk voldoende om duidelijk te maken (voor zoover noodig) dat de bezwaren van een onderzoek naar de oorzaken van het verschil in opbrengst tusschen diverse rassen allesbehalve gering zijn. Als alle bezwaren eerst opgelost zouden moeten worden, voor er eenig uitzicht op succes zou zijn, dan zou ook inderdaad de aanval op het opbrengstprobleem in bovengeschetste zin op het oogenblik hopeloos zijn.

§ 4. DE KANS OP SUCCES BIJ HET KRUISEN VOLGENS VERSCHILLENDE METHODES

Bij het kweken van nieuwe rassen door kruising speelt het toeval een groote rol. Op twee tijdstippen kan de kweker doelbewust ingrijpen: 1e, bij het uitzoeken van de planten, die hij als uitgangsmateriaal voor het nieuwe ras (rassen) wil gebruiken; 2e, vanaf de F_2 bij het uitzoeken van de planten van nieuwe genotypische samenstelling. Wat daartusschen ligt, de combinatie van de genen bij de zelfbevruchting in de F_1 -plant en de in volgende generaties voorkomende heterozygoten, hangt van het toeval af. Wel bestaat de mogelijkheid met behulp van een bepaalde behandeling (warmte, kou, röntgen- en radiumbestraling) invloed uit te oefenen op de reductie-deeling, maar daarmee kan nog niet leiding gegeven worden aan het ontstaan van bepaalde (gewenschte) combinaties bij de bevruchting. Voorloopig wordt de verdeeling van de genen over de geslachtscellen daarmee op zijn hoogst slechts veranderd, in geen geval beheerscht. Dit ingrijpen beteekent tot dusver dan ook nog niet meer dan het vervangen van het eene toeval door het andere, en kan verder buiten beschouwing blijven.

Daarmee is vastgesteld, dat welke weg bij de plantenveredeling ook genomen wordt, het toeval altijd een groote rol speelt. Het doel van een wetenschappelijke plantenveredeling is zoo weinig mogelijk aan het toeval over te laten, de vorming der nieuwe rassen zooveel mogelijk te beheerschen. Voor een doelbewuste plantenveredeling komt het er dus op aan de invloed van „het toeval” zooveel mogelijk te beperken door een oordeelkundige keuze, zoowel van uitgangsmateriaal, als uit de nieuw gevormde rassen. Vooral de keuze van de te kruisen rassen is zeer belangrijk, omdat hierdoor vastgelegd wordt, welke nieuwe combinaties van genen bij het uitmenden potentieel mogelijk zijn.

De praktische kweker bestudeert daartoe de voor hem beschikbare rassen. Hij is bij die studie in hoofdzaak beperkt tot het doen van waarnemingen met het bloote oog, eventueel aangevuld met eenvoudige metingen en wegingen. Ongetwijfeld kunnen deze waarnemingen, vooral ook die tijdens de groei, hem belangrijke bijzonderheden leeren kennen van zijn rassen. Deze waarnemingen blijven echter beperkt tot het uiterlijk van de planten. Vele van de belangrijkste eigenschappen, die de opbrengst bepalen, ontsnappen aan zijn waarneming. Bovendien is de beoordeeling van wel waarneembare eigenschappen gewoonlijk vrij vaag: goed, slecht, best, of wel een schatting, neergelegd in enkele cijfers. Het laat dan ook geen twijfel, dat bij de keuze het toeval nog een zeer groote rol speelt. Dit blijkt misschien nog het best uit de raad, die BAUR aan de kwekers geeft in zijn „Konsequenzen der Vererbungslehre für die Pflanzenzüchtung” (1932, blz. 14):

„Gerade wegen dieser Möglichkeit (transgressie als gevolg van polymerie) und dasz in irgendeiner Rasse kryptomer irgendein Erbfaktor stecken kann, der in Verbindung mit Erbfaktoren einer anderen Rasse einen wesentlichen Fortschritt in der Zuchtrichtung mit sich bringt, tut man gut, nicht blosz Rassen zu kreuzen, wo man ohne weiteres in F_2 eine bessere Eigenschaftskombination erwarten kann, sondern vielmehr gewissermassen auch „ins Blaue“ hinein zu kreuzen und dann zu sehen, was alles in F_2 herausspaltet.“

Natuurlijk is de mogelijkheid op succes op deze wijze niet uitgesloten. Misschien zijn de grootste vorderingen zelfs wel op deze manier, dus door louter geluk, verkregen. In hoofdstuk I is echter uiteengezet, dat we zoo op de duur vastloopen.

De kweeker zal dus op grond van zijn waarnemingen moeten beoordeelen, welke rassen hij zal kruisen. Gewoonlijk wordt aangenomen, dat hem daarbij een ideaal beeld van zijn object voor oogen staat en dat hij dit door zijn kruisingen tracht te verwezenlijken (BAUR 1924, blz. 70, TSCHERMAK 1931, blz. 7, HAYES and GARBER 1921, blz. 116, BAILEY & GILBERT 1922, blz. 297–299). Voor zoover dat ideaal dient als vast doel om bij de kruisingen niet van de hak op de tak te springen, is het zeer nuttig. Overigens hangt de waarde van dit beeld geheel af van kennis en inzicht van de kweeker. Dat daarbij ook nog een zeker „kweekersgevoel“ een belangrijke rol speelt, betwijfel ik. (LEIDNER, blz. 368, TSCHERMAK, blz. 7, blz. 9). Ik geloof, dat dit „kweekersgevoel“ niets anders is dan „geluk“. Mijns inziens is het niet zoo, dat een goed kweeker vele goede rassen kweekt, maar dat de kweeker, die vele goede rassen kweekt, een goed kweeker is. Ik zou het als een groote stap vooruit beschouwen, als er niet meer op dat „kweekersgevoel“ gespeculeerd werd, maar het inzicht veld won, dat (afgezien van het toeval, dat bij het uitmenden zoo'n groote rol speelt) alleen door voortgezette studie en arbeid vooruitgang te bereiken is. Misschien dat daardoor iets van de bekoring van het kweekersbedrijf zou wegvallen, maar daartegenover zal het velen de desillusie besparen geen „goed kweeker“ te zijn geweest. Ik zie voor de plantenveredeling door kruising (speciaal ons opbrengstprobleem) twee hoofdrichtingen. De eerste is het kweeken van nieuwe rassen op goed geluk. Het resultaat hangt dan vooral af van het aantal kruisingen, dat uitgevoerd wordt, maar loopt op de duur vast. De tweede is het kweeken van nieuwe rassen na voorafgaande studie van het reeds bestaande materiaal. Wie deze laatste richting kiest, mag echter niet blijven staan bij de studie van het uiterlijk der planten, maar moet ook de meer verborgen eigenschappen, speciaal ook de physiologische, bestudeeren. Dit laatste eischt echter zeer veel werk, waaraan nog vrijwel niets is gedaan. Een praktisch resultaat, verkregen op grond van een analyseerend onderzoek naar de oorzaken van het verschil in produktie, is dan ook

de eerste jaren niet te verwachten. Voorloopig zal dus het kweken op de tot dusver gevolgde wijze geheel op geluk af of, wat meestal voorkomt, het kweken op „vorm” zeker meer resultaat opleveren dan het kweken op „functie”. Ook om deze reden kan er dus geen sprake van zijn deze laatste methode aan particuliere kweekers aan te bevelen. Hier gelden nog steeds de woorden van DAVENPORT, (1907, blz. 2): „In practical breeding operations substantial results must follow at once and exhibit a high degree of success within the period of a lifetime or they will be discarded as valueless” en op blz. 3: „... for breeding is a business and must be made to pay.”

Voor een staatsinstelling (als „bijzaak” ook voor groote ondernemingen) is dit echter geheel iets anders. „Die staatlichen Stellen wollen auch betontermassen weniger züchten als forschen, d. h. wissenschaftliche Grundlagen für planmässige Züchtung schaffen” (BOHNE, 1931).

Voor het opbrengstprobleem lijkt het mij wenschelijk van het in studie te nemen gewas bij een tiental uiteenlopende typen, die wat opbrengst betreft bovenaan staan, te onderzoeken in hoeverre ze in de belangrijkste functies (assimilatie, absorptie, transpiratie, transport, ademhaling) verschillen. Dat deze studie analytisch en systematisch moet zijn, niet uitgaande van een bepaalde eigenschap maar van de geheele plant, is boven reeds gezegd.

Zoo wordt dan een bepaalde kern van rassen gevormd, waarover wij zoo volledig mogelijk ingelicht zijn. De praktische kweeker kan dan van dit materiaal uitzoeken het ras (de rassen) met de meest geschikte combinatie van eigenschappen voor het kruisen onderling of wel met een door hem zelf geselecteerd ras. In het laatste geval heeft hij in elk geval één van de ouders, waarover hij zoo goed mogelijk ingelicht is, ook wat de meer verborgen physiologische eigenschappen betreft. Natuurlijk zal langzamerhand het aantal goed bestudeerde rassen uitgebreid moeten worden. Hiervoor komen vooral „vreemde” rassen of zuivere lijnen uit landrassen in aanmerking, ook al blijven deze in opbrengst ver achter bij de reeds gekweekte. Het is immers zeer waarschijnlijk, dat in deze inproductieve rassen nog zeer belangrijke eigenschappen verborgen zitten, die alleen niet tot hun recht komen, omdat ze voorkomen in combinatie met zeer ongewenschte eigenschappen.

In de laatste jaren wordt bij kruisingen zelfs vrij veel gebruik gemaakt van uit den vreemde gehaalde rassen. (BAUR, 1932, blz. 12.) Zoo lang aan dit kruisen echter geen studie van het materiaal vooraf gaat, is het niet meer dan het speculeeren op het geluk, dat de enkele goede eigenschappen, die in het onveredelde ras misschien voorkomen, inderdaad een aanvulling kunnen zijn van de vele goede eigenschappen, die het veredelde ras reeds bezit. Voor het kweken van rassen, die resistent zijn tegen bepaalde ziekten, is meermalen met succes van zulk

een ras gebruik gemaakt. In het algemeen levert een dergelijke kruising niets beters op (BIFFEN & ENGLEADOW, blz. 43), maar dat zegt niet, dat toch in zulk een ras niet een zeer gewenschte eigenschap voorkomt.

Waarschijnlijk zal de groote hoeveelheid werk, die dit onderzoek eischt, meevallen, als wij maar eerst zoover zijn, dat wij eenig inzicht krijgen in het verband tusschen de verschillende eigenschappen, die de hoofdrol spelen bij de bepaling van de opbrengst. Het spreekt vanzelf, dat bij de eerste schreden in deze nieuwe richting nog allerlei moeilijkheden overwonnen moeten worden, vooral ook op methodisch gebied, die zich later niet meer of in mindere mate zullen voordoen. Van het vinden van geschikte methodes hangt het ook voornamelijk af of bij het door kruising gevormde materiaal een selectie op physiologische eigenschappen mogelijk zal zijn.

§ 5. VERWANTE IDEEËN IN DE LITERATUUR

In de handboeken over plantenveredeling van RÜMKER 1909, COULTER 1920, HOLDEFLEISZ 1920, HAYES en GARBER 1921, BAILEY en GILBERT 1922, JONES 1925, BABCOCK en CLAUSEN 1927, BOEUF 1927, LATHOUWERS 1929, FRUWIRTH 1930 (algemeen gedeelte), TSCHERMAK 1931, BAUR 1924 en 1932 heb ik op de meest daarvoor in aanmerking komende plaatsen gezocht naar een uiteenzetting van de beteekenis van verschillen in eigenschappen betreffende assimilatie, transpiratie, absorptie, ademhaling, vervoer van anorganische en organische stoffen, voor de opbrengst van onze landbouwgewassen. Ik heb niets gevonden.

In het werk van REITEMEIER 1904, wordt op blz. 154 verwezen naar de „Beiträge zur Physiologie landwirtschaftlicher Kulturpflanzen” van H. DE VRIES en gezegd: „Es sollen die einzelnen Samen nebst den sich aus ihnen entwickelnden Pflanzen auf ihren inneren Bau untersucht, die Aufnahme und Wanderung der Nährstoffe erforscht werden, um wichtige physiologische Fragen zur Entscheidung zu bringen.”

Klaarblijkelijk heeft deze opmerking betrekking op de inleiding, die DE VRIES (Opera, III p. 30) aan een reeks physiologische onderzoeken aan kultuurplanten laat voorafgaan. Deze zeer waardevolle onderzoeken zijn echter in 't algemeen uitgevoerd aan slechts één ras van elk gewas en zeggen dus niets over de oorzaken van het verschil in opbrengst tusschen de rassen.

DAVENPORTS „Principles of breeding” 1907 is meer zoölogisch dan botanisch, en waarschijnlijk hierdoor ziet hij het zwaartepunt meer liggen in de functie, dan in de vorm, zooals b.v. blijkt op blz. 75: „and inasmuch as many animals and not a few plants are kept not for their appearance but for what they can do, any deviations in their performance ability are of prime importance to the breeder, who is bent

upon their increased efficiency and their permanent improvement for the service of man." In het heele hoofdstuk over Plant Breeding komt echter niets voor van fundamenteele physiologische eigenschappen.

In alle bovengenoemde werken komt natuurlijk wel de opbrengst ter sprake. Vaak wordt in verband daarmee gesproken over korrelatie-kenmerken. Naar oorzaken van een verschil in opbrengst wordt niet gezocht, of wel deze worden gezocht in aarlengte, aardichtheid, korrelgewicht e.d. De onjuistheid hiervan werd op blz. 13 uiteengezet. Heel vaak wordt dan gesproken over kwantitatieve eigenschappen en de ingewikkelde erfelijkheid hiervan, zoodat in het algemeen een genetische analyse niet mogelijk is en volstaan moet worden met ze toe te schrijven aan polymerie. Het lijkt mij waarschijnlijk, dat een bestudeering van de erfelijkheid van physiologische eigenschappen in veel gevallen licht zou brengen.

Uit de inhoud van vele publicaties, vooral van de laatste jaren, blijkt wel, dat langzamerhand de bestudeering van de physiologische processen meer naar voren komt. Ik volsta met daarvoor te verwijzen naar de voorbeelden op blz. 19 e.v. In het bijzonder verwijs ik dan nog naar BIFFEN and ENGLEADOW, blz. 56 en naar RIEDE (blz. 58 e.v.). Op de aangehaalde blz. vinden we theoretische uiteenzettingen, die in wezen met de hoofdzaken van de beschouwingen in dit artikel overeen komen.

Tenslotte noem ik hier nog een paar geheel op zichzelf staande onderzoekingsmethoden, die als methode zuiver physiologisch zijn, maar waarvan m.i. weinig resultaat te verwachten is, omdat zij van geheel onbewezen veronderstellingen uitgaan, nl. dat belangrijke physiologische eigenschappen van de plant reeds beoordeeld kunnen worden aan een enkele eigenschap van het zaad.

BUCHINGER c.s. (het zijn vnl. onderzoekers uit de school van ZEDERBAUER) bepalen de zuigkracht van zaden van verschillende rassen, door ze in verschillend sterke suikeroplossingen te laten kiemen en meenen hierin een maatstaf te vinden, zoowel voor opbrengst als voor vroegrijpheid.

DIX (zie b.v. het werk van zijn leerling DRENGENBERG) (1933) bepaalt op overigens ook nog zeer aanvechtbare wijze de ademhaling van zaden van verschillende rassen en veronderstelt dan, dat de zaden met de sterkste ademhaling planten zullen leveren, gekenmerkt door sterke stofwisselingsprocessen en als gevolg hiervan een groote opbrengst.

§ 6. SAMENVATTING VAN HOOFDSTUK II

Wij merken op, dat van onze tarwerassen het eene ras meer opbrengt dan het andere. Willen wij nu een nieuw ras kweken, dat nog meer opbrengt, dan moeten wij trachten uit te maken, waardoor het komt, dat het eene ras meer opbrengt dan het andere, m.a.w. wij

moeten trachten de oorzaken op te sporen van het verschil in opbrengst. Nu is de plant een levend organisme en de zaadproductie bij voldoende bestuiving hangt af van de levensprocessen, die zich in de plant afspelen. Het verloop van de verschillende stofwisselingsprocessen is dus van het hoogste belang, van veel meer belang, dan de uitwendige vorm van de plant, waar tot dusver in hoofdzaak op gelet is. Tegenover een kweken op „vorm” kunnen wij stellen een kweken op „functie”. Wij kunnen de functie tot basis voor de veredeling maken, door b.v. te letten op assimilatie, transpiratie, absorptie. Deze functies worden uitgeoefend door bepaalde organen. Wij moeten dus nagaan of er bij de diverse rassen verschillen bestaan in de prestaties van deze organen. De grotere of kleinere geschiktheid van een orgaan voor zijn functies is het best te beoordeelen, wanneer wij een bepaalde eenheid als vergelijkingsbasis nemen. Zoo kunnen wij b.v. het assimilatievermogen van een blad beoordeelen door de assimilatie te bepalen per oppervlakte-eenheid. Hebben wij zoo bij eenige rassen het assimilatievermogen, het absorptievermogen, de geschiktheid voor af- en aanvoer van anorganische en organische stoffen vastgesteld, dan kunnen wij trachten door kruising een groot assimilatievermogen te vereenigen met een groot absorptievermogen, enz. In hoeverre dit lukken zal, valt van te voren niet te zeggen. Lukt het niet, omdat deze eigenschappen nog op een te ingewikkelde wijze overerven (beheerscht worden door een te groot aantal genen), dan moeten wij eerst verder analyseeren en dus b.v. onderzoeken, waardoor het komt, dat bij het eene ras per dm^2 bladoppervlak meer geassimileerd wordt, dan bij het andere ras. Hoe ver wij met de analyse moeten gaan zal de toekomst moeten leeren. Dat wij in het physiologisch experiment de mogelijkheid hebben om de analyse ver voort te zetten, is zeker. Het essentieele is, dat wij analyseerend werken, dat wij daarbij een vast doel voor oogen hebben en dat wij de werkelijke oorzaken van het verschil in opbrengst (niet aarlenge, aardichtheid, korrelgewicht enz. want dit zijn eindtoestanden en geen oorzaken) opsporen. De waarde van het letten op eigenschappen als korrelgewicht e.d. wordt allerm minst ontkend. Zelfs het kruisen op goed geluk heeft waarde. Logischer echter is het, eerst de oorzaken van het verschil in opbrengst op te sporen en dan te trachten de goede eigenschappen zooveel mogelijk in een nieuw ras te vereenigen. Aan de synthese moet de analyse voorafgaan.

Een tweede essentieel punt, waarop in de meeste handboeken ook gewezen wordt, is het rekening houden met zooveel mogelijk alle eigenschappen van het organisme. De plant is een geheel. Bij het kruisen brengen wij niet alleen de goede eigenschappen, waar het ons om te doen is, in het spel, maar evenzeer minder goede. Bij het kiezen van het uitgangsmateriaal voor een kruising moet er op gelet worden, dat de eigenschappen van de twee rassen elkaar zooveel mogelijk aanvullen.

HOOFDSTUK III

OBJECTEN — WERKWIJZE — MATERIAAL

Om het verslag van het experimenteele werk (hoofdstukken IV en V) niet telkens met een meer of minder uitvoerige beschrijving van proefopstelling e.d. te moeten onderbreken, is in dit hoofdstuk alles samengevat, wat op objecten, werkwijze en materiaal betrekking heeft. Ook zonder dit hoofdstuk te lezen zijn de resultaten van de proeven te begrijpen. Eventueel kan voor nadere inlichting dan teruggегeppen worden naar dit hoofdstuk.

§ 1. DE OBJECTEN

Als proefplanten zijn gebruikt de volgende rassen:

MNK (= „Corona”) is gebruikt als afkorting voor Mansholts Nieuwe Kruising 1915. Later heeft de kweeker (Dr R. J. MANSHOLT) aan dit ras de naam Corona gegeven. Opbrengst goed, hoogte ongeveer 75 cm. Erwt groen. Korrelgewicht bij oogst 1933: 29 mgr.

V38 is een selectie uit een kruising, gemaakt aan het Instituut voor Plantenveredeling. Het ras vertoont een sterke groei, maar de zaadvorming is gering, zoodat het een groote stroo-oogst geeft, maar een lage zaadoogst. Hoogte ongeveer 75 cm. Erwt grauw, korrelgewicht bij oogst 1933: 32 mgr.

Fr. is een ras van VILMORIN. De volledige naam is: Pois nain très hatif d'Annonay. Zooals de naam reeds zegt, is het ras zeer vroeg rijp. Verder is het een vrij teer ras, maar met een goede zaad-opbrengst. Hoogte ongeveer 60 cm. Erwt geel. Korrelgewicht bij oogst 1933: 21 mgr.

Per. is een ras van RABBETH-GIESECKE-PLUG, Berlijn. Het is een voedererwt, die dus niet gekweekt wordt om het kleine en onooglijke zaad, waarvan het bovendien ook nog weinig voortbrengt, maar om het stroo. Sterk bebladerde stengel. Hoogte ongeveer 200 cm. Erwt groen. Korrelgewicht bij oogst 1933: 13 mgr.

GZV8 is een selectie van het Instituut voor Plantenveredeling uit het landras Groninger blauwe langstroo capucijner. De opbrengst is behoorlijk, de hoogte ongeveer 200 cm. Erwt grauw. Korrelgewicht bij oogst 1933: 32 mgr.

U is gebruikt als afkorting voor Unica, een ras gekweekt door P. J. HYLKEMA. Vroeg rijp, goede zaadopbrengst. Hoogte ongeveer 60 cm. Erwt groen. Korrelgewicht bij oogst 1933: 23 mgr.

G.Vict. is de afkorting van Gele Victoria, waarschijnlijk gekweekt door STRUBE (Schlanstedt). Goede opbrengst, vroeg rijp. Hoogte ongeveer 150 cm. Erwt geel. Korrelgewicht bij oogst 1933: 37 mgr.

§ 2. BEHANDELING EN ONTKIEMING VAN HET ZAAD

Telkens is uitgegaan van uitgezocht gelijkmatig zaad. Hiervan is dan minstens $2 \times$ zooveel te kiemen gelegd, als voor de proef noodig is. Dit te kiemen leggen gebeurt in kistjes met uitgewasschen rivierzand. Het poten van de kiemplantjes geschiedt 5-8 dagen na het te kiemen leggen. Voorzoover tabellen en figuren de ouderdom opgeven, is deze gerekend vanaf het poten. De kiemplantjes laten zich gemakkelijk onder de waterleiding uit het zand spoelen. Voor het poten vindt nog eens een selectie plaats op gelijkheid van het uitgangsmateriaal. Van dit uitgangsmateriaal worden 2×20 plantjes van elk object gebruikt voor bepaling van stengelgewicht, wortelgewicht (soms ook zaadgewicht) en zoonoodig de hoeveelheid aschbestanddeelen. Deze gegevens zijn in rekening gebracht bij de bepaling van de toename in droge stof, opname van aschbestanddeelen en water.

§ 3. POTTEN, GROND EN HET VULLEN DER POTTEN

Potten. Bij de zomer- en de herfstproeven (proef 1 tot 6) zijn zgn. Mitscherlich potten gebruikt. Dit zijn geëmailleerde potten van 20 cm hoogte en 20 cm Ø. In de eenigszins bolvormige bodem bevindt zich een gleuf voor afvoer van eventueel te veel gegeven water. Alleen bij proef 1 is deze opening dichtgestopt. Als tijdens de proef water toegediend wordt in porties van 100 cc., komt het maar hoogst zelden voor (als de totale hoeveelheid groot is) dat een pot iets doorlekt.

Bij de herfstproeven (proef 4-6) is voor de planten, die 3, 5, 7, 9, 11 dagen na het poten reeds weer geoogst zijn, gebruik gemaakt van vierkante glazen potjes ($6 \times 6 \times 10$ cm).

Voor proeven waarbij het waterverbruik niet van belang is, worden gewone bloempotten (diverse afmetingen) gebruikt. Deze worden dan tot de rand in de aarde ingegraven.

Grond. Bij alle grondkultures is dezelfde soort zandgrond gebruikt, bestaande uit de bouwvoor van een reeds jaren in kultuur zijnde akker. Echter is de grond niet alle jaren van dezelfde akker gehaald. De luchtdroge grond wordt eenige keeren gezeefd (tenslotte op zeef van 3 mm) en daarna nog minstens $2 \times$ systematisch gemengd. Van deze grond wordt de watercapaciteit bepaald en de rijkdom aan kalk, kali en fosfor. De bemesting per pot is gewoonlijk gegeven volgens ingewonnen advies van Prof. Ir J. HUDIG. Voorzoover mogelijk is de meststof in opgeloste toestand toegediend, telkens tijdens het mengen van de grond met water tot ongeveer 50% van de watercapaciteit. Hierdoor wordt een geschikte bodem verkregen voor de ontwikkeling van de kiemplantjes. Pas later wordt de vochtigheid van de grond op de gewenschte hoogte gebracht. De niet op te lossen meststof (b.v.

kalk) wordt eerst met een kleine hoeveelheid van de grond fijn gewreven en later met de rest van de grond vermengd, nog vóórdat de menging met water plaats vindt. Bij het vullen der Mitscherlich potten vindt deze menging met meststoffen en water pot voor pot plaats. De potten worden eerst voorzien van een laagje grint en wel zooveel (plm. 1 kg), dat ze alle even zwaar wegen. Daarna wordt de pot met 5 kg gemengde grond gevuld en geënt met een kluitje grond van een erwtenveld van het vorige jaar.

§ 4. HET POTEN DER KIEMPLANTJES EN DE VERZORGING DER PLANTEN

Poten. Na het poten der kiemplantjes wordt een stuk binnenband van een fiets om het plantje in de grond gedrukt. In een kring rondom de plant worden 3 geverfde en met grintsteentjes gevulde bloempotten met het wijde eind iets in de grond gedrukt. Door de opening in de bodem van de bloempot, die dus nu de bovenkant is, wordt later het benodigde water gegeven. Het grint binnen de bloempot dient daarbij voor het verkrijgen van een behoorlijke verdeling van het water over de heele pot en om dichtslibben van de grond te voorkomen.

De ruimte tusschen de bloempotjes en de fietsband wordt met een laagje glaszand of (bij latere proeven) geel heidezand afgedekt. Hierop wordt een laag gesmolten paraffine gegoten met een hoog smeltpunt (58° - 60° C.). Dit laatste is noodig, omdat paraffine met een smeltpunt van 40° - 45° C. bij groote hitte in de zomer ten deele zoo zacht wordt, dat ze naar beneden zakt.

De rechtstreeksche verdamping van water uit de bodem is op deze manier zeer beperkt, terwijl toch de ventilatie (tusschen de stengel en de fietsband, via de opening in de bloempotjes en via de gleuf in de bodem van de Mitscherlich pot) voldoende is, om wat dit betreft een goede wortelontwikkeling te waarborgen. Bovendien is bij elke proef gezorgd voor een aantal contrôlepotten, die geheel behandeld worden als de rest, maar waarbij de plant ontbreekt. Hiermee wordt de rechtstreeksche verdamping bepaald, dus het waterverbruik, dat niet ontstaat als gevolg van de transpiratie van de plant.

Behandeling tijdens de groei. Bij de zomer- en herfstproeven (proef 1-6) staan de potten op lorries. Deze staan overdag zooveel mogelijk buiten en worden alleen naar binnen (onder glas) gereden om de potten te wegen of als het regent. Het wegen en watergeven geschiedt dagelijks. Door het wegen wordt vastgesteld hoeveel tientallen cc water toegevoegd moeten worden om weer boven het „normaalgewicht” van de pot te komen. Het water wordt gegeven met een automatische pipet, zoolang het waterverbruik minder dan 50 cc bedraagt. Bedraagt het meer, dan wordt de hoeveelheid afgemeten door het vullen van op de maatstreep afgeslepen maatkolfjes van 50 en 100 cc

en de rest met de pipet. Bij het wegen worden de potten dagelijks verzet, zoodat ze afwisselend aan de oost- en aan de west-zijde op de lorrie staan. De planten van hetzelfde ras staan bij elkaar op dezelfde lorrie. Voorzoover noodig wordt aan de planten gelegenheid gegeven om te klimmen door een raamwerk van ijzerdraad (100 cm, bij de hoogste erwten 150 cm) om de pot te zetten.

§ 5. HET OOGSTEN. BEPALING VAN HET VERSCHGEWICHT,
HET DROOGGEWICHT EN HET GEWICHT VAN DE ASCH

Het oogsten der planten. De te oogsten potten worden op 1 gram nauwkeurig gewogen. Daarna wordt de stengel afgeknipt op het niveau van de bodem. Stengel met bladeren, eventueel bloemen en vruchten, worden voorzoover noodig droog schoongemaakt en dan meteen gewogen voor de bepaling van het verschgewicht, tot in centigrammen nauwkeurig. Voor het drogen in de thermostaat bij 105° C worden stengels, bladeren en vruchten stuk geknipt. Onder-tusschen zijn de wortels uitgespoeld en wordt de rest van de stengel, die nog aan de wortel is blijven zitten (als grens stengel-wortel wordt genomen de aanhechtingsplaats van de cotylen) bij de stengel gevoegd.

Het losspoelen van de wortels uit de grond geschiedt op een lange zwak hellende plank met opstaande randen. Met een slang aan de waterleiding wordt voorzichtig de grond weggespoeld, zoodat het wortelstelsel nog vrijwel geheel intact achterblijft. Om eventueel toch losgeraakte deelen van het wortelstelsel niet met het zand weg te spoelen, bevindt zich onder de plank nog een zeef. Het verder schoonmaken van het wortelstelsel vindt in het laboratorium plaats. Ook van de wortels wordt het verschgewicht bepaald. Om een fout door het aanhangen van water zoo goed mogelijk te voorkomen, worden de wortels vooraf tusschen filtreerpapier met de hand gedrukt. Het bepalen van het drooggewicht der wortels vindt op dezelfde wijze plaats als bij de stengeldeelen. Het verasschen van stengel en wortel geschiedt in een elektrische moffeloven bij plm. 700° C.

§ 6. NADERE BESCHRIJVING VAN DE PROEVEN 1-6

Proef 1. Zomer 1929. Objecten V38 en Fr. Te kiemen gelegd 3 Mei, gepoot 8 Mei. Met wegen begonnen op 21 Mei. 200 potten, 1 plant per pot. Watercapaciteit van de grond 25,2%. Watervoorziening zoo geregeld, dat er bij beide objecten 4 groepen elk van 24 potten waren met de grond voor resp. 90, 70, 50 en 30% met water verzadigd. Bemesting per pot: in oplossing 1,5 g K_2SO_4 en 1 g KCl, in vaste vorm 3 g slakkenmeel en 2 g $CaCO_3$. Bij 9 potten moest nog eens opnieuw gepoot worden. Verder vielen in de zomer 15 potten uit, doordat

voor het afdekken paraffine met smeltpunt 40-45° C gebruikt was. Bij deze proef werd nog geen gebruik gemaakt van fietsband, zoodat de paraffine tot aan de plant kwam. In plaats van omgekeerde bloempotjes deden hier 3 glazen buizen dienst voor het geven van water. Bovendien was er nog een vierde glazen buis in de grond geplaatst, die gebruikt werd om de grond te ventileeren in verband met het dichtstoppen van de gleuf in de bodem der pot. Om de andere dag werd met behulp van een aspirator plm. 2 liter verse lucht in de pot gezogen. Het wegen geschiedde om de andere dag. Resultaten zie tabel 1.

Proef 2. Zomer 1930. Objecten V38 en Gele Vict. Watercapaciteit van de grond 25%. Bemesting per pot 3 g CaCO_3 . In totaal 200 potten. Per pot 1 plant. Erwten rechtstreeks in de potten gepoot op 12 April. Van 29 April-2 Mei fietsband en bloempotjes geplaatst, potten ingesmolten en zooveel water gegeven, dat er bij beide objecten 4 groepen waren, elk van 24 potten, met de grond voor resp. 84, 67, 50 en 33% met water verzadigd. Vanaf 3 Mei geregeld elke dag gewogen en water gegeven. Resultaten zie tabel 2.

Proef 3. Zomer 1931. Objecten MNK, V38, Fr, GZV8, Per, G. Vict., Unica. 320 potten. Per pot 1 plant. Bemesting per pot 0,25 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 0,025$ g CuSO_4 . Watercapaciteit van de grond 32%. Per object 2 groepen, wat de watervoorziening betreft. De droge groep gehouden op 46%, de natte groep op 68% van de watercapaciteit. Door het ongelijkmatig opkomen van de kiemplantjes waren deze niet te gebruiken en werden plantjes genomen van buiten uit de open grond. Hiervan was overvloedig en zeer mooi materiaal beschikbaar van vlak bij elkaar liggende proefveldjes, die alle 9 April gezaaid waren. Alleen de V38 ontbrak in deze serie en moest genomen worden van een ander veld, dat bovendien eerder, nl. op 26 Maart was gezaaid. Van deze soort was het wortelstelsel bij het poten op 21 April reeds zoover ontwikkeld, dat de hoofdwortel niet onbeschadigd uit de bodem te krijgen was. Bij de vergelijking der objecten, wat de resultaten betreft, moet hiermee natuurlijk rekening gehouden worden. Resultaten zie tabel 3 en 4.

Proef 4. Herfst 1930. Objecten Fr en V38. Watercapaciteit van de grond 27%. Het watergeven zoo geregeld, dat de grond voor 50% verzadigd was. 2 soorten potten, 300 kleine ($6 \times 6 \times 10$ cm) en 300 groote (Mitscherlichpotten). De kleine potjes elke dag water gegeven op 1 g nauwkeurig. In de kleine glazen potjes groeiden per pot 4 kiemplantjes. Resp. 3, 5, 7, 9 en 11 dagen na het poten werden telkens van elk object 30 potjes geoogst. Van de groote potten werden telkens 10 stuks van elk object geoogst, 17, 19, 21, 23 en 25 dagen na het poten. In deze potten groeiden 10 planten per pot. In de potten,

TABEL I
GEGEVENS VAN PROEF I

	1929	I		II		III		IV		V				VI		VII		VIII	
		Stengel droog		Wortel droog		Wortel-waarde		gr totaal opgen. water		z. asch in wortel		z. asch in stengel		totaal opgen. z. asch		mg asch p. g wortel		mg asch p. g water	
		Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38
90%	3 Juni	0,74	1,06	0,38	0,46	1,95	2,28	344	366	85	92	104	138	181	213	898	776	476	445
	17 "	3,39	5,08	0,90	2,16	3,81	2,38	1122	1659	187	382	374	597	552	962	1269	766	618	449
	1 Juli	6,33	5,71	1,27	1,89	5,04	2,73	2434	2241	222	265	559	666	773	914	1944	1196	615	466
	15 "	8,98	13,60	0,89	3,19	10,20	4,28	3418	5173	124	430	656	1185	772	1598	3894	1645	873	504
	24 "	11,23						4176				910							
70%	29 "		21,87		3,82		5,75		8718		502		1836		2321		2304		613
	5 Juni	0,67	1,60	0,38	0,84	1,77	1,78	302	526	65	141	73	197	130	321	786	624	338	380
	19 "	3,58	4,19	1,17	1,66	3,23	2,52	1305	1794	188	253	371	482	551	718	1119	1085	475	432
	3 Juli	6,78	8,58	0,83	1,85	8,22	4,70	2020	2960	121	170	467	817	580	970	2448	1681	699	525
	17 "	9,94	18,01	0,86	4,11	12,66	4,39	3400	5941	115	526	637	1313	744	1817	4159	1453	917	446
50%	22 "	13,37						4441				873							
	31 "		22,33		3,40		6,58		7492		408		1752		2143		2215		633
	10 Juni	1,50	2,51	0,52	1,14	2,88	2,21	498	744	75	193	146	307	213	483	959	655	391	426
	24 "	5,08	7,22	1,03	2,60	4,94	2,79	1190	1751	172	427	397	785	568	1195	1161	673	551	460
	8 Juli	10,56	12,20	1,09	2,80	9,90	4,05	2420	3045	123	315	650	1144	765	1442	2263	1103	716	519
30%	22 "	12,59	18,75		3,47	5,46	5,23	3288	4903		334	780	1416		1734		1423		505
	5 Aug.		20,43		3,96				6483		438		1573		1994		1661		510
	12 Juni	0,61	1,23	0,36	0,87	2,33	1,41	244	328	63	133	62	126	117	241	679	375	325	277
	26 "	1,60	2,21	0,35	1,10	4,51	2,02	368	615	52	158	105	199	148	340	1047	564	421	308
	10 Juli	3,23	4,62	0,40	1,47	8,00	3,16	813	1066	52	216	179	328	224	525	1990	731	555	361
	19 "	3,10						752				181						0,28	0,50
	24 "		6,30		1,62	3,89			1681		198		452		633		1038		391
	7 Aug.		7,04		1,82	3,87			2098		232		536		751		1155		414

TABEL 2
GEGEVENS VAN PROEF 2

	1930	I		II		III		IV		V				VI		VII		VIII	
		Stengel droog		wortel droog		wortelwaarde		g totaal opgen. water		asch in wortel in g		asch in stengel in g		g water p. g wortel		mg asch p. g wortel		mg asch p. g water	
		G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38	G. Vic.	V38
90%	16 Mei	0,855	0,905	0,440	0,463	1,94	1,94	76	132	0,087	0,077	0,116	0,110	0,203	0,187	168	274	460	397
	28 "	3,80	3,31	1,217	1,695	3,13	1,97	744	912	0,215	0,262	4,820	0,442	0,697	0,704	613	539	574	416
	12 Juni	12,47	14,22	2,065	3,55	6,12	4,01	3730	5141	0,215	0,386	1,024	1,206	1,239	1,591	1835	1451	636	450
	26 "	27,76		2,883		9,72		9125		0,236		1,869		2,105		3200		737	
	1 Juli	33,08	36,52	2,95	6,01	11,80	6,12	9843	12578	0,435	0,291	2,058	2,230	2,336	2,664	3572	2105	890	446
	10 "	34,11	46,43	1,69	6,92	20,31	6,76	10568	16197	0,126	0,558	2,124	2,794	2,250	3,352	6414	2359	1362	488
	14 "	53,13		6,65		8,00		16845		0,389		2,871		3,260			2535	491	
70%	17 "	47,54		5,80		8,21		16530		0,373		2,866		3,239			2855	559	
	16 Mei	0,607	0,848	0,281	0,435	2,18	1,96	57	121	0,050	0,057	0,084	0,101	0,133	0,159	214	273	474	365
	27 "	2,95	2,78	1,094	1,465	2,71	1,90	550	748	0,183	0,232	0,361	0,360	0,544	0,592	501	511	497	404
	11 Juni	9,13	12,83	1,507	3,84	6,07	3,33	2605	4457	0,150	0,369	0,741	1,020	0,891	1,388	1712	1166	595	362
	26 "	26,74	32,90	3,010	6,70	9,19	4,95	6825	9385	0,294	0,640	1,479	1,725	1,773	2,365	2364	1404	608	354
	7 Juli	29,80	37,49	1,86	6,50	16,84	5,80	8423	12473	0,109	0,594	1,779	2,139	1,888	2,733	4807	1925	1078	422
	17 "	41,16		5,87		7,07		14253		0,412		2,526		2,938			2453	502	
50%	16 Mei	0,911	0,848	0,401	0,444	2,01	1,82	85	129	0,073	0,074	0,099	0,097	0,172	0,170	211	279	427	377
	23 "	1,868	2,068	0,757	1,055	2,52	1,96	331	469	0,122	0,201	0,233	0,259	0,354	0,461	440	445	474	437
	5 Juni	5,80	5,95	1,238	2,178	4,69	2,74	1310	1673	0,158	0,322	0,524	0,571	0,681	0,893	1057	770	550	412
	24 "	18,57	22,67	2,73	5,18	6,80	4,39	4593	6287	0,278	0,732	1,058	1,241	1,336	1,973	1693	1215	491	382
	3 Juli	26,96	27,51	2,42	5,06	12,97	5,51	6033	7908	0,216	0,506	1,663	1,653	1,879	2,158	2716	1586	889	432
	8 "	28,58		2,06		14,00		6493		0,120		1,585		1,704		3191		835	
	14 "	30,96		4,66		6,81		9477		0,521		1,862		2,409		2084		521	
30%	13 Mei	0,641		0,335		1,92		40		0,056		0,780		0,134		118		399	
	21 "	1,245	1,413	0,539	0,769	2,31	1,84	174	277	0,099	0,131	0,169	0,180	0,268	0,312	323	361	498	406
	3 Juni	4,53	3,99	1,204	1,656	3,77	2,40	747	948	0,172	0,269	0,388	0,368	0,560	0,637	620	573	466	384
	17 "	10,18	10,24	2,110	3,184	4,84	3,24	1792	2501	0,209	0,462	0,586	0,634	0,795	1,097	852	789	378	347
	2 Juli	15,93	14,72	1,85	3,058	8,66	4,85	3149	3883	0,166	0,421	0,900	0,916	1,069	1,337	1671	1282	580	441
	4 "	15,60		1,64		9,32		3300		0,149		0,956		1,108		1977		663	
	15 "	16,91		3,13		5,41		4957		0,411		1,130		1,541		1586		494	

TABEL 3

GEGEVENS VAN PROEF 3 (NATTE GROEP)

1931

Datum	Soort	stengel droog in g	wortel droog in g	wortel- waarde	g totaal opg. water	asch totaal in g	g water p. g wortel	mg asch p. g wortel	mg asch p. g water
18 Mei	V38	0,890	0,543	1,65	374	0,208	692	384	0,56
19 „	M.N.K.	0,462	0,248	1,87	161	0,103	655	418	0,64
19 „	Per.	0,527	0,300	1,76	272	0,119	900	400	0,46
20 „	G.Z.V8	1,085	0,486	2,25	506	0,215	1054	447	0,43
21 „	Fr.	0,521	0,273	1,91	357	0,111	1293	405	0,32
21 „	Unica	0,477	0,239	2,01	184	0,097	771	407	0,53
22 „	Vict.	0,952	0,396	2,42	318	0,181	818	457	0,58
1 Juni	V38	5,084	1,964	2,57	2163	0,753	1096	382	0,35
2 „	M.N.K.	1,870	0,859	2,19	809	0,321	947	374	0,40
2 „	Per.	2,674	1,297	2,07	1176	0,471	936	363	0,40
3 „	G.Z.V8	6,221	1,799	3,45	2191	0,773	1235	432	0,35
4 „	Fr.	3,387	1,050	3,24	1298	0,488	1246	468	0,38
4 „	Unica	2,110	0,890	2,37	802	0,344	904	387	0,43
5 „	Vict.	5,358	1,286	4,19	1566	0,644	1228	503	0,41
15 Juni	V 38	9,842	2,558	3,92	4127	1,046	1635	414	0,25
16 „	M.N.K.	4,595	1,050	4,31	1795	0,515	1690	486	0,29
16 „	Per.	7,130	1,563	4,67	2588	0,779	1704	511	0,30
17 „	G.Z.V8	14,563	2,238	6,51	4610	1,196	2058	533	0,26
18 „	Fr.	9,175	1,024	9,02	2982	0,751	2940	740	0,25
18 „	Unica	6,146	1,225	5,04	2200	0,598	1805	489	0,27
19 „	Vict.	12,637	1,432	8,71	3398	0,951	2366	665	0,28
29 Juni	V38	28,548	4,620	6,10	9052	2,022	1968	436	0,24
30 „	M.N.K.	14,380	1,703	8,46	4911	1,097	2890	647	0,23
30 „	Per.	24,290	4,241	5,83	7086	1,906	1702	449	0,27
1 Juli	G.Z.V8	33,823	3,651	9,23	8588	2,053	2354	562	0,24
2 „	Fr.	14,170	0,866	16,71	4568	0,992	5371	1165	0,22
2 „	Unica	15,397	1,638	9,45	4817	1,155	2958	707	0,24
3 „	Vict.	27,798	1,859	14,97	6797	1,664	3676	900	0,25
15 Juli	Per.	50,867	4,268	12,03	11672	3,077	2764	720	0,27
15 „	G.Z.V8	59,970	4,316	14,00	13670	3,077	3198	718	0,22

TABEL 4

GEGEVENS VAN PROEF 3 (DROGE GROEP)

1931

Datum	Soort	stengel droog in g	wortel droog in g	wortel- waarde	g totaal opg. water	asch totaal in g	g water p. g wortel	mg asch p. g wortel	mg asch p. g water
11 Mei	V38	0,330	0,187	1,77	81	0,063	441	337	0,78
12 „	M.N.K.	0,217	0,132	1,64	39	0,043	296	322	1,17
12 „	Per.	0,176	0,104	1,70	71	0,036	685	351	0,57
13 „	G.Z.V8	0,415	0,223	1,86	139	0,081	629	366	0,59
13 „	Fr.	0,243	0,125	1,96	91	0,049	725	393	0,54
15 „	Unica	0,199	0,118	1,70	91	0,044	789	371	0,54
15 „	Vict.	0,484	0,231	2,12	149	0,096	662	423	0,66
26 Mei	V38	2,330	0,861	2,67	594	0,359	676	419	0,63
26 „	M.N.K.	1,207	0,469	2,59	331	0,195	706	418	0,60
27 „	Per.	1,200	0,646	1,86	599	0,275	931	427	0,46
27 „	G.Z.V8	2,490	0,739	3,38	892	0,389	1210	529	0,44
28 „	Fr.	1,640	0,618	2,68	696	0,287	1131	467	0,41
28 „	Unica	1,201	0,549	2,20	528	0,236	970	435	0,45
29 „	Vict.	2,663	0,727	3,64	856	0,361	1181	497	0,42
8 Juni	V38	7,095	2,205	3,24	2536	0,886	1159	404	0,35
9 „	M.N.K.	2,910	1,038	2,80	1241	0,399	1191	384	0,32
9 „	Per.	3,568	1,366	2,62	1463	0,519	1076	380	0,35
10 „	G.Z.V8	6,747	1,406	4,80	2034	0,674	1447	479	0,33
11 „	Fr.	4,482	0,588	6,13	1454	0,388	1991	525	0,27
11 „	Unica	2,525	0,698	3,63	933	0,264	1334	379	0,29
12 „	Vict.	8,290	1,237	6,68	1954	0,692	1583	561	0,36
22 Juni	V38	19,454	3,308	5,98	3618	1,445	1098	438	0,40
23 „	M.N.K.	7,908	1,360	5,81	2671	0,627	1978	461	0,23
23 „	Per.	14,403	3,378	4,28	4194	1,377	1247	409	0,33
24 „	G.Z.V8	21,640	3,100	6,99	5034	1,474	1637	477	0,29
25 „	Fr.	9,110	0,859	10,81	2658	0,597	3149	702	0,22
25 „	Unica	8,210	1,221	6,71	2425	0,658	1988	538	0,27
26 „	Vict.	17,784	1,618	11,08	3888	1,043	2418	646	0,27
6 Juli	Per.	29,207	5,128	5,72	6990	2,122	1372	415	0,30
8 „	G.Z.V8	38,743	3,706	10,47	8392	2,202	2271	596	0,26

TABEL 5.
GEGEVENS PROEF 4

	Geogst na dagen	I Gevormde drogestof	II Drogestof wortels	III Wortel- waarde	IV Opgenomen asch in g	V Water- verbruik	VI mg asch per g water	VII mg asch per g wortel	VIII g water per g wortel
12 pl.		Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38	Fr. V38
	3	0,221 0,290	0,176 0,126	1,27 1,45	0,016 0,024	8 9	1,95 2,54	90 109	47 44
	5	0,448 0,541	0,256 0,291	1,44 1,68	0,031 0,037	13 16	2,25 2,22	123 128	54 58
	7	0,728 1,004	0,335 0,413	1,70 2,01	0,062 0,078	28 35	2,21 2,24	185 188	84 84
	9	0,944 1,552	0,378 0,541	1,96 2,30	0,095 0,128	60 76	1,57 1,69	251 237	160 140
10 pl.	11	1,222 2,156	0,441 0,715	2,17 2,35	0,139 0,195	110 144	1,26 1,36	314 274	249 201
	17	1,117 2,904	0,337 0,798	2,77 2,91	0,132 0,348	171 364	0,77 0,96	392 437	507 456
	19	1,620 3,200	0,502 0,905	2,55 2,76	0,222 0,401	260 447	0,85 0,90	441 443	518 494
	21	1,967 3,336	0,539 1,028	2,93 2,41	0,259 0,424	295 491	0,88 0,86	476 407	547 478
	23	1,765 3,960	0,524 1,194	2,67 2,49	0,234 0,513	315 604	0,74 0,85	447 430	601 506
8 pl.	25	2,627 4,369	0,775 1,308	2,59 2,49	0,394 0,600	485 705	0,81 0,85	509 459	626 539
	31	2,886 4,977	0,734 1,406	3,21 2,76	0,404 0,696	516 819	0,70 0,85	548 498	703 583
	33	3,314 5,348	0,818 1,470	3,20 2,77	0,462 0,766	605 926	0,76 0,83	566 516	740 630
	35	3,586 5,946	0,828 1,487	3,49 3,11	0,483 0,795	734 1115	0,66 0,71	584 534	886 750
	37	3,515 5,817	0,909 1,530	3,62 3,13	0,512 0,821	863 1219	0,59 0,67	542 533	950 797
4 pl.	39	4,054 6,274	0,948 1,572	3,65 3,16	0,545 0,895	885 1249	0,62 0,72	578 568	934 795
	45	2,991 4,898	0,718 1,253	3,63 3,23	0,423 0,751	822 1192	0,51 0,63	593 574	1145 951
	47	3,287 5,491	0,754 1,299	3,55 3,28	0,470 0,790	857 1304	0,55 0,61	604 595	1137 1004
	49	3,857 5,479	0,813 1,346	3,81 3,32	0,509 0,789	1008 1351	0,50 0,58	625 599	1240 1004

TABEL 6

GEGEVENS PROEF 5

1931

Geoogst na	I		II		III		VI		V		VI		VII		VIII	
	Gevormde drogestof		Wortel droog		Wortelwaarde		Uit bodem opgenomen asch		Totaal opgenomen water		mg asch per g water		mg asch per g wortel		g water per g wortel	
	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38	GZV8	V38
3 d.	0,107	0,127	0,099	0,094	1,10	1,43		0,011	2,8	4,3		2,66		120	29	46
5 d.	0,177	0,188	0,123	0,110	1,26	1,62	0,010	0,013	4,9	8,9	1,96	1,48	77	119	40	81
7 d.	0,432	0,455	0,187	0,184	1,85	2,03	0,028	0,035	20,8	30,7	1,33	1,14	148	190	113	167
9 d.	0,517	0,542	0,194	0,208	2,20	2,10	0,038	0,048	34,9	42,1	1,13	1,16	196	231	183	205
11 d.	0,692	0,697	0,226	0,243	2,51	2,28	0,055	0,065	55,4	64,-	1,00	1,02	243	268	247	263
17 d.	1,487	1,416	0,432	0,449	2,68	2,40	0,140	0,145	215	217	0,65	0,67	325	323	498	483
19 d.	1,653	1,399	0,528	0,462	2,33	2,26	0,169	0,135	263	215	0,64	0,63	318	288	500	459
21 d.	2,340	2,253	0,712	0,765	2,44	2,08	0,247	0,246	414	440	0,60	0,56	347	319	582	578
23 d.	2,442	1,939	0,783	0,666	2,26	2,08	0,261	0,183	434	344	0,60	0,54	332	272	554	512
25 d.	3,348	3,024	1,039	1,024	2,33	2,09	0,348	0,287	636	674	0,55	0,42	334	280	613	661
31 d.	4,676	3,328	1,215	1,070	2,94	2,20	0,484	0,338	1003	750	0,48	0,46	398	315	828	694
33 d.	4,828	3,497	1,170	1,069	3,22	2,37	0,467	0,322	976	781	0,48	0,42	400	304	835	728
35 d.	6,556	5,107	1,685	1,648	2,96	2,16	0,697	0,519	1480	1200	0,47	0,44	413	313	879	725
37 d.	7,437	5,775	1,762	1,797	3,28	2,28	0,756	0,610	1736	1403	0,44	0,44	430	340	987	782
39 d.	9,279	6,485	2,156	2,036	3,34	2,22	0,997	0,661	2150	1577	0,46	0,42	461	323	995	769
45 d.	12,365	9,403	2,521	2,790	3,95	2,42	1,169	0,902	2821	2378	0,41	0,38	464	323	1120	852
47 d.	13,269	8,943	2,552	2,538	4,23	2,56	1,202	0,861	2929	2221	0,42	0,39	470	339	1137	872
49 d.	15,629	10,489	2,881	2,792	4,46	2,80	1,418	0,914	3673	2684	0,39	0,34	493	327	1275	958
51 d.	15,715	9,944	3,055	2,720	4,20	2,69	1,335	0,870	3558	2434	0,38	0,36	437	319	1163	893
53 d.	17,743	10,520	3,311	3,071	4,38	2,47	1,464	0,984	4069	2770	0,36	0,36	441	320	1222	902

TABEL 7

GEGEVENS VAN PROEF 6

Herfstproef 1932.

Geogst na	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	Gevormde drogestof		Drogestof wortels		Wortelwaarde		Opgenomen asch in g uit bodem		Waterverbruik in g		g asch uit bodem p. L. water		g asch uit bodem p. g wortel		g water per g wortel		g drogestof p. g water	
	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38	G. Vict.	V38
3 d.	0,059	0,065	0,072	0,074	1,36	1,46	0,001	0,004	2	3	0,38	1,45	0,011	0,054	25	36	0,033	0,026
5 d.	0,200	0,171	0,115	0,107	1,71	1,69	0,007	0,011	5	5	1,31	2,21	0,057	0,099	44	45	0,040	0,036
7 d.	0,340	0,276	0,143	0,133	2,19	1,95	0,020	0,014	10	9	2,00	1,51	0,140	0,104	71	69	0,035	0,031
9 d.	0,512	0,437	0,176	0,166	2,57	2,33	0,035	0,028	20	16	1,74	1,77	0,196	0,166	113	96	0,026	0,028
11 d.	0,739	0,644	0,205	0,205	3,19	2,72	0,068	0,051	44	39	1,54	1,31	0,332	0,250	217	194	0,017	0,016
17 d.	1,410	1,177	0,446	0,339	2,53	2,90	0,170	0,103	153	128	1,18	0,81	0,381	0,303	346	376	0,010	0,009
19 d.	1,473	1,430	0,454	0,387	2,59	3,08	0,166	0,132	139	174	1,20	0,76	0,363	0,340	308	450	0,011	0,008
21 d.	1,816	1,638	0,497	0,428	2,98	3,17	0,192	0,151	227	250	0,86	0,62	0,385	0,354	459	584	0,008	0,007
23 d.	2,169	2,143	0,587	0,576	2,96	2,98	0,242	0,222	256	350	0,95	0,64	0,412	0,385	435	608	0,009	0,006
25 d.	2,620	2,379	0,688	0,677	3,03	2,73	0,302	0,259	350	403	0,87	0,65	0,439	0,382	507	594	0,008	0,006
31 d.	3,099	3,082	0,762	0,775	3,27	3,18	0,355	0,338	480	572	0,74	0,59	0,465	0,437	632	740	0,007	0,005
33 d.	3,593	3,144	0,802	0,821	3,68	3,00	0,401	0,334	611	627	0,66	0,53	0,502	0,407	765	764	0,006	0,005
35 d.	4,126	4,172	0,831	1,075	4,17	3,03	0,479	0,473	695	849	0,69	0,56	0,555	0,440	805	795	0,006	0,005
37 d.	4,782	4,359	0,928	1,013	4,32	3,46	0,533	0,485	838	921	0,63	0,53	0,564	0,480	903	910	0,006	0,005
39 d.	4,830	4,914	0,917	1,175	4,44	3,32	0,536	0,549	827	1160	0,65	0,48	0,585	0,467	905	994	0,006	0,004
45 d.	6,770	6,519	1,172	1,651	4,91	3,06	0,702	0,699	1182	1485	0,60	0,47	0,599	0,424	1006	900	0,006	0,004
47 d.	7,118	6,449	1,176	1,604	5,20	3,12	0,799	0,689	1261	1402	0,56	0,50	0,595	0,430	1073	875	0,006	0,005
49 d.	8,322	7,076	1,324	1,769	5,41	3,11	0,805	0,747	1480	1554	0,55	0,48	0,608	0,425	1117	881	0,006	0,005
51 d.	9,320	7,588	1,388	1,778	5,84	3,37	0,882	0,787	1786	1782	0,49	0,45	0,636	0,443	1287	999	0,005	0,004
53 d.	10,161	7,926	1,512	1,919	5,84	3,22	0,923	0,820	1807	1853	0,51	0,44	0,611	0,426	1197	965	0,006	0,004

TABEL 8

DE MIDDELBARE FOUTEN BEHOOREND BIJ DE GEGEVENS VAN PROEF 6 (TABEL 7)

1932 Geoogst na	I			II			III			IV		
	Gevormde dr. stof			Wortel droog			wortelwaarde			Uit bodem opgen. asch		
	G. Vict.	m	m %	G. Vict.	m	m %	G. Vict.	m	m %	G. Vict.	m	m %
	V38			V38			V38			V38		
3	0,002 3,4	0,003 4,6	0,001 1,4	0,002 2,7	0,002 2,7	0,02 1,5	0,04 2,7	0,0005 63	0,001 25	0,0005 63	0,001 25	0,0015 13,6
5	0,005 2,5	0,005 2,9	0,003 2,6	0,002 1,9	0,002 1,9	0,04 2,3	0,03 1,8	0,0015 21,4	0,0015 13,6	0,0015 21,4	0,0015 13,6	0,0010 7,1
7	0,008 2,4	0,004 1,4	0,006 4,2	0,003 2,2	0,003 2,2	0,11 5,-	0,05 2,6	0,0009 4,5	0,0010 7,1	0,0009 4,5	0,0010 7,1	0,0002 7,1
9	0,012 2,3	0,007 1,6	0,005 2,8	0,004 2,4	0,004 2,4	0,08 3,1	0,05 2,1	0,002 5,7	0,002 7,1	0,002 5,7	0,002 7,1	0,0002 3,6
11	0,013 1,8	0,013 2,-	0,007 3,4	0,007 3,4	0,007 3,4	0,10 3,1	0,09 3,3	0,002 2,9	0,002 3,6	0,002 2,9	0,002 3,6	
17	0,025 1,8	0,041 3,5	0,018 4,-	0,008 2,4	0,008 2,4	0,10 4,-	0,07 2,4	0,008 4,7	0,005 4,9	0,008 4,7	0,005 4,9	
19	0,044 3,-	0,036 2,5	0,017 3,7	0,009 2,3	0,009 2,3	0,09 3,5	0,06 1,9	0,009 5,4	0,006 4,5	0,009 5,4	0,006 4,5	
21	0,039 2,1	0,023 1,4	0,019 3,8	0,006 1,4	0,006 1,4	0,13 4,4	0,05 1,6	0,009 4,7	0,003 2,-	0,009 4,7	0,003 2,-	
23	0,056 2,6	0,036 1,7	0,020 3,4	0,010 1,7	0,010 1,7	0,06 2,0	0,03 1,-	0,008 3,3	0,005 2,3	0,008 3,3	0,005 2,3	
25	0,089 3,4	0,071 3,-	0,021 3,1	0,018 2,7	0,018 2,7	0,06 2,-	0,05 1,8	0,012 4,-	0,011 4,2	0,012 4,-	0,011 4,2	
31	0,096 3,1	0,099 3,2	0,031 4,1	0,036 4,6	0,036 4,6	0,09 2,8	0,08 2,5	0,014 3,9	0,013 3,8	0,014 3,9	0,013 3,8	
33	0,074 2,1	0,094 3,-	0,028 3,5	0,016 1,9	0,016 1,9	0,08 2,2	0,09 3,-	0,012 3,-	0,012 3,6	0,012 3,-	0,012 3,6	
35	0,058 1,4	0,110 2,6	0,023 2,7	0,039 3,6	0,039 3,6	0,09 2,2	0,07 2,3	0,007 1,5	0,015 3,2	0,007 1,5	0,015 3,2	
37	0,134 2,8	0,158 3,6	0,033 3,6	0,047 4,6	0,047 4,6	0,08 1,9	0,09 2,6	0,018 3,4	0,019 3,9	0,018 3,4	0,019 3,9	
39	0,127 2,6	0,168 3,4	0,032 3,5	0,050 4,3	0,050 4,3	0,10 2,3	0,09 2,7	0,015 2,8	0,027 4,9	0,015 2,8	0,027 4,9	
45	0,249 3,7	0,241 3,7	0,034 2,9	0,065 3,9	0,065 3,9	0,11 2,2	0,03 0,98	0,024 3,4	0,030 4,3	0,024 3,4	0,030 4,3	
47	0,181 2,5	0,158 2,5	0,038 3,2	0,035 2,2	0,035 2,2	0,05 0,96	0,04 1,3	0,020 2,9	0,016 2,3	0,020 2,9	0,016 2,3	
49	0,320 3,8	0,296 4,2	0,048 3,6	0,089 5,-	0,089 5,-	0,07 1,3	0,06 1,9	0,028 3,5	0,031 4,1	0,028 3,5	0,031 4,1	
51	0,206 2,2	0,251 3,3	0,035 2,5	0,070 3,9	0,070 3,9	0,11 1,9	0,05 1,5	0,027 3,1	0,028 3,6	0,027 3,1	0,028 3,6	
53	0,243 2,4	0,242 3,1	0,043 2,8	0,045 2,3	0,045 2,3	0,08 1,4	0,06 1,9	0,027 2,9	0,036 4,4	0,027 2,9	0,036 4,4	

dagen

die resp. 31, 33, 35, 37, 39 dagen na het poten geoogst werden, groeiden 8 planten per pot, in de rest 4 planten per pot. Het poten vond niet gelijktijdig plaats, maar gedurende 4 weken telkens op de eerste 5 werkdagen der week. 7 dagen van te voren werden telkens voldoende zaden uitgelegd om over goede kiemplantjes te kunnen beschikken. Het eerst werd gepoot op 1 September. Alleen de groote potten afgedekt met paraffine (1 omgekeerd bloempotje in het midden voor het geven van water). De kleine potjes waren afgedekt met een laagje glaszand en kregen water door een glazen buis tot op de bodem. De oogst vond plaats in de omgekeerde volgorde van het poten, d.w.z. de plantjes, gepoot op Vrijdag 26 Sept., werden geoogst op Maandag 29 Sept.; de plantjes, gepoot op 25 Sept. werden geoogst op 30 Sept., enz. Samenvattende tabel 5.

Proef 5. Herfst 1931. Objecten GZV8 en V38. Watercapaciteit van de grond 31%. Watervoorziening zoo, dat de grond voor 55% verzadigd was. Bemesting per 5 kg grond 0,25 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ + 0,025 g CuSO_4 . Eerste erwten te kiemen gelegd op 16 Aug., gepoot op 24 Aug. Volgorde van poten en oogsten als bij Exp. 4. In de groote potten overal 4 planten, in de kleine 2. Van de eerste telkens 9 tegelijk geoogst (de 10e pot diende als blanco), van de laatste telkens 18 tegelijk per object. Wegen en watergeven als bij Exp. 4. Samenvattende tabel 6.

Proef 6. Herfst 1932. Objecten Gele Vict. en V38. Watercapaciteit van de grond 30%. Watervoorziening zoo, dat de grond voor 58% verzadigd was. Aantal potten, aantal planten per pot, het wegen en water geven als bij proef 5. De eerste zaden te kiemen gelegd op 30 Aug. en deze gepoot op 5 Sept. Volgorde van poten en oogsten als bij proef 4 en 5. Samenvattende tabel 7.

§ 7. FOUTENBEREKENING

Bij de meeste proeven is de middelbare fout berekend en wel naar de formule $m = \sqrt{\frac{\sum p a^2}{n(n-1)}}$. Met het oog op de benodigde ruimte is (bij wijze van voorbeeld) slechts van proef 6 de middelbare fout hier opgegeven. Zie tabel 8.

§ 8. NADERE BESCHRIJVING VAN DE PERMEABILITEITSPROEVEN (7-10)

Proef 7. Objecten V38 en G. Vict. Grondkultuur. Gepoot 23-9-32. Geplant op 29-9-32 in bloempotten van plm. 15 cm Ø. Gegoten naar behoefte. Oogstdata zie tabel 11.

Proef 8. Objecten V38 en Fr. Grondkultuur. Gepoot 15-11-32. Geplant 25-11-32 in bloempotten van plm 15 cm Ø. Oogstdata zie tabel 12

Proef 9. Objecten V38 en Fr. Grondkultuur. Gepoot 20-9-33. Geplant 27-9-33 in jampotjes. Elke dag gewogen en het verbruikte water weer aangevuld. Op 6, 14, 26 Oct., 4 en 24 Nov. voedingszouten toegediend in de vorm van voedingsoplossing van Knop. Oogstdata zie tabel 13.

Proef 10. Objecten V38, Fr., G. Vict., GZV8, Unica, MNK, Per. Grondkultuur. Gepoot 14 Dec. 1933. Geplant 23 Dec. in bloempotten van plm. 15 cm Ø. Water gegeven naar behoefte. Oogstdata zie tabel 16.

§ 9. NADERE BESCHRIJVING VAN DE CONCENTRATIEPROEVEN (11-15)

Proeven 11-15. De planten in doorstroomende voedingsoplossing groeien in houten gootjes van binnen met goed geparaffineerd zink bekleed. Afmetingen binnenwerks $120 \times 12 \times 12$ cm. Per gootje groeien 10 planten op onderlinge afstanden van 12 cm. De planten zijn met een prop watten in gaten in de deksel bevestigd. Aan het eene einde van het gootje bevindt zich een inlaatbuis, die de voedingsvloeistof toevoert vanuit een flesch met ongeveer constant vloeistofniveau. Dit slechts weinig schommelend niveau wordt verkregen, doordat in deze flesch twee buizen uitmonden van de luchtdicht gesloten voorraadsflesch, en wel zoo, dat de kortste buis verbonden is met de bovenkant van de voorraadsflesch, de langste buis met de onderkant. Als voorraadsflesch wordt in de gevallen, waar per dag 50 liter voedingsoplossing door het gootje stroomt, een van binnen goed geparaffineerde melkbus gebruikt. Deze bussen kunnen 30 liter bevatten en moeten dus $2 \times$ per dag verwisseld worden tegen onder-tusschen weer opnieuw gevulde. In de gevallen waar er per dag slechts 10 liter oplossing doorstroomt, worden gewone 10 liter flesschen gebruikt. Aan het andere eind van het gootje, tegenover de inlaat, bevindt zich een buis, die het teveel aan vloeistof voortdurend afvoert naar een zinken bakje met overloop. De stand van het vloeistofniveau in het gootje is te regelen met behulp van dit zinken bakje. De hoeveelheid vloeistof in de gootjes is bij proef 11 plm. 1500 cc, bij de overige plm. 3000 cc.

Proef 11. Objecten V38 en Fr. Per goot 5 planten van elk object, in afwisselende volgorde. Zaden te kiemen gelegd 6-12-32. Plantjes gepoot 15 December. Van 15-21 Dec. gestaan in regenwater. Vanaf 21 Dec. tot 24 Jan. 33 doorstrooming met voedingsoplossing van de opgegeven concentratie. Zie tabel 18.

Proef 12. Objecten V38 en Fr. Per goot 5 planten van elk object in afwisselende volgorde. Zaden te kiemen gelegd 28-1-33. Plantjes

gepoot op 4 Febr. Tot 6 Febr. in regenwater. Daarna doorstrooming met voedingsoplossing tot 7 Maart. Zie tabel 18.

Proef 13. Objecten V38 en Fr. Per goot 5 planten van elk object in afwisselende volgorde. Zaden te kiemen gelegd 4-3-33. Plantjes gepoot op 10-3-33. Van 10 Maart tot 13 Maart alle planten in 0,1 Knop. Daarna doorstrooming met 0,1 Knop, resp. 0,5 Knop. Geoogst 28 April. Zie tabel 18.

Proef 14. Objecten V38 en Fr. Per goot 5 planten van elk object in afwisselende volgorde. Zaden te kiemen gelegd 6-4-33. Plantjes gepoot 13 April. Behalve in de gootjes ook van elk object 5 plantjes gepoot in jampotjes met voedingsoplossing van 0,1 en 0,02 Knop. Deze oplossing (inhoud jampotjes plm. 300 cc) wordt dagelijks $1 \times$ ververscht. Oogst op 19 Mei. Zie tabel 18.

Proef 15. Objecten V38 en Fr. 4 gootjes. In 2 daarvan 10 planten van de V38, in de 2 andere 10 planten van de Fr. Zaden te kiemen gelegd op 17 Mei. Plantjes gepoot 24 Mei. Eerste helft uit elke goot geoogst op 20 Juni. Toch wordt daarna per dag dezelfde hoeveelheid voedingsoplossing toegediend, zoodat de achterblijvende planten per dag van nu af twee keer zooveel voedingsoplossing ter beschikking krijgen. Behalve in de gootjes, ook van elk object 20 plantjes gepoot in jampotten met voedingsoplossing (plm. 300 cc), die dagelijks $1 \times$ ververscht wordt. Ook hier eerst de eene helft geoogst en pas later de andere. Oogstdata zie tabel 18.

§ 10. NADERE OMSCHRIJVING VAN DE TEMPERATUURPROEVEN (16-21)

Proeven 16-21. Bij deze proeven wordt gebruik gemaakt van 3-6 groote met zink bekleede bakken van $30 \times 50 \times 60$ cm. Het water in deze bakken wordt zoo goed mogelijk op een temperatuur van resp. 5° , 15° , en 25° C. gehouden. Bij de bakken met water van 15° C. en 25° C. levert dit geen groote moeilijkheden op. De kasttemperatuur varieert een paar graden om de 15° C. zoodat de bak met water van 15° C. weinig zorg vereischt. In de bak met water van 25° C. bevinden zich een paar verwarmingselementen (spiraalvormig opgewonden cekaasdraad in glazen buizen) en een ethercapsule, die automatisch de electrische stroom in- en uitschakelt als de temperatuur meer dan een halve graad van de 25° C. afwijkt. Het constant houden van de temperatuur in de koude bak levert grootere moeilijkheden op en gelukt slechts met schommelingen van een paar graden. Minstens $2 \times$ per dag, bij zonnig weer 3 à 4 maal, wordt het water in deze bak door toevoeging van ijs weer op 5° C. gebracht.

De jampotjes, waarin bij deze proeven de planten groeien, staan

op houten standerds tot de onderrand van de schroefdraad in het water. Het wegen, eventueel ververschen en omzetten gebeurt bak voor bak en steeds in dezelfde volgorde. Daarbij staan de potten dus tijdelijk bij kasttemperatuur.

Nu is het de bedoeling bij deze proeven alleen de temperatuur van het wortelstelsel te laten varieeren en de bovengrondsche deelen onder dezelfde omstandigheid te houden. Dit gelukt op deze wijze niet niet geheel. Van de verwarming van het water in de bak op 25° C. ondervinden de bovengrondsche deelen der plant op tweeërlei wijze de invloed. 1e stijgt de temperatuur ook boven het water (rechtstreeksche straling, verwarming door opstijgende warme lucht) een paar graden; 2e verdampt het water uit de bak sneller en komen stengel en bladeren daardoor in een (absoluut) vochtiger atmosfeer. Gelukkig werken deze twee factoren elkaar tegen, wat betreft de relative vochtigheid, die een hoofdfactor is voor de transpiratie. Bij de bak met water van 5° hebben wij natuurlijk een overeenkomstige invloed. Gewoonlijk is de relative vochtigheid boven de warme bak iets lager (1 à 2% van de relative vochtigheid) dan boven de koude. Dit werkt een grooter waterverbruik in de hand. Dat echter de gevonden verschillen uitsluitend toe te schrijven zouden zijn aan dit geringe verschil in relative vochtigheid voor de bladeren is, ook op grond van hier niet vermelde proeven niet aan te nemen.

Proef 16. Object V38 en Fr. Grondkultuur. 16-1-31 zaden te kiemen gelegd, gepoot 23 Jan. Totaal 90 potten, nl. 36 V38, 36 Fr. en 18 blanco's. Eerste helft geoogst 6 Febr., tweede helft 9 Febr. Zie tabel 19.

Proef 17. Object V38 en Fr. Waterkultuur. Erwten te kiemen gelegd 11-2-31, gepoot 18 Febr. Totaal 60 potten, waarvan 6 blanco's. Oplossing eens ververscht. Zie tabel 20.

Proef 18. Object V38 en G. Vict. Grondkultuur. Erwten te kiemen gelegd 4-3-32, gepoot 11 Maart. Totaal 72 potten, waarvan 12 blanco's. Per pot 3 plantjes. Geoogst 22 Maart. Zie tabel 21.

Proef 19. Object V38 en G. Vict. Grondkultuur. Erwten te kiemen gelegd 9-2-32, gepoot 18 Febr. Totaal 72 potten, waarvan 12 blanco's. Per pot 4 plantjes. Geoogst 10 Maart. Zie tabel 21.

Proef 20. Object V38 en G. Vict. Grondkultuur. Erwten te kiemen gelegd 24-3-32, gepoot 31 Maart. Totaal 72 potten, waarvan 12 blanco's. Per pot 3 plantjes. Geoogst 13 April. Zie tabel 22.

Proef 21. Object V38 en Fr. Waterkultuur, opl. Von der Crone. Erwten te kiemen gelegd 23-4-32, gepoot 29 April. Totaal 72 potten waarvan 12 blanco's. Per pot 2 plantjes. Geoogst 20 Mei. Zie tabel 23.

HOOFDSTUK IV

DE ACTIVITEIT VAN HET WORTELSTELSEL VAN ZEVEN ERWTENRASSEN

§ 1. HET BEGRIIP WORTELWAARDE EN VERSCHILLEN IN WORTELWAARDE

In het volgende experimenteele werk beperk ik mij tot de analyse van de verschillen tusschen de wortelstelsels van eenige erwtensoorten en neem als uitgangspunt de samenvattende tabel op blz. 48 van „Rootsystems” (BOONSTRA, 1931), die hier nog eens weergegeven is (zie tabel 9).

TABEL 9

Overgenomen uit Boonstra 1931.

In kolom 1 zijn de objecten genoemd en het jaar van onderzoek. In kolom 2 staan de wortelwaarden. De cijfers tusschen () geven de rangorde in elk jaar aan, wat betreft de eigenschap aan 't hoofd van elke kolom vermeld. De laatste kolom geeft het gewicht van de wortels, die zich dieper dan 30 cm in de grond bevinden, in % van het totaal wortelgewicht.

Tabel 22 SHORT SUMMARY (weight in grams)

Object	Shoot/root	Total dry matter aerial parts	Dry matter roots	Dry matter seeds	% dry matter roots deeper than 30 cm.
1927					
M.N.K.	11,50 (1)	57,02 (2)	4,96 (2)	* 32,89 = 58% (1)	25,7% (1)
V 38	8,68 (2)	66,84 (1)	7,70 (1)	* 28,84 = 43% (2)	22,1% (2)
1928					
Fr.	13,99 (1)	41,94 (5)	2,97 (5)	23,25 = 55% (1)	29,5% (2)
Cap.	12,93 (2)	59,70 (2)	4,78 (3)	22,11 = 37% (2)	(3?)
Per.	10,08 (3)	60,99 (1)	6,08 (2)	10,98 = 18% (5)	32,9% (1)
M.N.K.	9,74 (4)	42,29 (4)	4,36 (4)	17,01 = 40% (3)	27,6% (4)
V 38	8,41 (5)	53,32 (3)	6,30 (1)	14,44 = 27% (4)	26,9% (5)
1929					
Viet.	16,76 (1)	47,83 (1)	2,94 (3)	19,02 = 40% (1)	28,1% (1)
Unica	13,40 (2)	37,47 (3)	2,78 (4)	18,79 = 50% (2)	18,4% (2)
M.N.K.	12,22 (3)	37,00 (4)	3,05 (2)	13,37 = 36% (3)	15,3% (3)
V 38	8,27 (4)	44,46 (2)	5,40 (1)	9,71 = 22% (4)	5,9% (4)

* pod + seeds.

Vooropgesteld zij, dat het hoofddoel is te laten zien, dat we kunnen komen tot een dieper inzicht in de oorzaken van de verschillen in opbrengst bij onze landbouwgewassen en daardoor tot een deugdelijker basis voor de plantenveredeling.

Dat dus hier resultaten van onderzoekingen meegedeeld worden, die verricht zijn aan de ondergrondse deelen van een plant, is meer of minder toeval, evenzoo, dat als object de erwt is gekozen.

Bij bovenvermeld onderzoek is het doel, verschillen op te sporen in het wortelstelsel en deze te beschouwen in verband met verschillen in opbrengst. Iets algemeener gezegd, is het doel te bepalen, welke van de erwtenrassen het beste wortelstelsel heeft en waardoor! Om dit uit te maken is het allereerst noodig een geschikte maat te vinden om globaal de waarde van een wortelstelsel in uit te drukken. Aan het wortelstelsel zelf is niet uit te maken of het een goed of een slecht wortelstelsel is. Dat blijkt pas uit zijn functioneering.

In het algemeen heeft het wortelstelsel zelf geen directe waarde voor de mensch, maar gaat het om de vorming van de bovengrondse deelen (afgezien van biet, e.d.). Bij de vorming van de bovengrondse deelen heeft het wortelstelsel als hoofdrol, de zorg voor de absorptie (en het transport) van water en voedingszouten.

De waarde van het wortelstelsel is het best te beoordeelen aan de hoeveelheid bovengrondse deelen, die er door van water en zouten worden voorzien. Hoe meer eenheden van de bovengrondse deelen door één eenheid van het wortelstelsel van de noodige anorganische bouwstoffen worden voorzien, hoe beter het wortelstelsel functioneert. Als eenheid heb ik genomen 1 g drogestof.

De verhouding tusschen de aantallen grammen droge stof van de bovengrondse deelen en die van het wortelstelsel is dus een maat voor de waarde van het wortelstelsel. Gemakshalve geef ik aan dit verhoudingsgetal de naam wortelwaarde. Met de wortelwaarde van de M N K is 11,50 (zie tabel 9), wordt dus niets anders gezegd, dan dat op het tijdstip van de oogst, het aantal grammen bovengrondse deelen gedeeld door het aantal grammen van het wortelstelsel, 11,50 is.

Het voordeel en daarmee de rechtvaardiging van dit nieuwe begrip wortelwaarde is gelegen in het feit, dat wij er de waarde van het wortelstelsel van een plant in één enkel getal mee kunnen uitdrukken en kunnen vergelijken met die van een andere plant. Hiertoe zijn geen lastige analyses noodig. Bij het zeer gecompliceerde proces van voedselopname uit de bodem behoeven wij nu niet dadelijk op al de afzonderlijke processen te letten (wat onmogelijk is), maar hebben wij een enkele maatstaf en kunnen verder analyseerend te werk gaan om er achter te komen, tengevolge van welke van de bijzondere processen de voorziening van water en zouten in het eene geval zooveel meer efficient is dan in het andere, of wel, hoe dit samenhangt met verschillen in bouw. Bovendien heeft het feit, dat we hier de plant (nl. de bovengrondse deelen) zelf als maat gebruiken voor de beoordeeling van het wortelstelsel het voordeel, dat het ons nog vrij laat van de menschelijke interpretatie. Deze waardebepaling van het wortelstelsel

is objectief en behoedt ons er voor bepaalde eigenschappen van het wortelstelsel als gunstig te beschouwen, die het misschien in het geheel niet zijn (zie Rootsystems blz. 4 en 5).

Echter staan hier ook een tweetal nadeelen tegenover. Het bezwaar dat voor de vorming van 1 g bovengrondsche deelen niet bij elk object evenveel water en voedingszouten noodig zijn en dus een groote wortelwaarde het gevolg is van het zuiniger verbruik van deze stoffen, is te controleeren door de opname van deze stoffen rechtstreeks te bepalen.

Een ernstiger bezwaar lijkt het, dat het definieeren van de wortelwaarde als een quotient meebrengt, dat zoowel deeltal (bovengrondsche deelen) als deeler (wortelstelsel) van invloed zijn, en dat dus de wortelwaarde niet uitsluitend afhangt van het wortelstelsel zelf. Nu zijn er twee mogelijkheden. Onafhankelijk van het wortelstelsel zelf kan de wortelwaarde als gevolg van eigenschappen van de bovengrondsche deelen te hoog uitvallen of te laag. Het eerste geval is in de vorige alinea al besproken en zoo noodig experimenteel vast te stellen. Het tweede echter niet. Het is denkbaar, dat door een bepaalde eigenschap van de bovengrondsche deelen, deze zich minder sterk ontwikkelen dan op grond van de capaciteiten van het wortelstelsel wel mogelijk zou zijn. Tot dusverre is dit geval ook niet experimenteel te controleeren. (Het meest voor de hand liggende experiment, nl. het enten van de bovengrondsche deelen van de eene plant op het wortelstelsel van de andere, zou slechts een zeer aanvechtbaar resultaat geven). Waarschijnlijk behoeven wij ons echter weinig bezorgd te maken over dit geval, omdat wij kunnen aannemen (zie hoofdstuk V) dat er een nauwe korrelatie bestaat tusschen de ontwikkeling van het wortelstelsel en de behoefte van de bovengrondsche deelen aan water en anorganische zouten. Hoewel dus uitdrukkelijk wordt toegegeven, dat de mogelijkheid bestaat, dat het wortelstelsel zich sterker ontwikkelt dan noodig zou zijn voor de behoeften van de bovengrondsche deelen (en waardoor dan de wortelwaarde dus te laag zou uitvallen), is hiervan geen enkel voorbeeld bekend. Boven- en ondergrondsche deelen vormen een geheel. En we doen er goed aan de functie van een onderdeel te beschouwen in verband met het geheel.

Met de bepaling van de wortelwaarde van eenige objecten komen we nog niet veel verder. Als we constateeren, dat de G. Vict. een bijna twee keer zoo groote wortelwaarde heeft dan de V38 (onder de proefomstandigheden), dan kunnen we daar practisch voor de plantenveredeling nog niet veel mee aanvangen. Het is immers niet waarschijnlijk, dat deze eigenschap als een eenheid overgeërfd wordt. Het volgende werk is nu dus te trachten, de eenvoudige eigenschappen van het wortelstelsel op te sporen, die de grootte van de wortelwaarde bepalen.

Uit tabel 9 blijkt, dat er bij deze 7 erwtenrassen, een verband be-

staat tusschen wortelwaarde en dieptegroei van het wortelstelsel (kolom 2 en 6). Het ligt voor de hand te denken, dat een grootere wortelwaarde het gevolg is van het dieper gaan van het wortelstelsel. Immers door het dieper gaan van de wortels zijn er meer water en voedingsstoffen beschikbaar, voorzover die in de diepere bodemlagen aanwezig zijn.

In dit geval zou het dan ook niet de grootere dieptegroei zijn, die onmiddellijk oorzaak is van een grootere wortelwaarde. De eigenlijke oorzaak zou liggen bij de betere voedingsomstandigheden, die het gevolg zijn van *die grootere* dieptegroei. De meer algemeene vraag is dus:

Zijn de vastgestelde verschillen in wortelwaarde het gevolg van verschillen in voedingsomstandigheden?

Experimenteel is deze vraag het eenvoudigst te beantwoorden door de verschillen in voedingsomstandigheden weg te nemen en vast te stellen of daarmee ook het verschil in wortelwaarde verdwijnt.

Proef 1, zomer 1929. 200 Mitscherlichpotten worden gevuld met 5 kg zorgvuldig gemengde zandgrond. In de eene helft der potten worden kiemplantjes van de V38 gepoot, in de andere helft kiemplantjes van de Fr.; 1 plant per pot. 4 groepen wat de watervoorziening van de grond betreft, nl. verzadiging met water voor 90, 70, 50 en 30 % van de watercapaciteit. Grondoppervlak bedekt met een laagje paraffine. Per groep 3 à 4 maal tijdens de ontwikkeling een deel der potten geoogst. Boven- en ondergrondsche deelen afzonderlijk. Verdere bijzonderheden zie hoofdstuk III. Resultaat: zie fig. 1.

Het blijkt, dat ook onder voor beide objecten zooveel mogelijk gelijke omstandigheden het verschil in wortelwaarde van de V38 en de Fr. blijft bestaan. We hebben in dit opzicht bij de V38 en de Fr. zonder twijfel te doen met rasverschillen.

Proef 2, zomer 1930. Proefopstelling als bij proef 1. Objecten V38 en G.Vict.

Resultaat: Zie fig. 2. Ook bij V38 en G.Vict. blijven de verschillen in wortelwaarde bestaan onder volkomen gelijke groeivoorwaarden, m.a.w. is de wortelwaarde een raseigenschap.

Proef 3, zomer 1931. Objecten: V38, Fr., G.Vict., GZV8, Per., U en MNK. Proefopstelling als bij experiment 1. Echter slechts twee groepen wat vochtigheid van de grond betreft, nl. verzadiging voor 68 % en 46 % van de watercapaciteit.

Resultaat: Zie fig. 3 en 4. Voor een juiste beoordeeling van het verloop van de lijn van de V38, moet in het oog worden gehouden, dat deze soort tot het poten een andere behandeling heeft ondergaan dan de rest. Het was nl. eerst niet de bedoeling ook deze soort weer in het onderzoek te betrekken. Toen daartoe wèl werd overgegaan waren

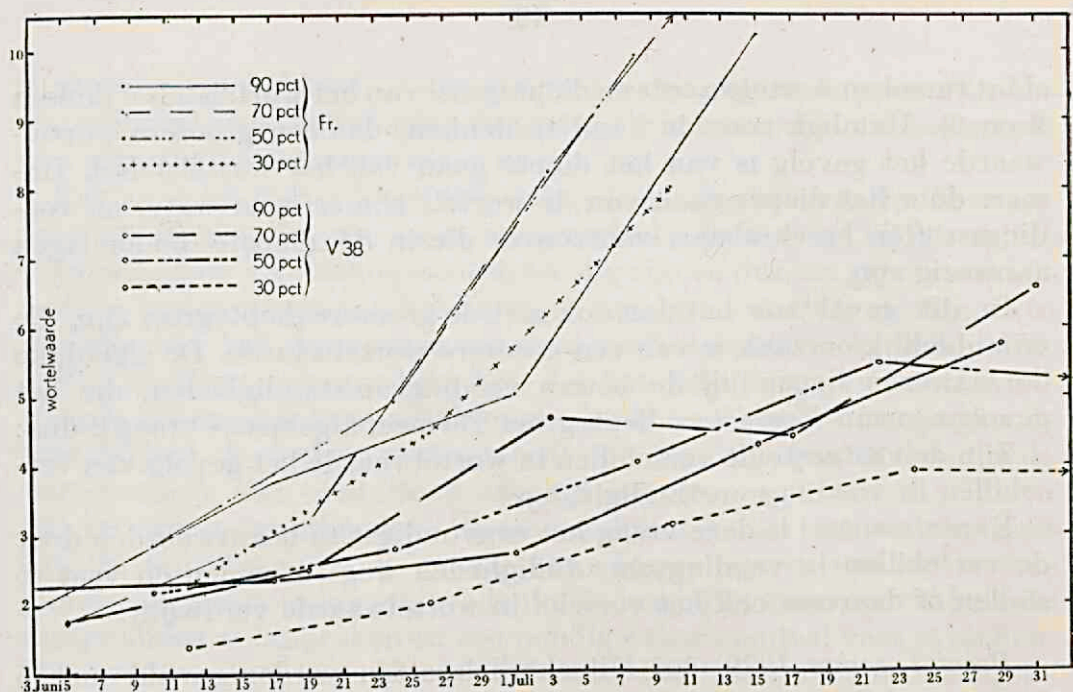


Fig. 1. Wortelwaarde Fr. en V 38 bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 1).

Ordinaat: wortelwaarde.

Abscis: tijd.

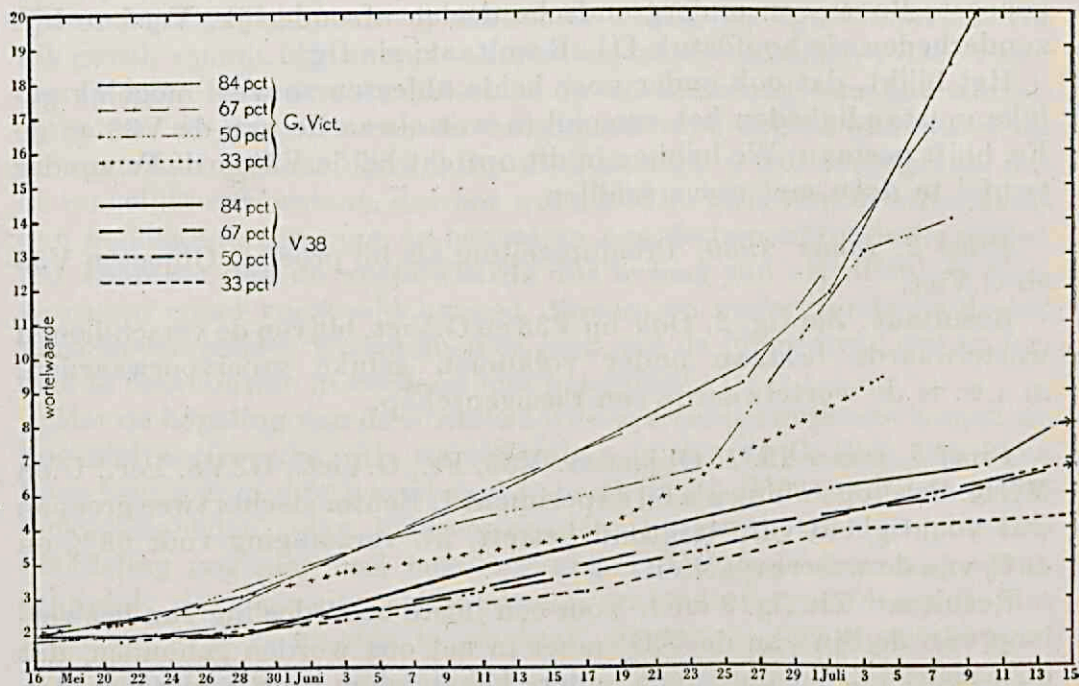


Fig. 2. Wortelwaarde G. Vict. en V 38 bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 2).

Ordinaat: wortelwaarde.

Abscis: tijd.

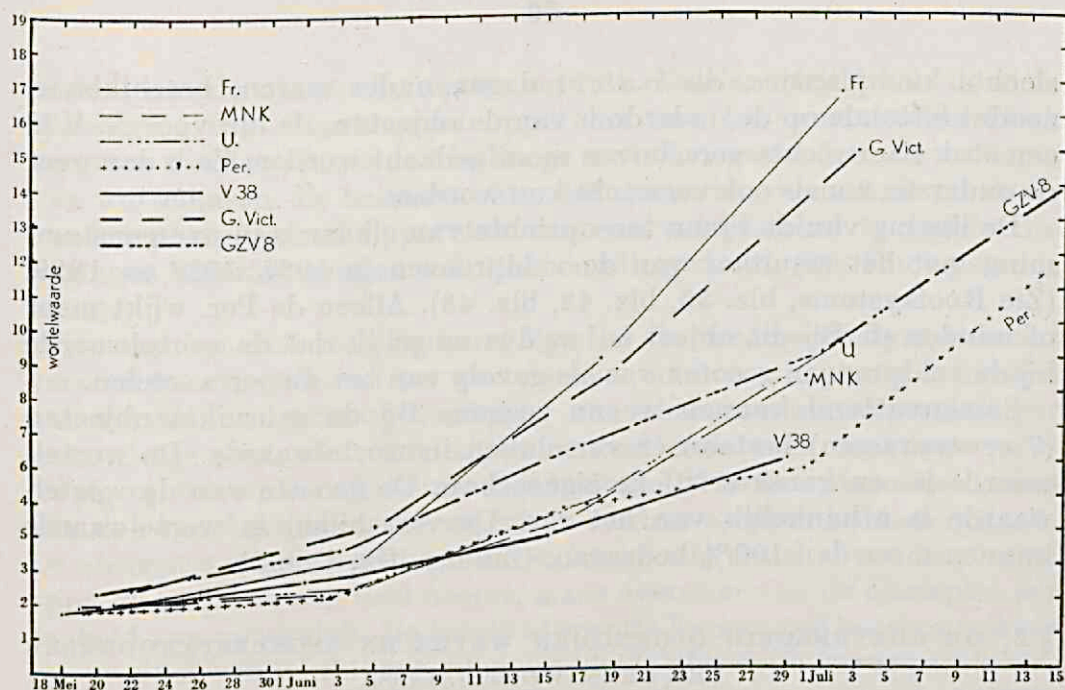


Fig. 3. Wortelwaarde Fr., G. Vict., GZV 8, Unica, MNK, Per. en V 38 bij een vochtigheidstoestand van de bodem, overeenkomend met 68% van de watercapaciteit (Proef 3).
Ordinaat: wortelwaarde.
Abseis: tijd.

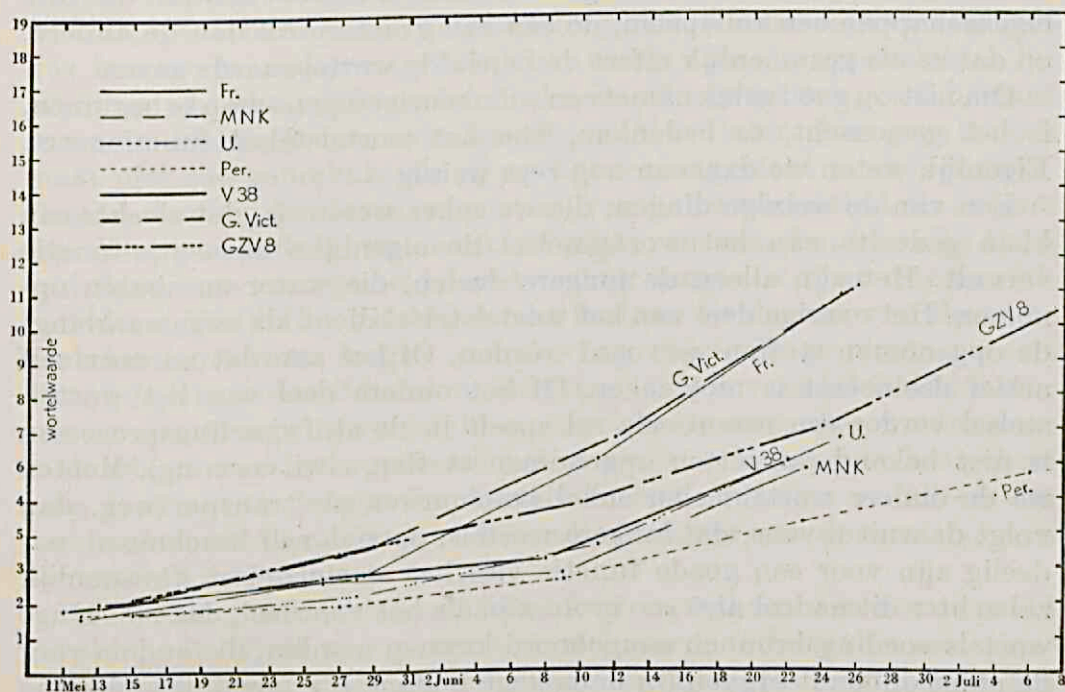


Fig. 4. Wortelwaarde G. Vict., Fr., GZV 8, Unica, MNK, Per. en V 38 bij een vochtigheidstoestand van de bodem, overeenkomend met 46% van de watercapaciteit (Proef 3).
Ordinaat: wortelwaarde.
Abseis: tijd.

slechts kiemplantjes, die o.a. 14 dagen ouder waren, beschikbaar, zoodat lettende op de ouderdom van de objecten, de lijn voor de V38 een stuk naar rechts verschoven moet gedacht worden. Ze is dan weer de onderste, zooals ook verwacht kon worden.

De ligging van de lijnen ten opzichte van elkaar is in overeenstemming met het resultaat van de veldproeven in 1927, 1928 en 1929. (Zie Rootsystems, blz. 35, blz. 42, blz. 48). Alleen de Per. wijkt meer of minder af. Bij dit object is het dus mogelijk dat de wortelwaarde bij de veldproeven grooter was als gevolg van het dieper wortelen.

Samenvattend kunnen we nu zeggen: Bij de gebruikte objecten (7 erwtenrassen) bestaan er verschillen in wortelwaarde. De wortelwaarde is een karakteristieke eigenschap. De grootte van de wortelwaarde is afhankelijk van het ras. De verschillen in wortelwaarde kunnen meer dan 100 % bedragen. (Zie b.v. fig. 1 en 3).

§ 2. DE HOEVEELHEID OPGENOMEN WATER EN ASCHBESTANDDEELLEN PER GRAM WORTELMASSA

De vraag, waardoor nu deze verschillen in wortelwaarde veroorzaakt worden, is niet door een enkele proef te beantwoorden. Er zijn zeer veel factoren, die een rol kunnen spelen. Het is niet waarschijnlijk, dat de gradatie in wortelwaarde het gevolg is van een overeenkomstige gradatie van één bepaalde eigenschap. Veelmeer is te verwachten, dat alle eigenschappen een rol spelen, de één een grotere rol dan de andere, en dat ze als gezamenlijk effect de bepaalde wortelwaarde geven.

Om niet op goed geluk af met een willekeurige eigenschap te beginnen, is het gewenscht, te bedenken, hoe het wortelstelsel functioneert. Eigenlijk weten we daarvan nog zeer weinig.

Een van de weinige dingen, die we zeker weten, is, dat slechts een klein gedeelte van het wortelstelsel de eigenlijke absorptie-functie vervult. Het zijn alleen de jongere deelen, die water en zouten opnemen. Het overige deel van het wortelstelsel dient als weg, waarlangs de opgenomen stoffen vervoerd worden. Of het aan dat vervoer zelf actief deelneemt is niet zeker. Of het oudere deel van het wortelstelsel verder een essentiële rol speelt in de stofwisselingsprocessen is niet bekend (omzetten opgenomen stoffen, eiwitvorming). Moeten we de oudere worteldeelen enkel beschouwen als transportweg, dan volgt daaruit tevens, dat langere wortels, op zich zelf beschouwd, nadeelig zijn voor een goede functie van het wortelstelsel. Gewoonlijk zal echter dit nadeel niet zoo groot zijn als het voordeel, dat met lange wortels voedingsbronnen aangeboord kunnen worden, die anders voor de plant onbenut blijven (in homogene bodem, b.v. voedingsoplossing vervalt dit voordeel). Verder kan bij grotere lengte van de wortels het aantal zijwortels grooter zijn en daardoor ook het aantal jonge

deelen, dat de absorptie-functie vervult. Zonder twijfel kan door de vertakking het absorbeerend oppervlak van het wortelstelsel sterk vergroot worden. Dit is ook in hooge mate het geval door de vorming van wortelharen. Er bestaat echter tot dusverre geen enkele methode om het absorbeerend oppervlak van een wortelstelsel te meten. De pogingen, daartoe aangewend, hebben alle gefaald. (Zie Rootsystems, blz. 5.)

Hoewel het dus voor de hand ligt, bij de verdere analyse van het verschil in activiteit van het wortelstelsel, in de eerste plaats te denken aan verschillen in de ontwikkeling van absorbeerend oppervlak per gram droge stof, stuit het experimenteel onderzoek daarnaar voorloopig op onoverkomelijke moeilijkheden. Dit is trouwens slechts één van de twee richtingen, die wij bij de verdere analyse kunnen inslaan. De absorptie van de voedingsstoffen hangt niet enkel af van het totaal oppervlak, dat er aan deel neemt, maar evenzeer van de absorptie per eenheid van oppervlak. De totale absorptie kunnen wij beschouwen als het product van 2 factoren, nl. gemiddelde absorptie per oppervlakte-eenheid $\times$ het totale oppervlak. Nu wij echter geen methode hebben om het oppervlak te bepalen, kunnen wij ook niet de gemiddelde absorptie per oppervlakte-eenheid bepalen. Wij moeten ons dus behelpen met een andere wél meetbare grootte, die we in de plaats stellen van het oppervlak en die hier liefst een nauw verband mee houdt. Het ligt voor de hand, in aansluiting met het begrip wortelwaarde, hiervoor te kiezen de gram drogestof. Het drooggewicht wordt dus beschouwd als een (gebrekkige) maat voor de oppervlakte. De bepaling van het juiste verband, dat er van geval tot geval bestaat tusschen deze twee, moet worden uitgesteld tot later. Overigens is deze maat niet zoo gebrekkig als zij op het eerste gezicht misschien lijkt. Beschouwen wij het totaal oppervlak van het wortelstelsel als de som van de oppervlakken van de afzonderlijke wortels, dan kan elke term van deze som voorgesteld worden door lengte $\times 2\pi r$. (oppervlak cylindermantel). Het totale gewicht bestaat uit de som van de overeenkomstige termen lengte $\times \pi r^2 \times$ s.g. Bij beide producten speelt alvast de lengte dezelfde rol en bestaat er alleen verschil in één factor r en een factor s.g. Bij vergelijking van twee rassen maken we dus door in de plaats van het oppervlak het gewicht te bepalen in het geheel geen fout wat de lengte der wortels betreft en zullen we alleen een fout maken als de rassen verschillen in diameter van de wortels en in het s.g. van de gedroogde wortels.

Het is dus gewenscht nu definitief uit te maken of in een bepaald geval bij het object met grootere wortelwaarde inderdaad meer mineralen en water per gram wortelmassa worden opgenomen, dan bij het object met lagere wortelwaarde. Principieel is het mogelijk dit voor elke voedingsstof na te gaan. Voor een eerste onderzoek heb ik mij

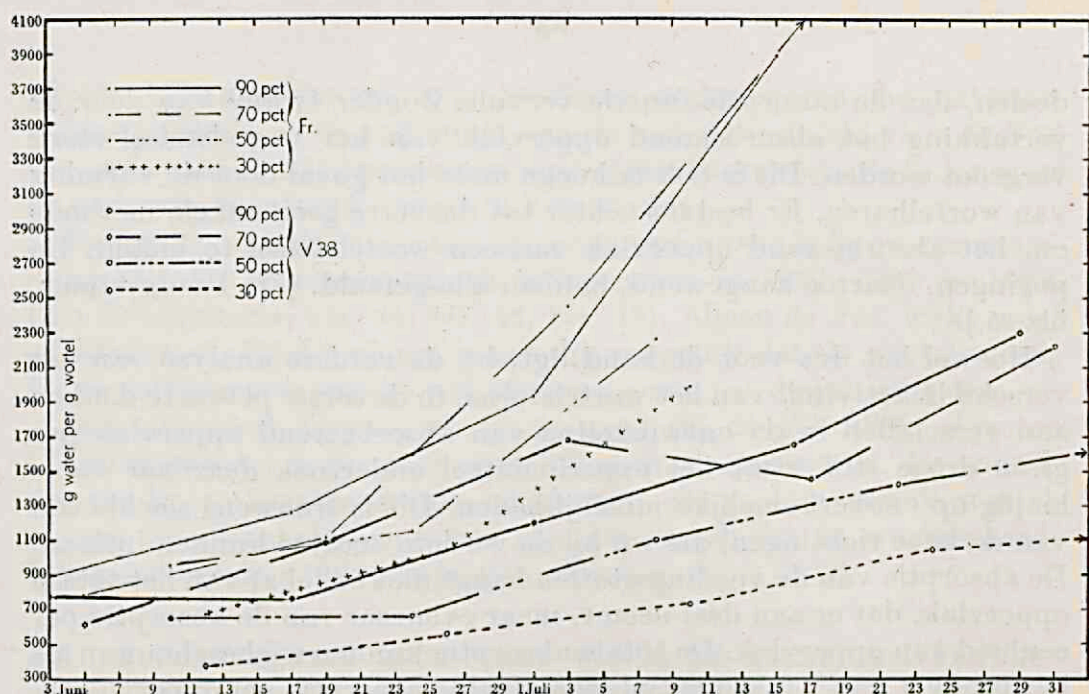


Fig. 5. Wateropname per g wortelmasa van Fr. en V 38 bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 1).
 Ordinaat: totaal opgenomen hoeveelheid water in grammen: worteldrooggewicht in grammen.
 Abscis: tijd.

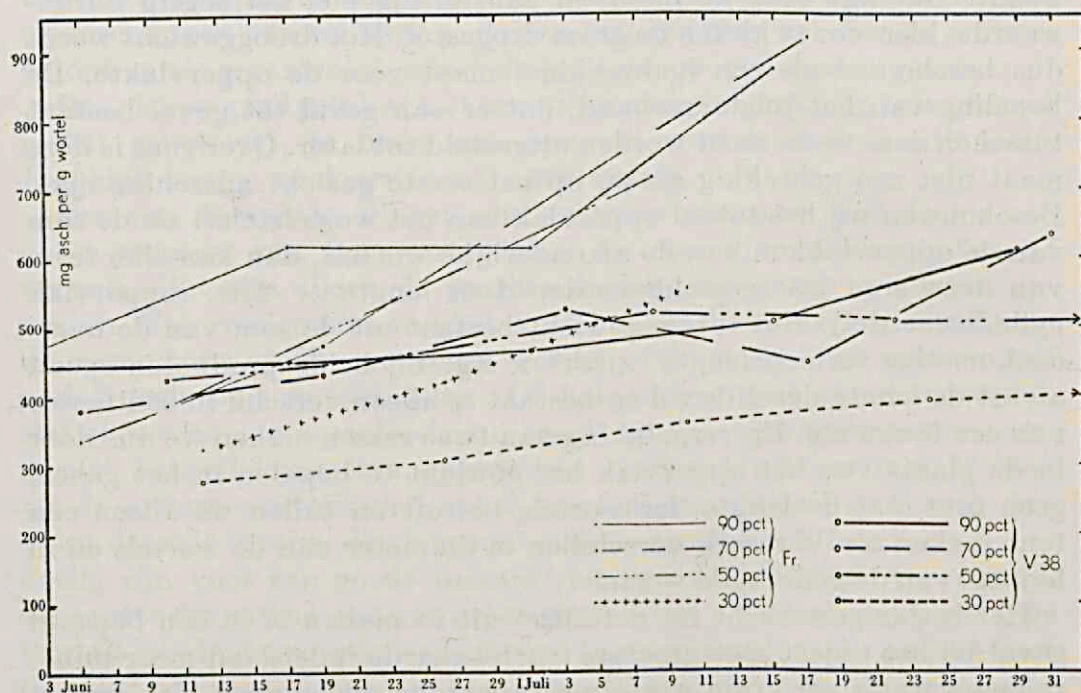


Fig. 6. Hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen per gram wortelmasa bij Fr. en V 38 en bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 1).
 Ordinaat: totaal opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen in milligrammen: worteldrooggewicht in grammen.
 Abscis: tijd.

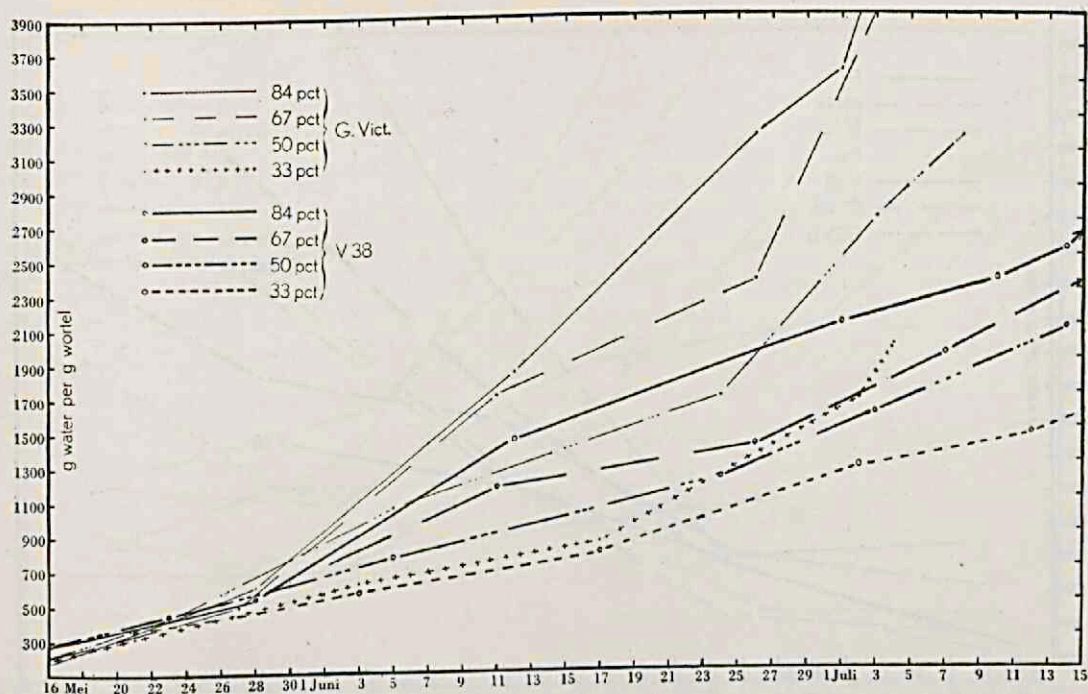


Fig. 7. Wateropname per gram wortelmassa van G. Vict. en V 38 bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 2).
Ordinaat: totaal opgenomen hoeveelheid water in grammen: worteldrooggewicht in grammen.
Abscis: tijd.

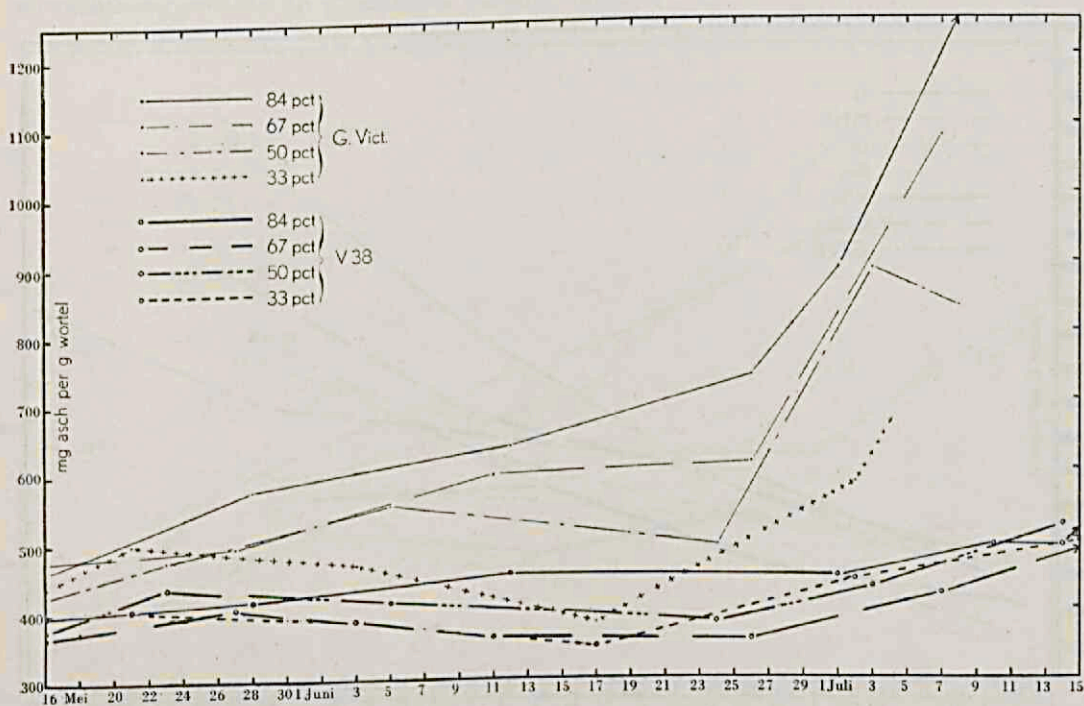


Fig. 8. Hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen per gram wortelmassa bij G. Vict. en V 38 en bij 4 vochtigheidsgraden van de bodem (Proef 2).
Ordinaat: totaal opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen in milligrammen: worteldrooggewicht in grammen.
Abscis: tijd.

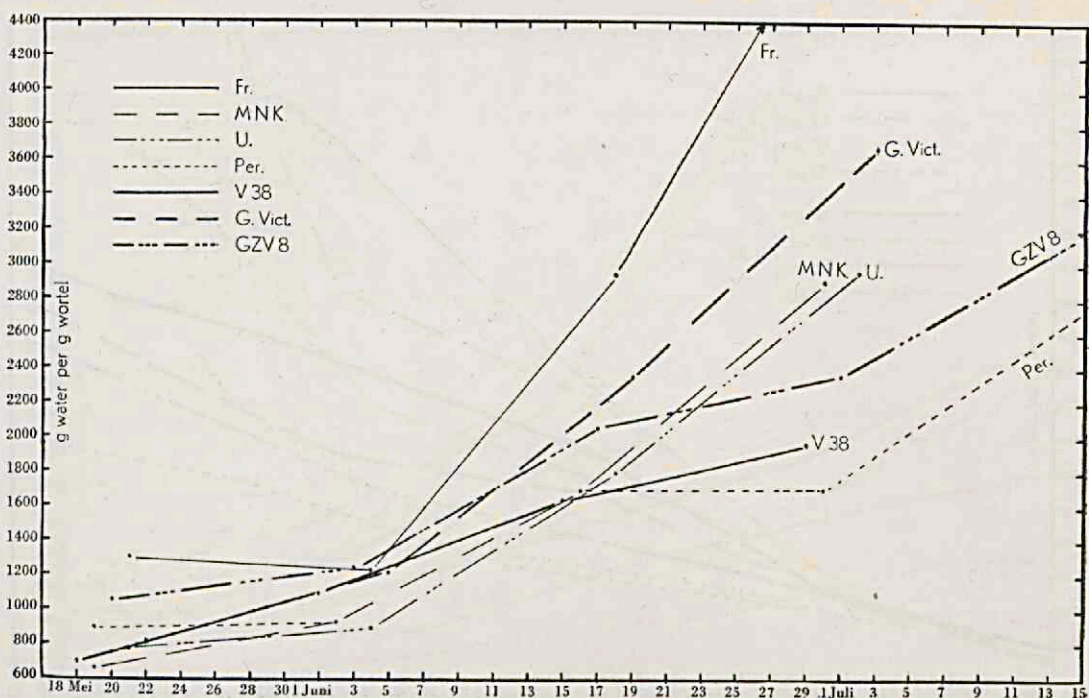


Fig. 9. Wateropname per gram wortelmasa van Fr., G. Vict., MNK, Unica, GZV 8, Per. en V 38 bij een vochtigheidstoestand van de bodem overeenkomend met 68% van de watercapaciteit (Proef 3).
Ordinaat: totaal aantal grammen opgenomen water: worteldrooggewicht in grammen. Abscis: tijd.

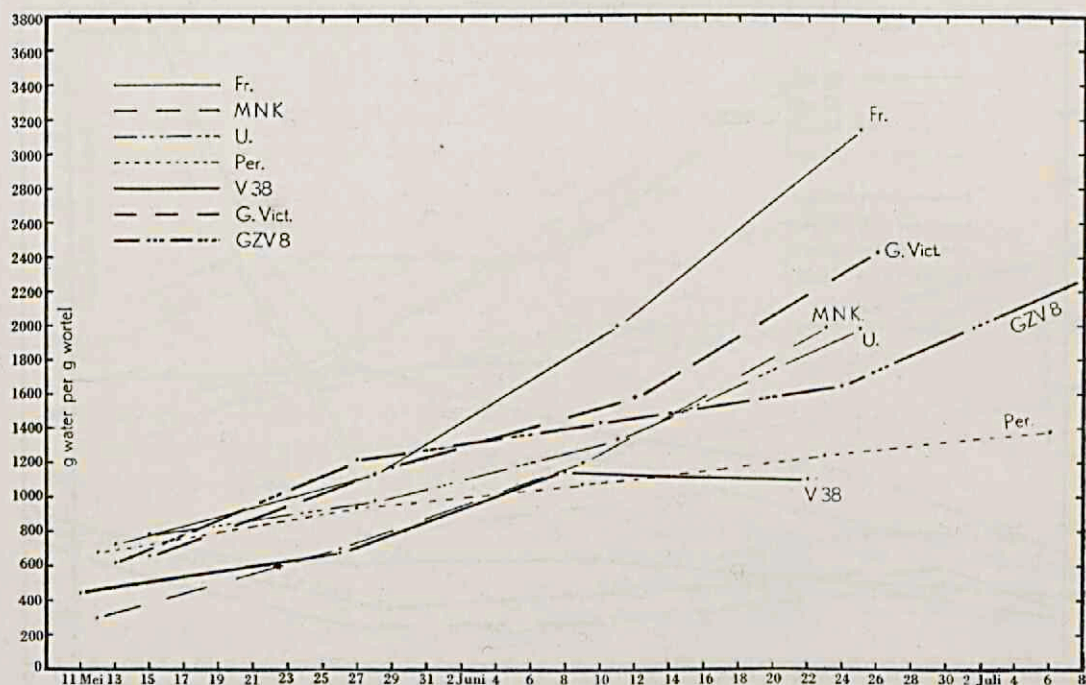
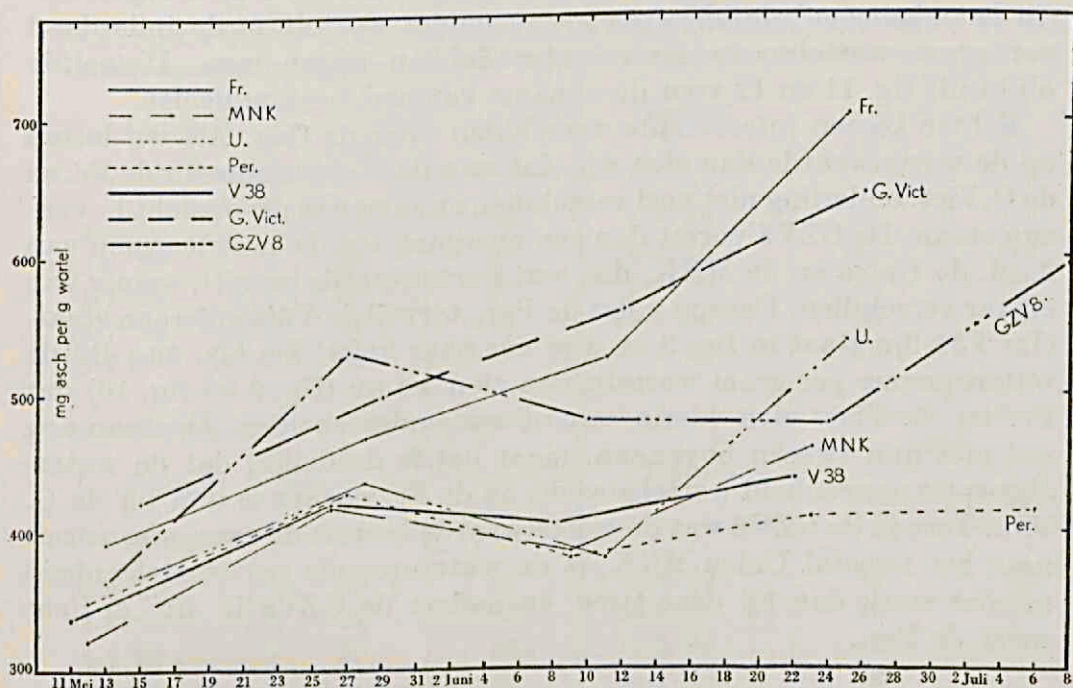
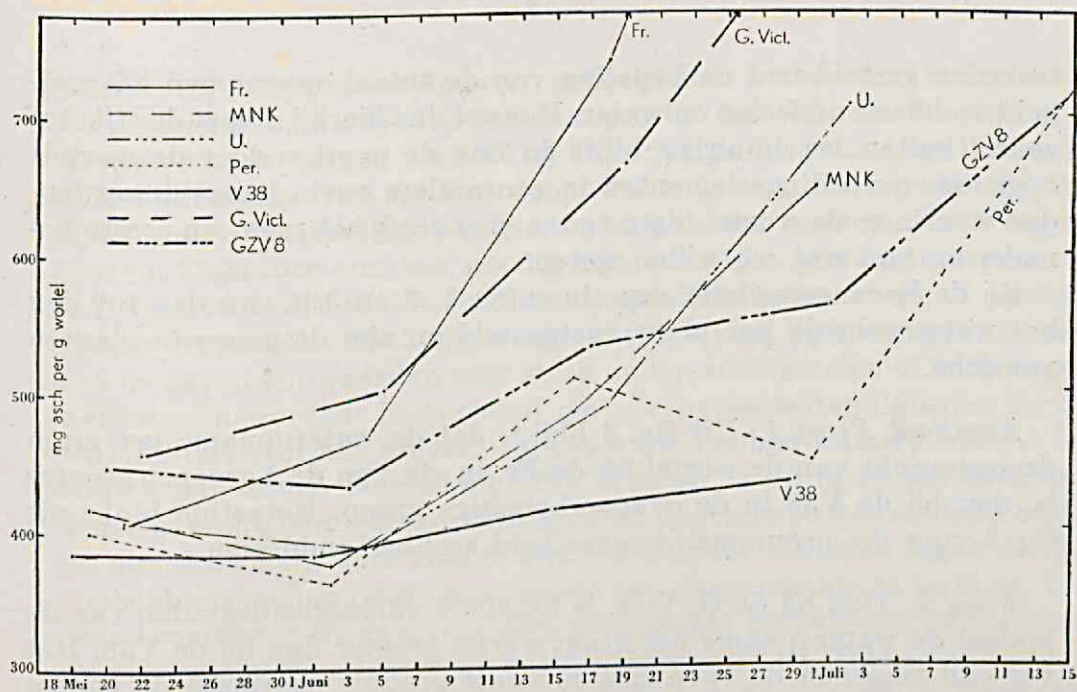


Fig. 10. Wateropname per gram wortelmasa van Fr., G. Vict., MNK, Unica, GZV 8, Per. en V 38 bij een vochtigheidstoestand van de bodem overeenkomend met 46% van de watercapaciteit (Proef 3).
Ordinaat: totaal opgenomen hoeveelheid water in grammen: worteldrooggewicht in grammen. Abscis: tijd.



tevreden gesteld met de bepaling van de totaal opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen en water. Hoewel dus hierbij alvast de stikstof geheel buiten beschouwing blijft en ook de overige door de wortels opgenomen voedingselementen in een andere vorm bepaald worden, dan waarin ze de wortel binnengaan, zoo geeft het toch een eerste benadering van wat wij willen weten.

Bij de bovengenoemde experimenten 1, 2 en 3 is van dag tot dag het waterverbruik per plant vastgesteld en zijn de geoogste planten verascht.

Resultaat Proef 1. Uit fig. 5 blijkt, dat de wateropname per gram drooggewicht van de wortel bij de Fr. in elk van de 4 groepen grooter is, dan bij de V38 in de overeenkomstige groep. Hetzelfde blijkt uit fig. 6 voor de opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen.

Proef 2. Ook bij de G. Vict. is bij alle 4 vochtigheidsgraden van de bodem de wateropname per gram wortel grooter dan bij de V38. Het verschil tusschen de twee rassen wordt grooter naarmate de bodem vochtiger is (fig. 7). Precies hetzelfde, maar nog duidelijker, valt dit op te merken bij de opname van aschbestanddeelen per gram wortel (fig. 8).

Proef 3. Voor de wateropname per gram wortelmassa zie fig. 9 en fig. 10. Bij vergelijking met de wortelwaarde, zie fig. 3 en 4 blijkt, dat (in het algemeen) de objecten met grootere wortelwaarde inderdaad per gram wortelmassa meer water hebben opgenomen. Hetzelfde blijkt uit fig. 11 en 12 voor de opname van aschbestanddeelen.

Echter komen interessante verschillen voor de dag. Als wij letten op de wortelwaarde dan zien wij, dat van de 7 erwtenrassen de Fr. en de G. Vict. onderling niet veel verschillen en samen in dit opzicht bovenaan staan. De GZV8 vormt dan een overgang tot de tweede groep van 2, nl. de Unica en de MNK, die, wat wortelwaarde betreft, weinig van elkaar verschillen. Daarop volgt de Per., terwijl de V38 onderaan staat. (De V38-lijn staat in fig. 3 en 4 te ver naar links! Zie blz. 49.) Bij de wateropname per gram wortelmassa zien we nu (fig. 9 en fig. 10) dat Fr. en G. Vict. zich hierin van elkaar onderscheiden. Zij staan nog wel met hun tweeën bovenaan, maar het is duidelijk, dat de waterabsorptie per eenheid wortelgewicht bij de Fr. sterker is dan bij de G. Vict. Terwijl de GZV8 wat de wortelwaarde betreft de overgang vormt naar het tweetal Unica-MNK, is de wateropname per worteleenheid minder sterk dan bij deze twee, en nadert de GZV8 in dit opzicht meer de Per..

Nu is het wenschelijk ons er rekenschap van te geven, hoe deze fig. tot stand komen. Bij elke oogst is het totale waterverbruik (in gram-

men) *vanaf het begin van de proef*, gedeeld door het gewicht der wortels (in grammen) *op het tijdstip van de oogst*. Uit het feit, dat b.v. in fig. 5 de lijn voor „water per wortel” bij 30% van de Fr. geheel ligt boven de overeenkomstige van de V38 volgt dus nog niet, dat op elk tijdstip tijdens de ontwikkeling per gram wortelmassa meer water is opgenomen. Daarvoor zou het noodig zijn voor elke gewenschte periode het waterverbruik te deelen door de gemiddelde hoeveelheid wortels tijdens die periode. We krijgen dan echter (vooral bij kortere perioden), dat de gevonden waarden zeer sterk zullen schommelen of zelfs negatief kunnen worden, in verband met de weersomstandigheden en de variabiliteit van het object. De gegevens hebben immers telkens op andere individuen betrekking. Dit bezwaar is op te heffen door het wortelgewicht, het waterverbruik en de opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen elk voor zich in een kromme uit te zetten tegen de tijd op de abscis en dan door deze punten een vloeiende lijn te trekken. Uit deze krommen valt dan voor elke gewenschte periode het gemiddelde wortelgewicht, de opgenomen hoeveelheid water en aschbestanddeelen af te lezen en daaruit op te maken bij welk van de objecten de absorptie per gram wortelmassa in die periode het grootst is. Wanneer er echter slechts op een beperkt aantal data geoogst is, zooals bij de proeven 1, 2 en 3, hebben wij zeer weinig punten ter beschikking en krijgt het ver-

TABEL 10

WATEROPNAME PER GRAM WORTELGEWICHT EN PER 24 UUR

Datum	90%		Datum	70%	
	V38	Fr.		V38	Fr.
3-6-'29	26	20	5-6-'29	81	51
17-6-'29	38	96	19-6-'29	146	166
1-7-'29	39	87	3-7-'29	76	100
15-7-'29	77	118	17-7-'29	92	185
29-7-'29	25		31-7-'29	20	

Datum	50%		Datum	30%	
	V38	Fr.		V38	Fr.
10-6-'29	69	99	12-6-'29	45	90
24-6-'29	34	55	26-6-'29	13	19
8-7-'29	39	67	10-7-'29	43	83
22-7-'29	41	82	24-7-'29	22	
5-8-'29	28		7-8-'29	26	

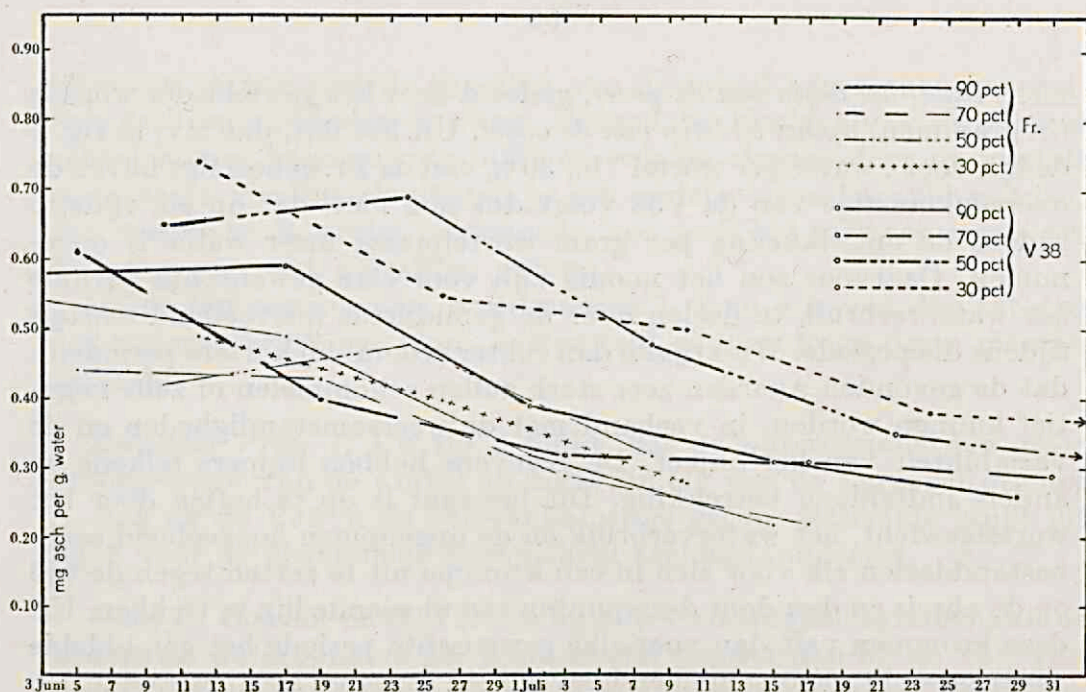


Fig. 13. De verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door de V 38 en de Fr. bij een vochtigheidstoestand van de bodem, overeenkomend met 90, 70, 50 en 30% van de watercapaciteit (Proef 1). Ordinaat: opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: opgenomen water in grammen. Abscis: tijd.

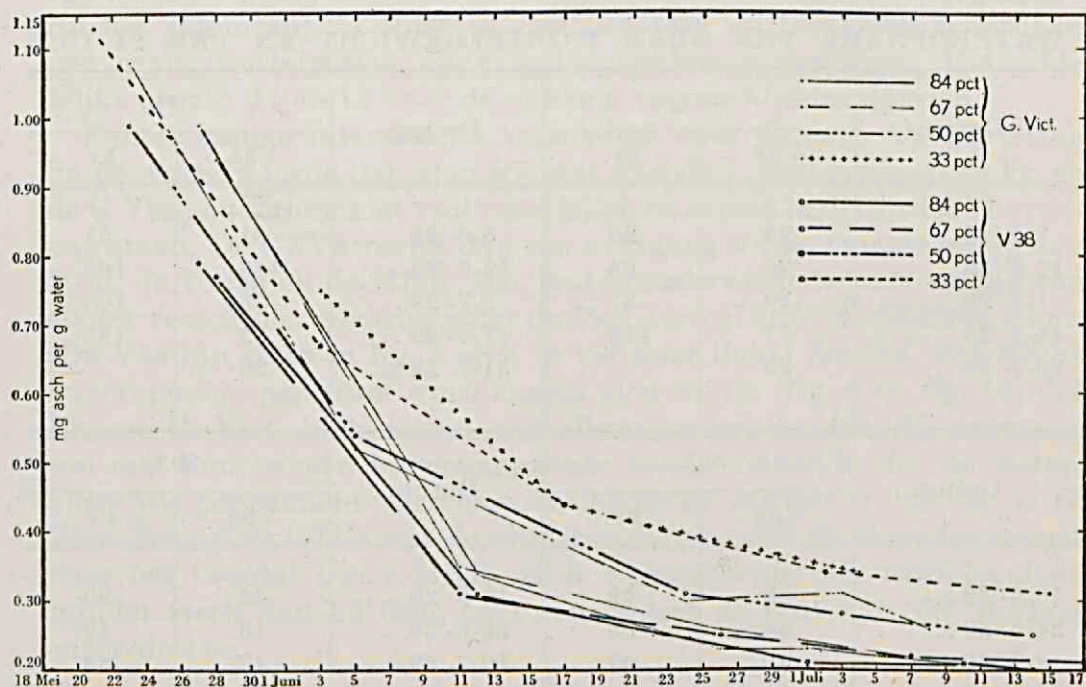


Fig. 14. De verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door de G. Vict. en de Fr. bij een vochtigheidstoestand van de bodem, overeenkomend met 84, 67, 50 en 33% van de watercapaciteit (Proef 2). Ordinaat: opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen; opgenomen water in grammen. Abscis: tijd.

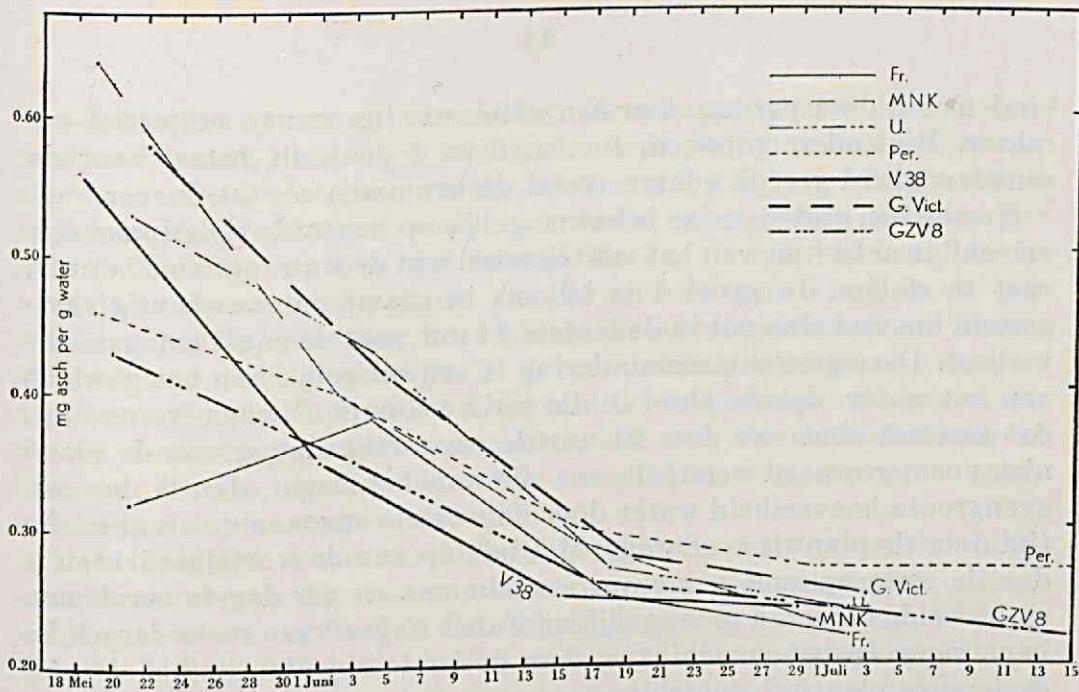


Fig. 15. De verhouding waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door G. Vict., Per., Unica, MNK, GZV 8, Fr. en V 38 bij een vochtigheidstoestand van de bodem, overeenkomend met 68% van de watercapaciteit (Proef 3).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: hoeveelheid opgenomen water in grammen. Abscis: tijd.

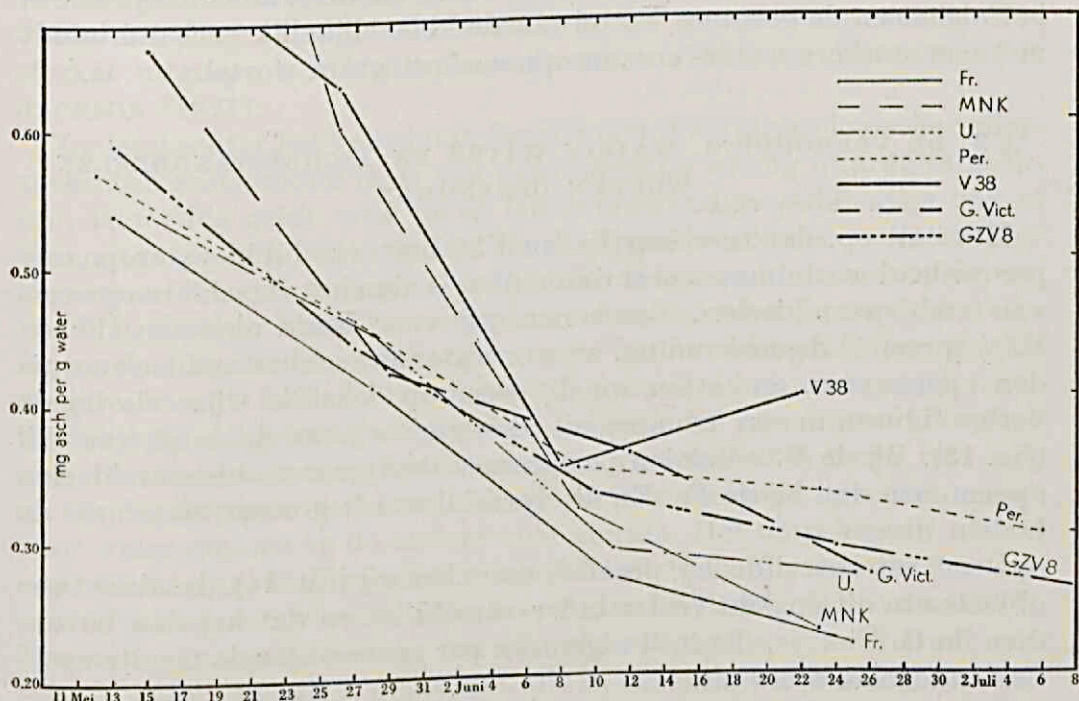


Fig. 16. De verhouding, waarin aschbestanddeelen en water opgenomen worden door V 38, Per., G. Vict., GZV 8, MNK, Unica en Fr. bij een vochtigheidstoestand van de bodem overeenkomend met 46% van de watercapaciteit (Proef 3).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: hoeveelheid opgenomen water in grammen. Abscis: tijd.

binden van deze punten door een vloeiende lijn een te subjectief karakter. Bij andere proeven, b.v. 4, 5 en 6 gaat dit beter. Voor de eenvormigheid geef ik echter overal de krommen als tot dusver.

Nog op een andere wijze is het mogelijk op bepaalde tijdstippen een verschil in activiteit van het wortelstelsel wat de wateropname betreft, vast te stellen. In proef 1 is telkens in grammen nauwkeurig vastgesteld hoeveel elke pot in de laatste 24 uur voor de oogst aan gewicht verliest. Deze gewichtsvermindering is vrijwel gelijk aan het gewicht van het water, dat de plant in die tijd verdampt. Nemen we nu aan, dat aan het eind van deze 24 uur de waterverzadiging van de plant niet noemenswaard verschilt van die aan het begin, dan is dus een evengroote hoeveelheid water door de wortels opgenomen als er in die tijd door de plant is verdampt. Met behulp van de wortelgewichten is dan de wateropname per gram wortelmassa en per dag te berekenen en bij beide objecten te vergelijken. Tabel 10 geeft een reeks dergelijke bepalingen en het verschil tusschen de beide objecten is (behalve bij de jongste plantjes) duidelijk.

Mogen we dus het slechts op eenige tijdstippen geconstateerde verschil generaliseeren (zie voor de eerste ontwikkelingsperiode blz. 68 e.v.), dan kunnen wij concludeeren, dat bij de Fr. per gram wortelmassa meer water en meer aschbestanddeelen worden opgenomen dan bij de V38. Hetzelfde geldt ook voor de G. Vict. en de V38, terwijl ook in het algemeen de grootere wortelwaarde klaarblijkelijk verband houdt met een sterkere water- en zoutopname per gram wortel.

§ 3. DE VERHOUDING, WAARIN WATER EN ASCHBESTANDDEELEN WORDEN OPGENOMEN

Het valt op, dat tusschen Fr. en V38 het verschil in wateropname per eenheid wortelmassa veel duidelijker is, dan het verschil in opname van aschbestanddeelen. Berekenen wij voor beide objecten (Fr. en V38) (proef 1) de verhouding, waarin water en aschbestanddeelen worden opgenomen, en zetten we dit weer op dezelfde wijze als bij de vorige figuren in een kromme uit, dan zien wij een duidelijk verschil (fig. 13). Bij de V38 worden per gram water meer aschbestanddeelen opgenomen dan bij de Fr. En dit verschil wordt grooter, naarmate de bodem droger is.

Doen wij hetzelfde bij proef 2, dan zien wij (fig. 14), dat deze twee objecten in dit opzicht veel minder verschillen en dat het dan bovendien de G. Vict. is, die in 't algemeen per gram water de meeste aschbestanddeelen opneemt.

Uit fig. 15 en 16, met de gegevens van proef 3, zien wij, dat de verschillende objecten ook in de verhouding, waarin ze water en asch-

bestanddeelen opnemen, verschillen. Er bestaat geen duidelijk verband met b.v. de verschillen in wortelwaarde. Wij kunnen dus niet een algemeene regel opstellen, zooals dat nog wel ging voor het verband tusschen wortelwaarde en water per wortel en aschbestanddeelen per wortel. Zoo zien wij b.v. dat terwijl Fr en G. Vict. samengaan in wortelwaarde en ten opzichte van de andere rassen ook in de per worteleenheid opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen en water, zij juist zeer sterk verschillen in de verhouding, waarin ze water en aschbestanddeelen opnemen. Daarmee is de mogelijkheid vervallen de tot dusverre gevonden verschillen alle tot één oorzaak terug te brengen. Er zijn, zooals ook wel te verwachten was, meer (en waarschijnlijk vele) factoren in het spel.

Heel duidelijk komt door deze berekening van de verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen tot uiting, dat de gevonden verschillen niet enkel het gevolg kunnen zijn van een verschil in vertakking of van een verschil in absorbeerend oppervlak, tenzij we aannemen, dat het absorbeerend oppervlak voor de wateropname niet identiek is met het absorbeerend oppervlak voor de opname van aschbestanddeelen. In dat geval zou dan de verhouding tusschen deze twee oppervlakken van object tot object moeten verschillen. Met deze mogelijkheid moet natuurlijk ook rekening gehouden worden, te meer daar in de literatuur af en toe op een soort arbeidsverdeeling tusschen de wortels in die zin gewezen wordt. Het sterkst uitgesproken is dit door JACKSON (1922) en BRENCHLEY & JACKSON (1921).

Zoolang echter het verschil in functie niet door physiologische onderzoekingen aangetoond is, is aan deze meening weinig waarde te hechten. Hetzelfde geldt voor de in landbouwkundige publicaties nog al eens uitgesproken meening, dat de diepgaande wortels de watervoorziening zouden verzorgen en de minder diepgaande de absorptie van voedingszouten. Daar in normale omstandigheden de oppervlakkige lagen van de bodem veel rijker zijn aan voedingszouten dan de diepere, kan dit inderdaad wel juist zijn, hoewel het nooit proefondervindelijk is aangetoond. Bovendien behoeft dit verschijnsel dan toch nog niet te berusten op karakteristieke verschillen in bouw van diep en minder diep gaande wortels, die de eene wortel meer geschikt maakt voor wateropname en de andere voor zouten. Het omgekeerde, nl. dat een willekeurig deel van het wortelstelsel toch alle zouten kan opnemen is wel aangetoond door b.v. ZALESKI (1927), WEAVER (1926). Een andere mogelijkheid is, dat alle absorbeerende cellen zoowel zouten als water opnemen, maar niet alle in dezelfde verhouding. De leeftijd kan hierop natuurlijk invloed hebben. Evenals op de snelheid van absorptie. Zoolang echter iets dergelijks nog niet aangetoond is, mogen we het zoo eenvoudig mogelijk voorstellen. Als wij voortdurend be-

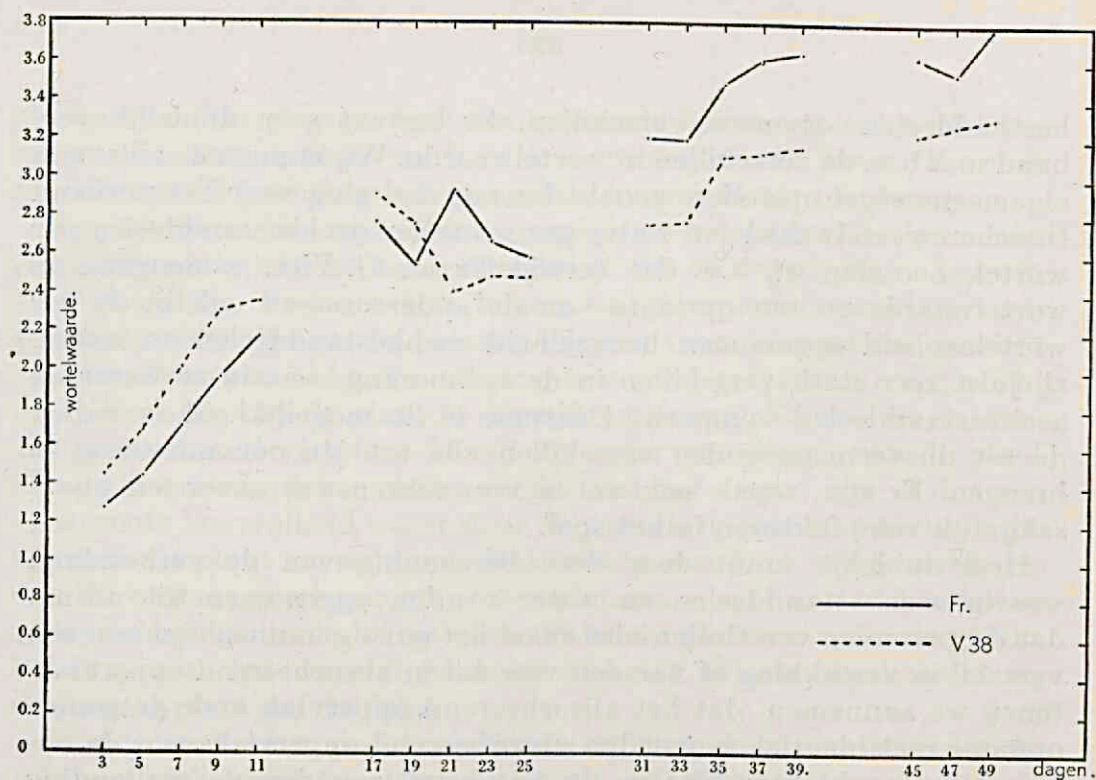


Fig. 17. Wortelwaarde van Fr. en V 38 (Proef 4)

Ordinaat: wortelwaarde.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

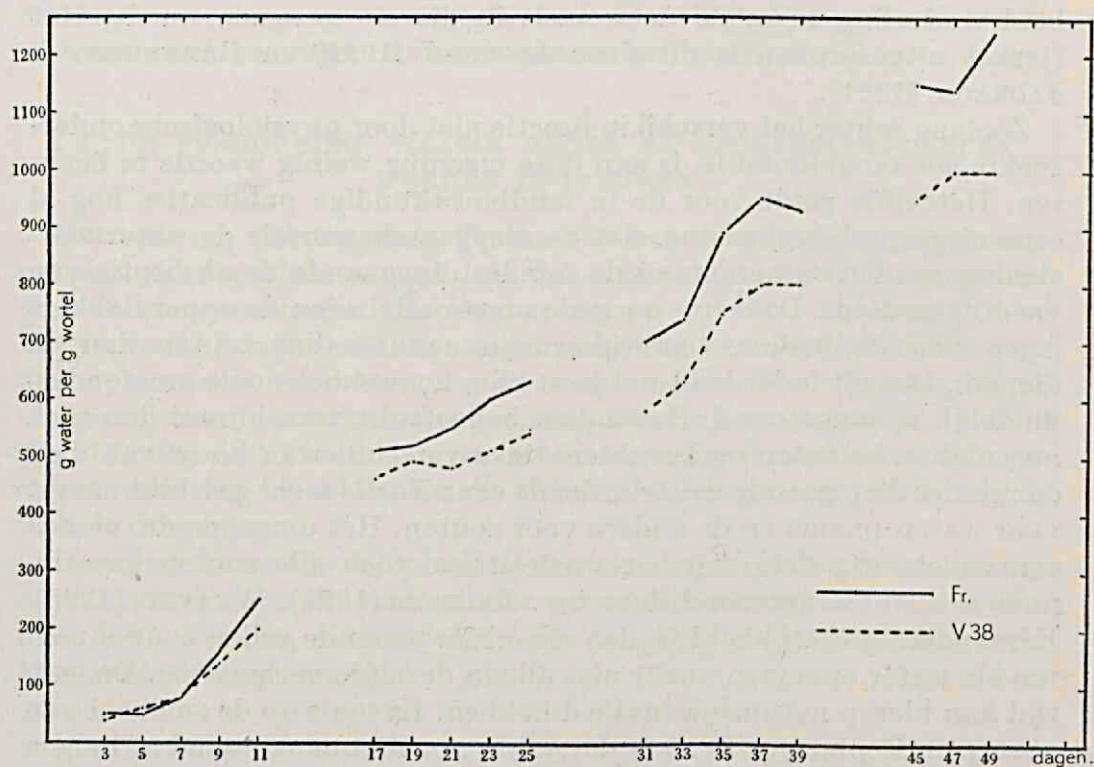


Fig. 18. Wateropname per gram wortelmasa bij Fr. en V 38 (Proef 4).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen water in grammen: worteldrooggewicht in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.



Fig. 19. Opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen per gram wortelmasa bij Fr. en V 38 (Proef 4).

Ordinaat: opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen in milligrammen: worteldrooggewicht in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.



Fig. 20. De verhouding waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door Fr. en V 38 (Proef 4).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: hoeveelheid opgenomen water in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

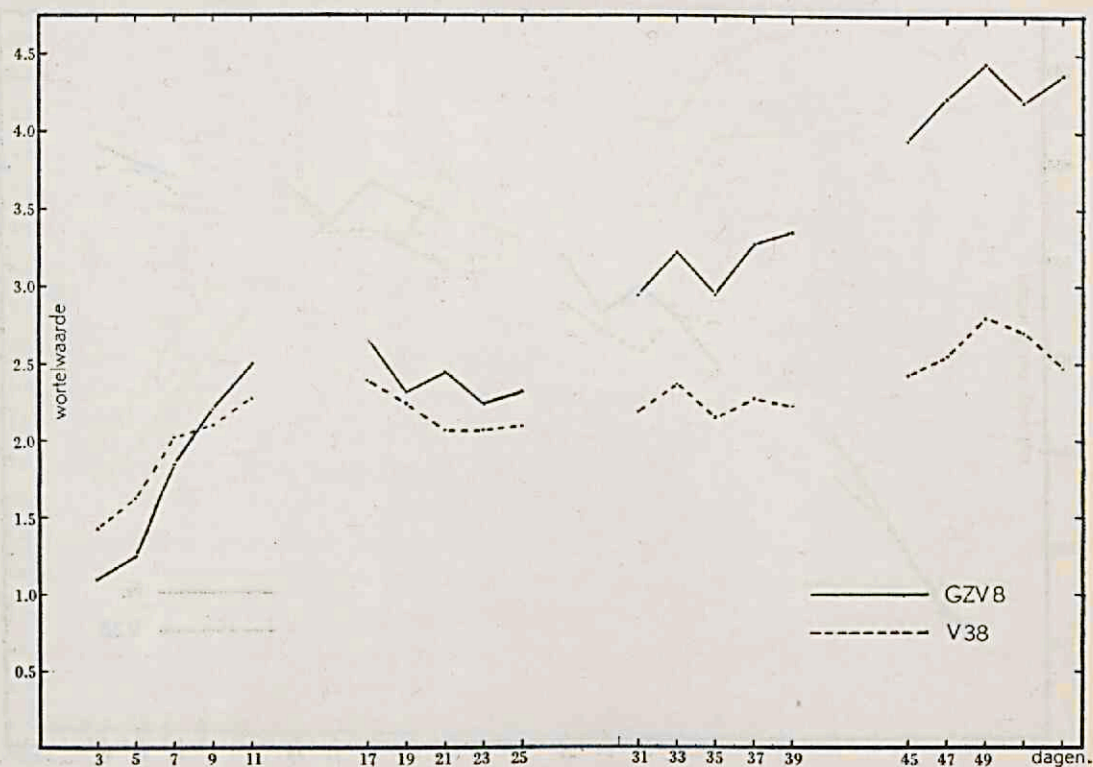


Fig. 21. Wortelwaarde van GZV 8 en V 38 (Proef 5).
 Ordinaat: wortelwaarde.
 Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.



Fig. 22. Wateropname per gram wortelmasa bij GZV 8 en V 38 (Proef 5).
 Ordinaat: hoeveelheid opgenomen water in grammen: worteldrooggewicht in grammen.
 Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

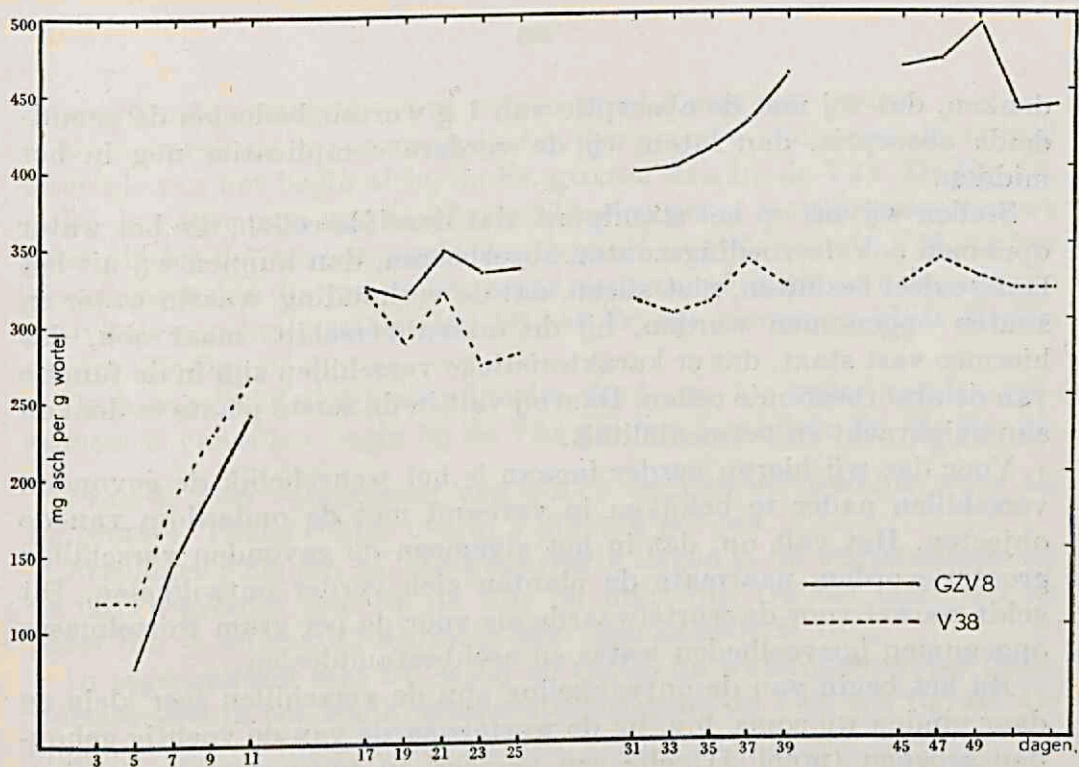


Fig. 23. Opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen per gram wortelmassa bij GZV 8 en V 38 (Proef 5).

Ordinaat: opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen in milligrammen: worteldrooggewicht in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

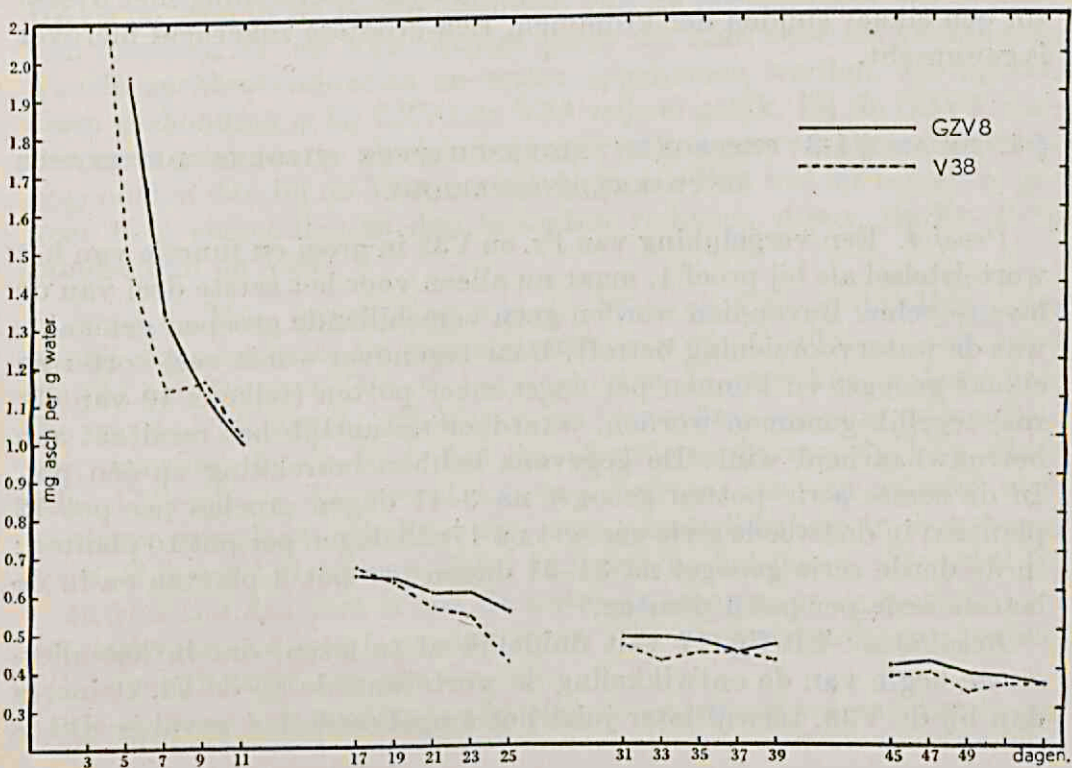


Fig. 24. De verhouding waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door GZV 8 en V 38 (Proef 5).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: hoeveelheid opgenomen water in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

denken, dat wij met de absorptie van 1 g wortels bedoelen de gemiddelde absorptie, dan laten wij de verdere complicaties nog in het midden.

Stellen wij ons op het standpunt, dat dezelfde cellen, die het water opnemen ook de voedingszouten absorbeeren, dan kunnen wij uit het laatste deel besluiten, niet alleen, dat de verhouding, waarin water en zouten opgenomen worden, bij de rassen verschilt, maar ook, dat hiermee vast staat, dat er karakteristieke verschillen zijn in de functie van de absorbeerende cellen. Daarbij valt in de eerste plaats te denken aan zuigkracht en permeabiliteit.

Voor dat wij hierop verder ingaan is het wenschelijk de gevonden verschillen nader te bekijken in verband met de ouderdom van de objecten. Het valt op, dat in het algemeen de gevonden verschillen grooter worden, naarmate de planten zich verder ontwikkelen. Dit geldt zoowel voor de wortelwaarde als voor de per gram wortelmassa opgenomen hoeveelheden water en aschbestanddeelen.

Bij het begin van de ontwikkeling zijn de verschillen zeer klein en daar vinden wij soms, b.v. bij de wortelwaarde van de vochtig gehouden groepen (proef 1) zelfs een verschil in tegengestelde richting. Nu is het de vraag of wij in dit geval wel met een reëel verschil te maken hebben, of dat in verband met de variabiliteit dit kleine verschil hier valt binnen de foutengrens. Hetzelfde geldt dan natuurlijk voor de overige aan het begin van de ontwikkeling gevonden kleine verschillen, al komt het daar in de graphische voorstelling niet overal tot een elkaar snijden der krommen. Een grootere zekerheid hierover is gewenscht.

§ 4. DE IN § 1-3 BESPROKEN EIGENSCHAPPEN TIJDENS DE EERSTE ONTWIKKELINGSPERIODE

Proef 4. Een vergelijking van Fr. en V38 in groei en functie van het wortelstelsel als bij proef 1, maar nu alleen voor het eerste deel van de levenscyclus. Bovendien worden geen verschillende groepen gemaakt, wat de watervoorziening betreft. Daar tegenover wordt veel korter na elkaar geoogst en kunnen per oogst meer potten (telkens 10 van elk ras) tegelijk genomen worden, waardoor natuurlijk het resultaat aan betrouwbaarheid wint. De gegevens hebben betrekking op één pot. In de eerste serie potten geoogst na 3-11 dagen groeien per pot 12 planten; in de tweede serie geoogst na 17-25 dagen per pot 10 planten; in de derde serie geoogst na 31-37 dagen per pot 8 planten en in de laatste serie per pot 4 planten.

Resultaten: Uit fig. 17 valt duidelijk af te lezen, dat in het aller-eerste begin van de ontwikkeling de wortelwaarde bij de Fr. kleiner is dan bij de V38, terwijl later juist het omgekeerde het geval is. Dit is

in overeenstemming met wat ook in proef 1 werd gevonden.

De hoeveelheid opgenomen water per gram wortelmasa is vrijwel dadelijk van het begin af bij de Fr. grooter dan bij de V38. Zie fig. 18.

Bij het opnemen van aschbestanddeelen per g wortelmasa zien we juist als bij de wortelwaarde dat eerst de wortels van de V38 sterker absorbeeren dan die van de Fr., maar reeds vanaf ongeveer 8 dagen is de activiteit van het wortelstelsel bij het Fr. ras grooter en blijft dit dan verder. Zie fig. 19.

De hoeveelheid aschbestanddeelen die tegen 1 g water wordt opgenomen, is vanaf het begin bij de V38 grooter dan bij de Fr. Zie fig. 20.

Proef 5. Een vergelijking van GZV8 en V38 op dezelfde wijze als bij proef 4. Thans echter overal 4 planten per pot.

Resultaten: Zie fig. 21. Na ongeveer 8 dagen is de wortelwaarde bij de GZV8 grooter dan bij de V38 en blijft dit. Op het eind van de proef (na ± 50 dagen) bedraagt het verschil zelfs al 70%.

In tegenstelling met Fr. is bij de GZV8 de wateropname per gram wortelmasa in het begin minder sterk dan bij de V38. Zie fig. 22. De opname van aschbestanddeelen per gram wortelmasa is zoowel bij GZV8 als bij de Fr. eerst geringer dan bij de V38, maar later (bij de Fr. na ongeveer 8 dagen, bij de GZV8 na ongeveer 12 dagen) sterker. Zie fig. 23.

De verschillen in wortelwaarde, en in de opgenomen hoeveelheden water en aschbestanddeelen per gram wortelmasa zijn tusschen GZV8 en V38 in de eerste 50 dagen van de levenscyclus nog grooter dan tusschen Fr. en V38. Echter geldt dit niet voor de verhouding waarin aschbestanddeelen en water opgenomen worden. Zie fig. 24. Deze verhouding is bij GZV8 en V38 vrijwel gelijk. Bij de GZV8 worden per gram water slechts ongeveer 5% meer aschbestanddeelen opgenomen dan bij de V38, terwijl de Fr. en V38 wat dit betreft ongeveer 10% verschillen en dan in andere richting, d.w.z. de Fr. 10% minder dan de V38.

Proef 6. Een vergelijking van G. Vict. en V38 op dezelfde wijze als bij experiment 5. De wortelwaarde van de G. Vict. is ook juist als die van Fr. en GZV8, in het begin van de ontwikkeling lager dan die van de V38. Zie fig. 25. Het duurt hier echter een paar weken langer, voordat de G. Vict. het in wortelwaarde van de V38 wint. Klaarblijkelijk is dit vooral toe te schrijven aan een relatief veel sterkere wortelontwikkeling dan stengelontwikkeling in het begin speciaal in het tijdvak van 11 tot 17 dagen na het poten. (Zie tabel 7.)

In verband daarmee is ook de wateropname per gram wortelmasa tot ongeveer 40 dagen lager dan bij de V38, om pas daarna er aanzienlijk bovenuit te komen (zie fig. 26).

De opname van aschbestanddeelen is echter vrijwel van het begin

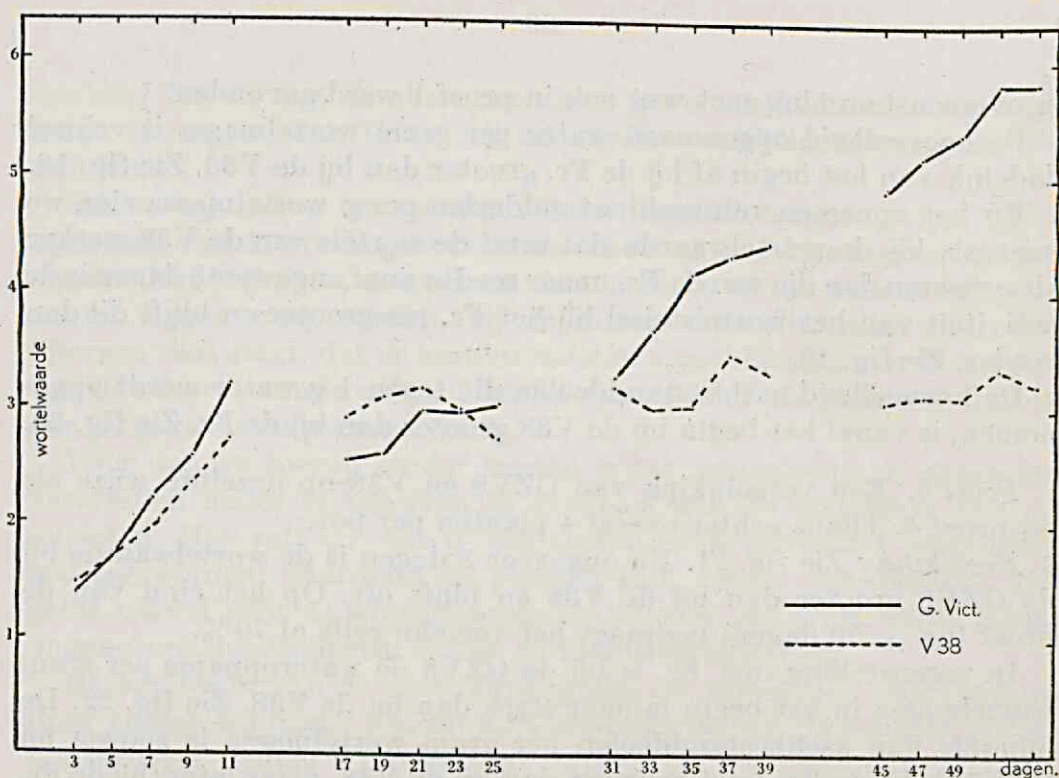


Fig. 25. Wortelwaarde van G. Vict. en V 38 (Proef 6).
 Ordinaat: wortelwaarde.
 Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

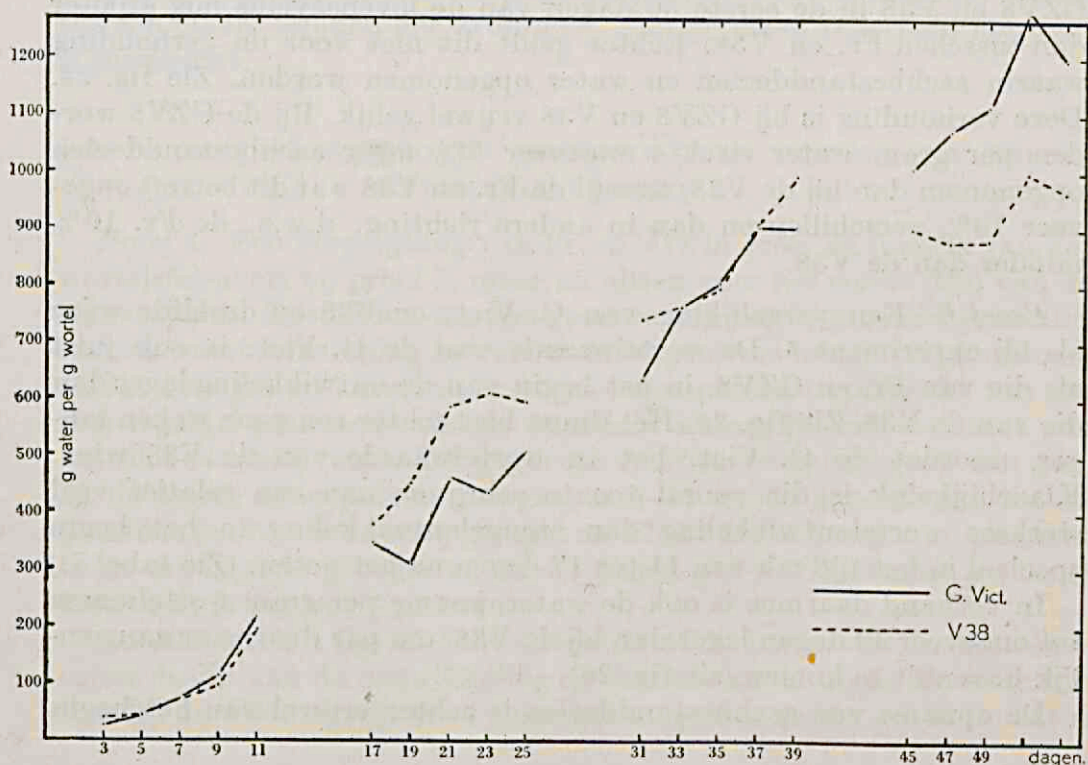


Fig. 26. Wateropname per gram wortelmasa bij G. Vict. en V 38 (Proef 6).
 Ordinaat: hoeveelheid opgenomen water in grammen: worteldrooggewicht in grammen.
 Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

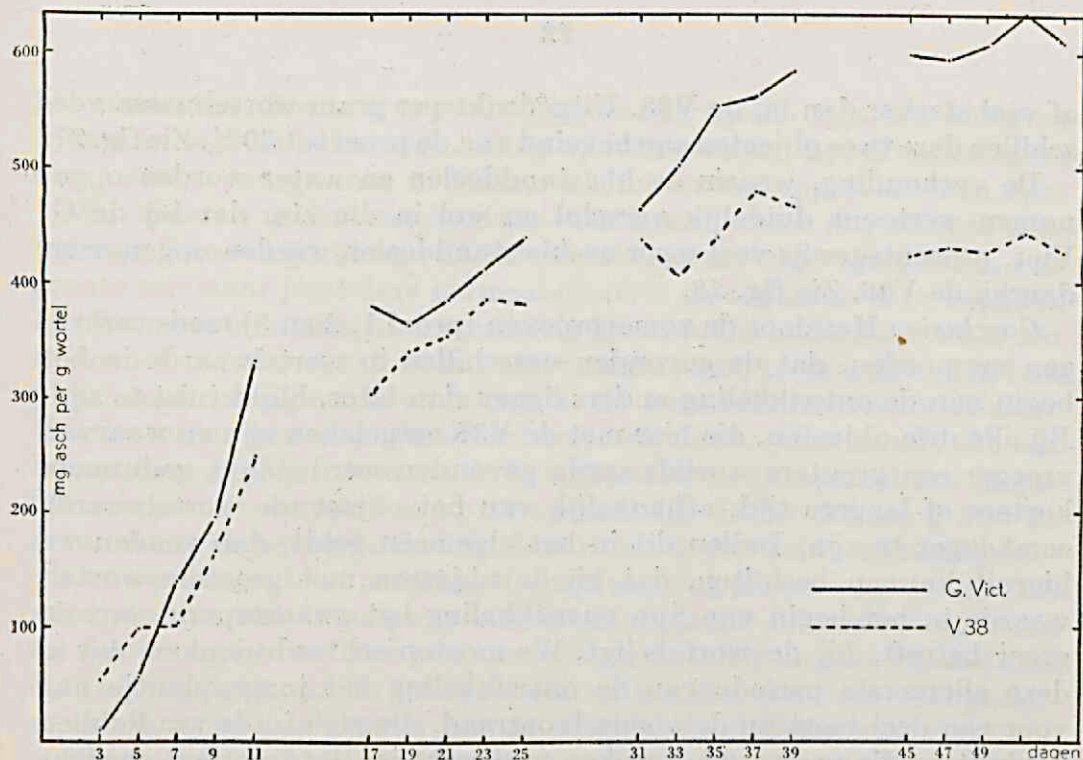


Fig. 27. Opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen per gram wortelmassa bij G. Vict. en V 38 (Proef 6).

Ordinaat: opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen in milligrammen: worteldrooggewicht in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

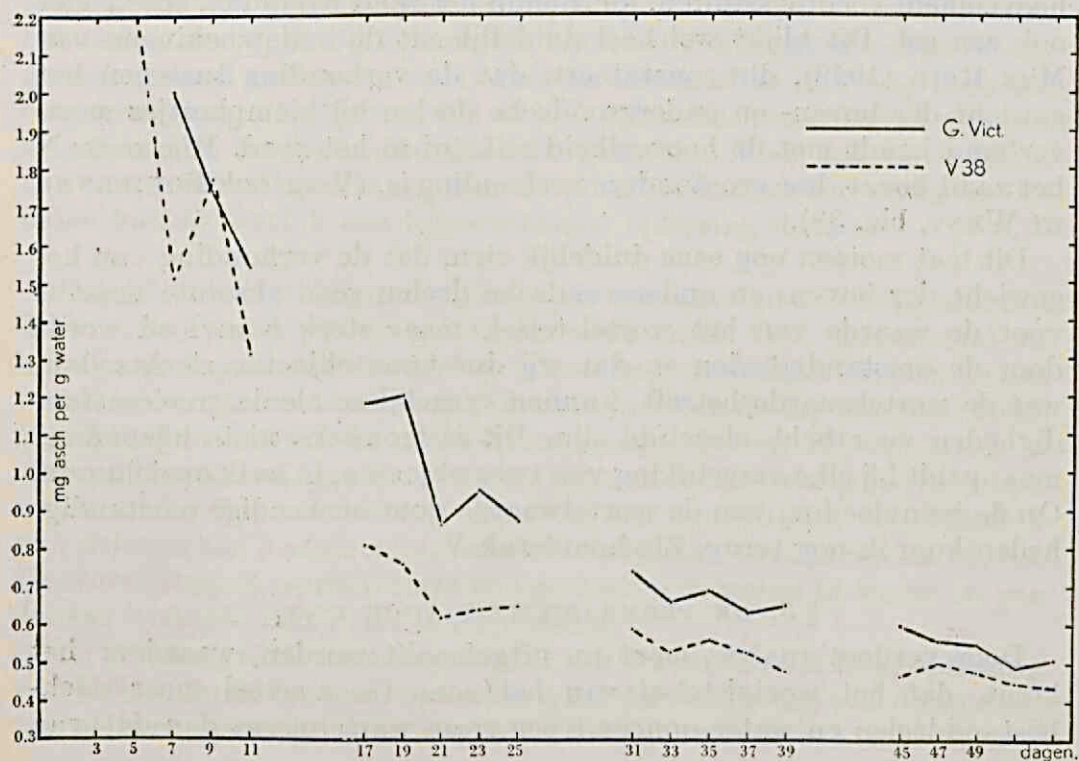


Fig. 28. De verhouding waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen door G. Vict. en V 38 (Proef 6).

Ordinaat: hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen in milligrammen: hoeveelheid opgenomen water in grammen.

Abscis: leeftijd in dagen na 't poten der kiemplantjes.

af veel sterker dan bij de V38. Uitgedrukt per gram wortelmasa verschillen deze twee objecten aan het eind van de proef tot 30 %. Zie fig. 27.

De verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen vertoont duidelijk verschil en wel in die zin, dat bij de G. Vict. procentsgewijs veel meer aschbestanddeelen worden opgenomen dan bij de V38. Zie fig. 28.

Conclusie: Het door de zomerproeven (proef 1, 2 en 3) reeds verkregen vermoeden, dat de gevonden verschillen in wortelwaarde in het begin van de ontwikkeling anders liggen dan later, blijkt juist te zijn. Bij alle drie objecten, die hier met de V38 vergeleken zijn en waarvan vroeger een grootere wortelwaarde gevonden werd, blijkt gedurende kortere of langere tijd, afhankelijk van het object, de wortelwaarde eerst lager te zijn. Indien dit in het algemeen geldt, dan zouden we hieruit kunnen besluiten, dat bij de objecten met grootere wortelwaarde in het begin van hun ontwikkeling het zwaartepunt, wat de groei betreft, bij de wortels ligt. We moeten echter bedenken, dat in deze allereerste periode van de ontwikkeling het jonge plantje nog voor een deel teert op de voedselvoorraad, die zich in de zaadlobben bevindt en die pas na 2 à 3 weken verbruikt is. Het quotient gewicht bovengrondsche deelen: gewicht ondergrondsche deelen (wortelwaarde) heeft hier dan ook nog niet de beteekenis van later, waar het ons zegt hoeveel gram men van de bovengrondsche deelen door 1 gram van de ondergrondsche van water en minerale zouten worden voorzien. De hoeveelheid voedingsstoffen, die zich in het zaad bevinden, speelt hier ook een rol. Dit blijkt wel heel duidelijk uit de onderzoekingen van Miss REID (1929), die constateert, dat de verhouding tusschen het gewicht der boven- en ondergrondsche deelen bij kiemplantjes nauw verband houdt met de hoeveelheid stikstof in het zaad. Hoe meer N het zaad bevat, hoe grooter deze verhouding is. (Verg. ook BOULENNE ET WENT, blz. 38).

Dit laat meteen nog eens duidelijk zien, dat de verhouding van het gewicht der boven- en ondergrondsche deelen geen absolute maat is voor de waarde van het wortelstelsel, maar sterk beïnvloed wordt door de omstandigheden en dat wij dus twee objecten slechts dan, wat de wortelwaarde betreft, kunnen vergelijken als de groeiomstandigheden voor beide dezelfde zijn. Dit is trouwens niets bijzonders, maar geldt bij elke vergelijking van twee objecten, in welk opzicht ook. Op de beïnvloeding van de wortelwaarde door uitwendige omstandigheden kom ik nog terug. Zie hoofdstuk V.

§ 5. DE PERMEABILITEIT VOOR KNO_3

Door verdere analyse moet nu uitgemaakt worden, waardoor het komt, dat het wortelstelsel van het eene ras zooveel meer aschbestanddeelen en water opneemt per gram wortelmasa dan dat van

het andere ras. Boven is er reeds op gewezen, dat de objecten water en zouten in verschillende verhouding opnemen en dat het dus niet enkel een kwestie van grooter of kleiner absorbeerend oppervlak kan zijn.

Wij weten van het mechanisme der zoutopname nog slechts zeer weinig. Waarschijnlijk speelt de permeabiliteit van het plasma een groote rol, maar juist deze permeabiliteit is moeilijk zuiver te bepalen. Het kan dan ook misschien voorbarig lijken in dit onderzoek, waar het te doen is om rassen van onze landbouwgewassen te vergelijken in hun physiologische eigenschappen ook al de permeabiliteit te betrekken. Het is echter een zeer fundamenteele eigenschap en zooals uit het bovenstaande blijkt, bestaat de behoefte ook in dit opzicht zoo mogelijk eventueele verschillen op te sporen. Bij de beoordeeling van de resultaten van het onderzoek in deze richting moet dan natuurlijk bedacht worden, dat het permeabiliteitsvraagstuk als een nog onopgelost vraagstuk in het brandpunt van de biologische belangstelling staat en dat een gegeven interpretatie later misschien onjuist zal blijken. Met het wijzigen van de interpretatie valt echter een eventueel geconstateerd verschil in reactie van de vergeleken objecten niet weg.

Het is niet de bedoeling om de voor- en nadeelen van de verschillende methodes tegen elkaar af te wegen. De meest zuivere methode, dat is de chemisch-analytische, is in de meeste gevallen en ook hier, niet te gebruiken. Ik heb de methode van LUNDEGÅRDH (1911) gevolgd en mij bij de keuze van deze methode laten leiden door de overweging, dat het wenschelijk is de bepalingen te doen met cellen in hun natuurlijk verband. Bij het maken van coupes komen de cellen in een geheel vreemd milieu en het is zeer de vraag of ze dan nog normaal reageeren (verg. GELLHORN, blz. 21). Om dezelfde reden heb ik van een hypotonische zoutoplossing gebruik gemaakt. Voor het onttrekken van water aan de worteltop om de permeabiliteit voor water te bepalen kan natuurlijk een hypertonische oplossing dienen.

Proef 7. Op verschillende tijdstippen van hun ontwikkeling worden de wortels van in potten gekweekte V38 en G. Vict. uitgespoeld en hiervan de toppen afgesneden op minstens 1 cm lengte. Met een naald wordt hierin op een afstand van plm 1,3 mm van de top een rood merk geprikt, door vooraf de naald even in een Soedan III oplossing te steken. De afstand van de uiterste punt van de worteltop tot dit merk wordt onder het microscoop gemeten met objectief A en oculair 2 van Zeiss en een oculair micrometer, waarbij dan 1 schaaldeel is 16,6 μ . De worteltoppen worden eerst eenige keeren gemeten in water en pas daarna overgebracht in de zoutoplossing.

Als plasmolyticum wordt gebruikt een 0,2 en een 0,3 mol. oplossing van KNO_3 . In de 0,2 mol. oplossing gaat de verkorting van de worteltop al heel spoedig, vaak oogenblikkelijk, over in een weer langer

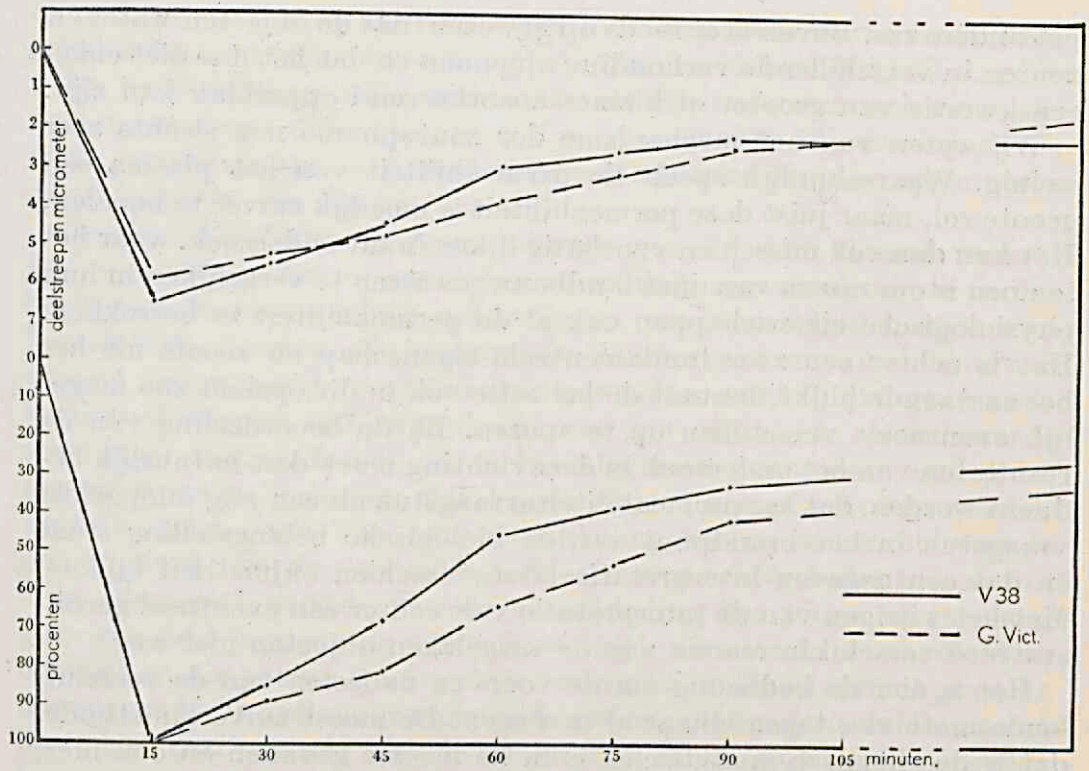


Fig. 29. Lengte af- en toename van worteltoppen van V 38 en GV na overbrengen uit water in een 0,2 mol KNO_3 -oplossing.

Ordinaat: Boven, lengteafname in deelstreepen van de micrometer (1 str. = 16.6μ). Beneden, idem in % van de maximale lengteafname.

Abscis: aantal minuten na het overbrengen in KNO_3 .

worden. Hieruit valt af te leiden, dat deze oplossing hypotonisch is. In de 0,3 mol. oplossing blijft de lengte van de worteltop na het inkrimpen eenige tijd constant om pas daarna weer groter te worden. Deze oplossing is waarschijnlijk iets hypertoonisch.

Als voorbeelden van het verloop van vermeerdering en vermindering van de lengte verwijs ik naar fig. 29. In deze fig. is voor een betere vergelijking van beide objecten de lengteverandering ook uitgezet in % van de maximale lengteafname (onderste krommen). De verandering in lengte is het gevolg van een waterverplaatsing, eerst van binnen naar buiten, later van buiten naar binnen. Naar aangenomen wordt is dit laatste toe te schrijven aan het groter worden van de zuigkracht ten gevolge van het binnendringen van de KNO_3 . De snelheid van deze lengtevermeerdering wordt dan beschouwd als een maat voor de permeabiliteit voor dit zout.

Zooals uit het gegeven voorbeeld blijkt, bestaat er een duidelijk verschil in permeabiliteit. Dit is echter niet altijd het geval. Nu is het niet mogelijk met het oog op de plaatsruimte om van de vele bepalingen, die gedaan zijn, telkens de resultaten in kromme of in tabel te

laten zien. Ik heb daarom gezocht naar een objectieve maat, die in een enkel getal toch een idee geeft van het verloop van het weer langer worden in de KNO_3 -oplossing en daarmee dus een oordeel mogelijk maakt over de permeabiliteit. Met het oog op de vergelijking van de beide objecten maak ik gebruik van de onderste krommen, waar dus voor elk object de verkorting weergegeven is in % van de maximale lengtevermindering. Bij het begin, als de toppen in water liggen, is hun zuigkracht 0. Als de worteltop op zijn kortst is geworden, is er in een hypotonische oplossing evenwicht tusschen de zuigkracht van de worteltop en van de omringende vloeistof. Deze twee punten geven bij beide objecten dus overeenkomstige toestanden aan. Als maat voor het het naar binnen dringen van KNO_3 kan nu dienen de helling van de lijn, die het punt, waar de top op zijn kortst is, verbindt met het punt, dat aan het eind van de reeks waarnemingen bereikt is. Omdat in sommige gevallen de kromme reeds haar hoogste punt bereikt voor het eind van de waarnemingen-reeks, is het juister de helling te nemen van de lijn tusschen laagste en hoogste punt van de kromme. Afgezien van kleine schommelingen, die wel aan waarnemings-fouten toe te schrijven zijn, is het laagste punt van de kromme gewoonlijk 10 minuten na het overbrengen in de KNO_3 -oplossing bereikt. Om eenheid te verkrijgen in de aflezingen en elke subjectieve interpretatie uit te sluiten, heb ik nu op de verschillende krommen de tangens bepaald van de hoek tusschen de abscis en de lijn, die het hoogste punt, dat als gevolg van de KNO_3 -opname bereikt wordt, verbindt met de abscis op 10 minuten afstand van de oorsprong. (Bij proef 7 op 15 min. afstand van de oorsprong, omdat de eerste waarneming pas na 15 min. geschiedde.)

TABEL 11

TANGENS HOEK PERMEABILITEITS-
KROMME 0,2 m KNO_3 EN ABCIS
(proef 7)

Dagen na het planten	V38	GeleVict.
12	0,20	0,25
18	0,36	0,37
28	0,28	0,26
31	0,45	0,39
33	0,36	0,31
38	0,37	0,22
40	0,28	0,23
46	0,20	0,20
55	0,52	0,24

TABEL 12

TANGENS HOEK PERMEABILITEITS-
KROMME 0,25 m KNO_3 EN ABCIS
(proef 8)

Datum	V38	Fr.
9 Dec. 1932...	0,43	0,20
13 „ 1932...	0,42	0,40
16 „ 1932...	0,37	0,38
19 „ 1932...	0,32	0,23
22 „ 1932...	0,34	0,16
3 Jan. 1933...	0,31	0,10
6 „ 1933...	0,25	0,14

In tabel 11 zijn deze tangensen opgegeven. Het blijkt, dat in het algemeen de V38 een grootere permeabiliteit bezit dan de G. Vict. Het is echter duidelijk, dat er een groote variabiliteit bestaat en zoo-

lang meer gegevens ontbreken, kunnen we in de uitkomst van deze bepaling niet meer zien, dan een aanwijzing, dat de permeabiliteit bij de worteltoppen van de V38 waarschijnlijk grooter is dan bij die van de G. Vict.

TABEL 13

IN KOLOM 2 EN 3 DE TANGENS VAN DE HOEK VAN DE PERMEABILITEITSKROMME 0,2 m KNO_3 EN DE ABCIS (Proef 9)

Datum	V38	Fr.	gem. lengte worteltop		gem. dikte worteltop	
			V38	Fr.	V38	Fr.
5 Oct. 1933.....	0,50	0,38	74	73	26	22
9 „ 1933.....	0,42	0,32	74	85	25	24
12 „ 1933.....	0,41	0,32	83	73	25	19
16 „ 1933.....	0,56	0,32	88	85	25	21
19 „ 1933.....	0,41	0,35	79	91	?	?
24 „ 1933.....	0,42	0,39	65	71	23	20
27 „ 1933.....	0,36	0,39	65	64	20	20
31 „ 1933.....	0,39	0,36	79	79	22	18
3 Nov. 1933.....	0,26	0,24	87	85	22	21
13 „ 1933.....	0,37	0,32	82	76	21	21
21 „ 1933.....	0,33	0,34	77	77	22	21

Proef 8. Een vergelijking tusschen V38 en Fr. geeft wel een duidelijker verschil te zien (tabel 12), maar hier en ook bij een herhaling van het onderzoek: Proef 9 (zie tabel 13) komen toch ook gevallen voor, waar de permeabiliteit bij de V38 kleiner is dan bij de Fr. Het is de groote variabiliteit der individueele worteltoppen, die klaarblijkelijk het rasverschil, zooals dat bij de gebruikte methode vastgesteld wordt, overheerscht.

Er is echter nog een ander argument, dat pleit voor een grootere permeabiliteit bij de wortels van de V38. Vanaf het oogenblik, waarop de worteltop uit het water overgebracht wordt in de KNO_3 -oplossing, zal het zout naar binnen dringen. Dan is het concentratie-verschil het grootst, zoodat het naar binnen dringen van KNO_3 dan sneller zal plaats vinden dan later. Bij het object, dat het sterkst permeabel is, zal daardoor de osmotische waarde van het celvocht sterker stijgen dan bij het andere object en daardoor de lengte minder ver terug gaan. Vergelijk ik nu de gemiddelde lengteafname, zooals ik die gevonden heb bij het overbrengen in suikeropl. van 0,5, 0,4 en 0,3 mol, dan vind ik de lengte-afname bij de V38 het grootst in resp. 7 van de 9, 3 van de 5, 2 van de 3 gevallen (samen 12 van de 17 of in 71%), terwijl bij het overbrengen in 0,3 en in 0,2 mol KNO_3 , de lengte-afname bij de V38 het grootst is in resp. 2 van de 11 en 3 van de 11 gevallen (samen in 6 van de 22 of in 27% van de gevallen).

DE LENGTEVERMINDERING (IN DEELSTREEPEN VAN DE OCULAIRMICROMETER) VAN WORTELTOPPEN NA
HET OVERBRENGEN UIT WATER IN EEN SUIKEROPLOSSING VAN 0,5 MOL.

1 deelstreep = 16,6 μ

77

1933	19 Oct.				26 Oct.				2 Nov.				15 Nov.						
	lengte afn. in 0.5 m suiker		idem in %		lengte afn. in 0.5 m suiker		idem in %		lengte afn. in 0.5 m suiker		idem in %		lengte afn. in 0.5 m suiker		idem in %				
	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.			
Na: 30"	1	2,25	13	34	Na: 30"	0,70	1,2	13	18	Na: 30"	2,7	3,6	33	49	Na: 30"	1,1	1,9	10	19
1'	2,5	3,5	33	53	1'	1,4	1,9	26	28	1'	4,6	5,2	57	71	1'	2,1	3,6	18	35
1' 30"	3,25	3,75	43	57	1' 30"	2,3	2,8	43	42	1' 30"	6,2	6,1	77	84	1' 30"	3,4	5,3	30	52
2'	4,13	4,88	54	74	2'	3,0	3,7	56	55	2'	7,-	6,7	86	92	2'	4,8	6,9	42	68
2' 30"	4,88	5,25	64	79	2' 30"	3,7	4,8	69	72	2' 30"	7,4	7,-	91	96	2' 30"	5,5	8,1	48	79
3'	5,5	5,75	72	87	3'	4,1	5,3	76	79	3'	7,7	7,1	95	97	3'	6,8	8,9	59	87
3' 30"	5,88	6,-	77	91	3' 30"	4,3	5,8	80	87	3' 30"	8,-	7,2	99	99	3' 30"	7,6	9,4	66	92
4'	6,5	6,-	85	91	4'	4,6	6,1	85	91	4'	8,-	7,2	99	99	4'	8,3	9,5	72	93
4' 30"	6,5	6,38	85	96	4' 30"	5,-	6,1	93	91	4' 30"	8,1	7,3	100	100	4' 30"	8,9	9,5	77	93
5'	6,75	6,38	88	96	5'	5,1	6,5	94	97	5'	8,1	7,3	100	100	5'	9,4	10,-	82	98
5' 30"	7,-	6,38	92	96	5' 30"	5,1	6,6	94	99	5' 30"	8,1	7,3	100	100	5' 30"	10,-	10,-	87	98
6'	7,13	6,5	93	98	6'	5,2	6,6	96	99	6'	8,1	7,3	100	100	6'	10,3	10,-	90	98
6' 30"	7,25	6,5	95	98	6' 30"	5,3	6,6	98	99	6' 30"	8,1	7,3	100	100	6' 30"	10,6	10,1	92	99
7'	7,38	6,5	97	98	7'	5,3	6,7	98	100	7'	8,1	7,3	100	100	7'	11,-	10,1	96	99
7' 30"	7,50	6,63	98	100	7' 30"	5,4	6,7	100	100	7' 30"	8,1	7,3	100	100	7' 30"	11,1	10,1	97	99
8'	7,63	6,63	100	100						8'	8,1	7,3	100	100	8'	11,1	10,1	97	99
										8' 30"	8,1	7,3	100	100	8' 30"	11,3	10,1	98	99
										9'	8,1	7,3	100	100	9'	11,4	10,1	99	99
										9' 30"	8,1	7,3	100	100	9' 30"	11,4	10,1	99	99
										10'	8,1	7,3	100	100	10'	11,5	10,2	100	100
Aantal toppen	4	4			Aantal toppen	5	5			Aantal toppen	6	6			Aantal toppen	4	4		
Gem.					Gem.					Gem.					Gem.				
lengte	70	75			lengte	64	68			lengte	80	85			lengte	98	97		
Gem.					Gem.					Gem.					Gem.				
dikte	22	20			dikte	22	21			dikte	18	21			dikte	26	25		

Conclusie. Met de tot dusverre verkregen gegevens is echter het bewijs niet geleverd en kunnen we met de conclusie niet verder gaan dan te zeggen, dat het zeer waarschijnlijk is, dat de worteltoppen van de V38 meer permeabel zijn voor KNO_3 , dan die van de Fr.

§ 6. DE PERMEABILITEIT VOOR WATER

Bij de planten van proef 9 is behalve de permeabiliteit voor KNO_3 ook nagegaan of er verschil bestaat in de permeabiliteit voor water. De methodiek komt overeen met die van de permeabiliteitsbepaling voor KNO_3 , met dit verschil, dat de worteltoppen uit het water, waarin ze eerst gemeten zijn, overgebracht worden in een sterke suikeroplossing (0,5 mol) en de lengte-verandering van de top elke halve minuut wordt waargenomen.

Uit tabel 14 blijkt, dat het uittreden van water bij de Fr. aanmerkelijk sneller gaat dan bij de V38. Een duidelijke invloed van het niet precies even lang en even dik zijn der worteltoppen is niet te merken. Als de worteltoppen op hun kortst zijn, kunnen we aannemen, dat alle cellen hun turgor hebben verloren. De in de tabel opgegeven lengte-afname in % laat dus het verloop zien van het verlies van de turgor.

Hoewel wij een zeer duidelijk verschil zien in reactie van de beide objecten en het voor de hand ligt dit toe te schrijven aan verschil in doorlaatbaarheid van celwanden en vooral ook van het protoplasma, want dit geeft de groote weerstand voor water. (Zie DE HAAN. Hier ook verdere literatuurverwijzingen, o.a. naar de belangrijke onderzoekingen op dit gebied van HUBER en HÖFLER!), is de juistheid van deze opvatting niet zeker. En wel om de volgende reden.

Op het uittreden van water heeft behalve de permeabiliteit ook invloed de grootte van de kracht, die de waterverplaatsing bewerkt. Het is dus mogelijk, dat het verschil in snelheid, waarmee de worteltop korter wordt, niet het gevolg is van een verschil in permeabiliteit, maar veroorzaakt wordt, doordat niet bij beide objecten een even groote kracht de waterverplaatsing bewerkt. Nu staan de wortels en daarna nog de worteltoppen lang genoeg in water om aan te kunnen nemen, dat zij met water verzadigd zijn, en dat de zuigkracht dus 0 is. Dit blijkt bij het meten in water vóór het overbrengen in de suikeroplossing. URSPRUNG en BLUM definieeren voor een cel zuigkracht = osmotische waarde celvocht-wanddruk. Houden we ons ook voor de worteltoppen aan deze definitie, dan wil het met water verzadigd zijn dus zeggen, dat het verschil in osmotische waarde van het celvocht en de wanddruk bij alle toppen even groot is, nl. = 0. Echter behoeven osmotische waarde van het celvocht en wanddruk elk voor zich niet overal gelijk te zijn.

Nu valt het op, dat de maximale lengtevermindering van top tot

top verschilt. Uit andere onderzoeken (zie b.v. „Root systems”, blz. 16) is bekend, dat elke worteltop zijn eigen groeisnelheid heeft.

Verder weten we uit de onderzoeken van HEYN (1931, zie ook 1933), dat de elastische rekbaarheid nauw verband houdt met (nl. het gevolg is van) de groei. Het is dus zeer waarschijnlijk, dat hoewel in zuigkracht gelijk, er tusschen de worteltoppen toch verschillen bestaan in wanddruk en osmotische waarde.

Dat het verschil in meer of minder ver uitgerekt zijn echter niet van overwegende invloed is op het geconstateerde verschil in uittredings-snelheid van water, blijkt bij een beschouwing van het gedrag van de individueele worteltoppen. In tabel 15 zijn de gegevens van 15 November voor elke worteltop afzonderlijk weergegeven. Ook bij de worteltop (d) van de Fr., die klaarblijkelijk eerst het minst ver uitgerekt is, geschiedt het uittreden van water sneller dan bij de toppen van V38. Evenzoo bij de worteltop (b) van de Fr., die eerst het sterkst uitgerekt was.

TABEL 15

DE LENGTEVERMINDERING (IN DEELSTREEPEN VAN DE OCULAIR-MICROMETER) VAN DE INDIVIDUEELE WORTELTOPPEN BIJ HET OVERBRENGEN UIT WATER IN EEN SUIKEROPLOSSING VAN 0,5 MOL.

1 deelstreep = $16,6 \mu$

V38				gem. in %		Fr.				gem. in %	
a	b	c	d			a	b	c	d		
1	1	1	1,5	1,1	10	1,5	2	3	1	1,9	19
2	2	2	2,5	2,1	18	2,5	4	5	3	3,6	35
3	4	3	3,5	3,4	30	3,5	6,5	7	4	5,3	52
4	6	4	5	4,8	42	4,5	9	8,5	5,5	6,9	68
4	7	5	6	5,5	48	5,5	11	9,5	6,5	8,1	79
5	9	6	7	6,8	59	6,5	12	10	7	8,9	87
5	10	7	8,5	7,6	66	7	13	10,5	7	9,4	92
5,5	10,5	7,5	9,5	8,3	72	7,5	13	10,5	7	9,5	93
6	11	8	10,5	8,9	77	7,5	13	10,5	7	9,5	93
6	11,5	8,5	11,5	9,4	82	8,5	13	11	7,5	10	98
7	11,5	9	12,5	10	87	8,5	13	11	7,5	10	98
7	11,5	9,5	13	10,3	90	8,5	13	11	7,5	10	98
7	12	10	13,5	10,6	92	9	13	11	7,5	10,1	99
7,5	12	10,5	14	11	96	9	13	11	7,5	10,1	99
7,5	12	11	14	11,1	97	9	13	11	7,5	10,1	99
7,5	12	11	14	11,1	97	9	13	11	7,5	10,1	99
8	12	11	14	11,3	98	9	13	11	7,5	10,1	99
8,5	12	11	14	11,4	99	9	13	11	7,5	10,1	99
8,5	12	11	14	11,4	99	9	13	11	7,5	10,1	99
9	12	11	14	11,5	100	9,5	13	11	7,5	10,2	100

TABEL 16

DE LENGTEVERMINDERINGEN (IN DEELSTREEPEN VAN DE OCULAIR MICROMETER) VAN WORTEL-
TOPPEN NA HET OVERBRENGEN UIT WATER IN EEN HYPERTONISCHE SUIKEROPLOSSING

1 deelstreep = $16,6 \mu$

1934	Unica		Fr.		M.N.K.		GZV8		G. Viet.		V38		Per.	
	gem.	%	gem.	%	gem.	%	gem.	%	gem.	%	gem.	%	gem.	%
Na 30"	2,5	35	3,1	38	3,-	36	2,-	24	2,-	23	1,7	20	1,4	18
" 1'	4,9	68	5,5	67	5,6	67	4,5	55	4,3	49	3,8	46	3,4	45
" 1' 30"	6,3	88	6,8	83	6,9	83	5,9	72	6,2	71	5,7	69	4,9	64
" 2'	6,7	93	7,5	91	7,5	90	7,-	85	7,2	83	6,7	81	6,1	80
" 2' 30"	7,-	97	7,9	96	7,9	95	7,3	89	7,9	91	7,4	89	6,7	88
" 3'	7,-	97	8,-	98	8,1	98	7,6	93	8,2	94	7,7	93	7,-	92
" 3' 30"	7,2	100	8,2	100	8,2	99	7,8	95	8,4	97	8,-	96	7,3	96
" 4'	7,2	100	8,2	100	8,2	99	8,-	98	8,4	97	8,2	99	7,4	97
" 4' 30"	7,2	100	8,2	100	8,2	99	8,2	100	8,6	99	8,3	100	7,5	99
" 5'	7,2	100	8,2	100	8,3	100	8,2	100	8,6	99	8,3	100	7,5	99
" 5' 30"	7,2	100	8,2	100	8,3	100	8,2	100	8,7	100	8,3	100	7,6	100
Aantal toppen	13		15		15		13		13		16		14	
Gem. lengte	84		90		85		82		86		89		84	
Gem. dikte	21,6		21,5		22,2		22,5		22,3		22,7		22,7	

Ten slotte moet er nog even op gewezen worden, dat het hier een verschil in permeabiliteit voor water in de richting van binnen naar buiten betreft, terwijl bij de normale wortelfunctie het water van buiten naar binnen gaat. De waarschijnlijkheid, dat wij bij dit embryonale weefsel van de wortels een polariteit hebben in de permeabiliteit, zooals door BRAUNER (1930) en METZNER (1930) voor de zaadhuid van *Aesculus* e.d. is gevonden, is niet zeer groot.

Proef 10. Een vergelijking van alle zeven rassen wat betreft de permeabiliteit voor water. Methode als bij proef 9. Terwijl daar echter de worteltoppen twee aan twee met elkaar vergeleken werden (telkens één van elk object) is dit praktisch niet uitvoerbaar bij zeven verschillende objecten. Deze zijn telkens op drie opeenvolgende dagen vergeleken. Het resultaat is samengevat in tabel 16.

Wij zien het resultaat van proef 9, wat het verschil tusschen Fr. en V38 voor water betreft, bevestigd. In de tabel zijn de objecten zoo goed mogelijk in de volgorde van afnemende permeabiliteit gezet. Het aantal proeven is echter te klein om voor de juistheid van *precies* deze volgorde te kunnen instaan.

§ 7. SAMENVATTING VAN HOOFDSTUK IV

Als belangrijkste resultaat van dit hoofdstuk zou ik willen beschouwen het feit, dat er duidelijke verschillen bestaan in physiologische eigenschappen tusschen zoo nauw verwante objecten. Hieruit volgt, dat het op de duur mogelijk moet zijn van de verschillende rassen van onze landbouwgewassen een physiologische beschrijving te geven naast de thans reeds bestaande morphologische.

Trachten wij de resultaten, wat de in het onderzoek betrokken eigenschappen van het wortelstelsel betreft, samen te vatten in tabelvorm, dan lijkt het mij het eenvoudigst de rassen een rangcijfer te geven voor elk der eigenschappen. Daarbij moet in het oog worden gehouden, dat deze rangcijfers voorloopig slechts gelden voor de omstandigheden, waaronder de proeven genomen zijn. In het volgende hoofdstuk zal blijken, dat niet alle rassen even sterk reageeren op gewijzigde omstandigheden, zoodat kleine verschuivingen daarvan het gevolg kunnen zijn. Globaal genomen krijgen wij echter het volgende schema:

TABEL 17.

	G. Vict.	Fr.	GZV8	Unica	MNK	Per.	V 38
Rangcijfer naar afnemende:							
Wortelwaarde	1	2	3	4	5	6	7
Wateropname per gram wortel..	2	1	5	4	3	6	7
Aschopname per gram wortel....	2	1	3	5	4	6	7
Aschopname per gram water ...	1	7	6	5	4	3	2
Permeabiliteit voor KNO_3	2	3					1
Permeabiliteit voor H_2O	5	2	4	1	3	7	6

HOOFDSTUK V

DE INVLOED VAN UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN OP DE ACTIVITEIT VAN HET WORTELSTELSEL

§ 1. DE BETEKENIS VAN DE GROOTE INVLOED VAN DE UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN

In het vorige hoofdstuk zijn tusschen eenige erwtenrassen verschillen geconstateerd in physiologische eigenschappen van het wortelstelsel. Deze verschillen moeten beschouwd worden als erfelijke verschillen. Zoo is o.a. gevonden, dat de wortelwaarde van de Fr. grooter is dan die van de V38. Wij mogen echter zonder meer niet zeggen, dat de V38 gekenmerkt is door een lage wortelwaarde. Dat zou neerkomen op een nog ongeoorloofde generalisatie. Het is immers wel zeer duidelijk gebleken, dat de in een enkel getal uitgedrukte wortelwaarde geen constante grootheid is. De wortelwaarde en evenzoo de andere physiologische eigenschappen, zijn sterk afhankelijk van een complex van omstandigheden. Dit geldt ook wel voor morphologische eigenschappen (denk b.v. aan de proeven van BONNIER), maar in het algemeen worden vorm en kleur van een plant of plantendeel veel minder sterk door de uitwendige omstandigheden beïnvloed, dan de physiologische eigenschappen.

Op het eerste gezicht lijkt dit een groot nadeel van het physiologisch onderzoek en methodisch is het dat zeker ook. Als wij de aarvorm van twee tarwerassen met elkaar willen vergelijken, dan kunnen wij ons zonder bezwaar bezig houden met een studie daarvan vandaag bij het eene ras en morgen bij het andere. Willen wij de assimilatie (onder natuurlijke omstandigheden) bij twee rassen vergelijken, dan is het geheel uitgesloten deze de eene dag te bepalen voor het eerste ras en de andere dag voor het tweede. De vergelijking van zoo verkregen resultaten zou weinig waarde hebben.

Nu behoeft de groote invloed van de uitwendige omstandigheden op de functie van een orgaan nog niet zoo heel erg bezwaarlijk te zijn, als een wijziging in de omstandigheden de in het onderzoek betrokken objecten maar even sterk beïnvloedt. Echter is dit in het algemeen niet het geval en dat spreekt ook eigenlijk wel vanzelf. In de inleiding is er reeds op gewezen, dat in verband met het weer, de bodem en de kultuurmaatregelen, nu eens het eene, dan weer het andere ras het meest opbrengt. Dit is niet anders te verklaren dan door een verschillend sterk reageeren van de diverse rassen op een wijziging van de uitwendige omstandigheden. Dat komt dus hierop neer, dat absorptie, assimilatie, enz. van ras tot ras verschillend beïnvloed worden.

Het gekoppeld zijn van de functie van een orgaan aan de uitwendige omstandigheden en daarmee de varieerende waarde van grootheden als wortelwaarde, hoeveelheid opgenomen water per gram wortel, permeabiliteit, kan dan ook niet beschouwd worden als een nadeel van het physiologisch onderzoek. De methode van onderzoek houdt verband met het op te lossen probleem en moet daar verband mee houden. Hoe ingewikkelder het probleem, hoe gecompliceerder de methode om het op te lossen. Juist het feit, dat een wijziging in de omstandigheden de absorptie van voedingszouten bij het eene ras anders beïnvloedt, dan bij het andere, opent ons de mogelijkheid de oorzaak te vinden van het verschijnsel, dat van twee tarwerassen het eene het meest opbrengt op kleigrond, het andere op zandgrond, enz.

Het vinden van zeer verschillende wortelwaarden bij hetzelfde ras, maar onder verschillende omstandigheden, heeft dus op zichzelf niets verontrustends, maar is inherent aan het probleem. Wel moet het natuurlijk aansporen tot groote voorzichtigheid bij het generaliseeren van de conclusies.

Om te bepalen in hoeverre de tusschen diverse rassen gevonden verschillen „altijd” voorkomen en in hoeverre zij misschien het gevolg zijn van toevallig heerschende omstandigheden, is voor eenige gevallen nagegaan, hoe een opzettelijke wijziging van enkele der belangrijkste factoren (vochtigheid van de bodem, concentratie van de voedingszouten, temperatuur) de bestudeerde eigenschappen beïnvloedt. Tot dusver is daarbij steeds gevonden, dat een bepaalde wijziging der uitwendige omstandigheden de objecten in dezelfde zin beïnvloedt, zooals bij zoo nauwe verwantschap ook wel te verwachten is. In sommige gevallen is echter een duidelijk verschil te merken in de grootte van de invloed. Dit is natuurlijk vooral interessant met het oog op het probleem van de verschillende geschiktheid der rassen voor speciale bodemsoorten en landstreken. Daarmee is ongewild de omgrenzing van het onderwerp van dit onderzoek eenigszins overschreden. Het belicht echter het karakteristieke van het physiologisch onderzoek en is als zoodanig ook van groote beteekenis voor het enger omschreven doel, zoodat het geen verdere verontschuldigen behoeft, als er bij de enkele voorkomende gevallen op gewezen wordt.

§ 2. DE INVLOED VAN DE VOCHTIGHEID VAN DE BODEM

De groote beteekenis van het water voor de levensprocessen der plant is overbekend. De invloed van de vochtigheid van de bodem speciaal ook op de wortelontwikkeling bij landbouwgewassen is vooral nagegaan door de school van VON SEELHORST. Een overzicht van dit werk is te vinden in het Journal für Landwirtschaft, band 59. Voor nieuwere literatuuropgaven verwijs ik naar WEAVER (1926). Zonder in

bijzonderheden op de literatuur in te gaan, wil ik er toch even op wijzen, dat veel schijnbaar tegenstrijdige resultaten van verschillende onderzoekers hun oorzaak vinden in het niet uit elkaar houden van de absolute wortelontwikkeling en de relatieve d.w.z. in verband met de ontwikkeling van de bovengrondsche deelen. Evenzoo ontstaat vaak verwarring, doordat er niet altijd op gelet wordt of het water homogeen door de grond verdeeld is of niet. Deze opmerking geldt trouwens niet alleen voor het water, maar evengoed voor de voedingszouten. Ons interesseert hier in het bijzonder de invloed van de bodemvochtigheid op de activiteit van het wortelstelsel.

Reeds bij de opzet van de proeven 1, 2 en 3 is hiermede rekening gehouden door de planten te kweken bij verschillende vochtigheidstoestanden van de bodem. Voor de resultaten daarvan kan ik dus verwijzen naar de reeds bekende figuren 1-16 en naar de tabellen 1-4.

In het algemeen stijgt de wortelwaarde naarmate de vochtigheid van de bodem toeneemt. Bij proef 1 schijnt een vochtigheidstoestand, overeenkomend met een verzadiging voor 90% der watercapaciteit, op deze regel een uitzondering te maken. Ik geloof echter dit niet toe te moeten schrijven aan de vochtigheid zelf, maar aan de daarmee gepaard gaande verzwarende van de gaswisseling in de bodem, die juist bij proef 1 sterker beperkt is dan bij proef 2 en 3 (zie blz. 29).

Een verandering in volgorde van de wortelwaarde, treedt door verandering van de vochtigheidstoestand van de bodem niet op, behalve bij de V38 in proef 3, waaraan echter in verband met de ongelijkwaardigheid van dit object t.o.v. de andere geen beteekenis gehecht kan worden.

Gaan we na of deze verhooging van wortelwaarde bij stijgende vochtigheid verband houdt met een grootere activiteit van het wortelstelsel voor opname van aschbestanddeelen of van water of wel voor allebei, dan blijkt dit laatste het geval te zijn. fig. 5-12.

Zoowel de opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen als de opgenomen hoeveelheid water (beide per gram wortelmasa) stijgt met de vochtigheid. Dat de wateropname stijgt als er meer water beschikbaar is, is wel te verwachten; dat echter ook de opname van zouten per eenheid wortelmasa stijgt, terwijl toch de absolute hoeveelheid aanwezige voedingszouten dezelfde is, is van praktisch belang voor de plantenteelt en van theoretisch belang voor het verband tusschen opname van aschbestanddeelen en water.

Letten wij nu nog even op de grootte van de invloed van grootere bodemvochtigheid bij de verschillende objecten, dan zien wij b.v. heel duidelijk, dat de G. Vict. veel sterker reageert op het beschikbaar stellen van meer water dan de V38 (fig. 7).

De verhouding waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen, wordt ook beïnvloed door de bodemvochtigheid. Hoe droger

de grond, hoe meer aschbestanddeelen per gram water opgenomen worden. Terwijl deze verhouding bij de Fr. betrekkelijk weinig beïnvloed wordt, reageert de V38 in dit opzicht heel sterk (fig. 13, fig. 15 en 16.)

§ 3. DE INVLOED VAN DE CONCENTRATIE DER VOEDINGSOPLOSSING

Bij een vooronderzoek naar de geschiktheid van verschillende voedingsoplossingen vergeleek ik de oplossingen van VON DER CRONE, SACHS, OLSEN EN TOTTINGHAM, telkens bij 3 concentraties, nl. dubbelsterk, d.w.z. per liter water $2 \times$ de hoeveelheid zouten, die het voorschrift opgeeft, normaal en half sterk. Stellen wij de normale concentratie 1, dan verhouden de concentraties zich dus telkens als 2 : 1 : 0,5. In deze volgorde nu was de wortelwaarde bij de:

oplossing van Von der Crone	na 72 d. resp.	6,46	5,88	5,66
" " Sachs	na 53 d. resp.	9,00	7,57	6,93
" " Tottingham	na 52 d. resp.	10,86	8,20	8,57
" " Olsen	na 59 d. resp.	11,47	9,83	7,14

Nu is bij dit vooronderzoek de voedingsoplossing slechts $1 \times$ per week ververscht. Het is dus de vraag of het verschil in wortelwaarde toegeschreven moet worden aan de concentratie dan wel aan de hoeveelheid beschikbare voedingszouten. In de literatuur wordt dit niet steeds voldoende uit elkaar gehouden, zie b.v. BRENCHLEY (1916) en STILES (1916). Voor nieuwe literatuur op dit gebied verwijs ik naar GOEDEWAAGEN (1933).

Om de invloed van de concentratie na te gaan is het dus noodig zoo vaak te ververschen, dat de concentratie van de voedingszouten zich niet noemenswaard wijzigt. Ik heb eenige proeven genomen, waarbij de planten (van de Fr. en de V38) groeien in een stroomende voedingsoplossing. De resultaten van deze proeven zijn samengevat in tabel 18. Nadere omschrijving van de praktische uitvoering is te vinden op blz. 43.

Bij de proeven 11, 12 en 13 is telkens een concentratie van 0,5 Knop vergeleken met een concentratie van 0,1 Knop. De per plant beschikbare hoeveelheid voedingszouten is door de verversching zoo groot, dat er geen sprake is van een te kort voor een normale ontwikkeling. Bij proef 13 is de doorstroming van de voedingsvloei stof bovendien zoo geregeld, dat de planten, die in een lagere concentratie groeien, toch evenveel voedingszouten ter beschikking hebben als die welke in de hoogere concentratie groeien.

Bij vergelijking van de gevonden wortelwaarde blijkt, dat deze bij beide objecten steeds grooter is in de hoogere concentratie. Dit wijst op een nauw verband tusschen de ontwikkeling van stengel en wortel, ten gevolge waarvan door relatief (vaak ook absoluut) sterkere ont-

TABEL 18 DE INVLOED VAN DE CONCENTRATIE VAN DE VOEDINGSOPLOSSING

	Conc. v/d opl.	Aantal cc. p. dag & p. plant	Proef duur	Wortel droog in g		Gevormde dr. stof in g		Wortelwaarde		Uit de vloeistof opgen. aschbest. in g.		idem per g wortel	
				Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38
Proef 11	0,5 Knop	1000 cc.	14 d.	0,033	0,058	0,117	0,240	2,98	3,48	0,011	0,020	0,320	0,349
	0,1 Knop	1000 cc.		0,031	0,057	0,085	0,210	2,18	3,05	0,004	0,013	0,112	0,231
Proef 12	0,5 Knop	1000 cc.	31 d.	0,084	0,140	0,316	0,566	3,06	3,30	0,043	0,073	0,507	0,524
	0,1 Knop	1000 cc.		0,085	0,184	0,251	0,580	2,28	2,34	0,027	0,068	0,312	0,367
Proef 13	0,5 Knop	1000 cc.	46 d.	0,269	0,563	2,729	4,661	9,10	7,39	0,342	0,710	1,266	1,265
	0,1 Knop	5000 cc.		0,362	0,818	2,059	3,789	4,85	3,68	0,341	0,658	0,958	0,920
Proef 14	0,1 Knop	1000 cc.	36 d.	0,239	0,434	1,517	2,050	5,48	3,79	0,172	0,274	0,720	0,631
	0,02 Knop	5000 cc.		0,242	0,614	0,998	2,132	3,24	2,50	0,149	0,310	0,617	0,499
	0,1 Knop	300 cc.		0,216	0,353	1,472	2,013	5,95	4,85	0,166	0,211	0,770	0,599
	0,02 Knop	300 cc.		0,169	0,363	1,047	1,430	5,32	3,12	0,098	0,131	0,578	0,368
Proef 15	0,1 Knop	1000 cc.	22 d.	0,140	0,234	1,055	1,420	6,91	5,27	0,139	0,192	0,997	0,824
	0,02 Knop	5000 cc.		0,156	0,268	0,827	1,190	4,57	3,61	0,116	0,180	0,745	0,666
	0,1 Knop	300 cc.	46 d.	0,100	0,190	0,649	1,154	6,04	5,34	0,082	0,155	0,836	0,815
	0,02 Knop	300 cc.		0,128	0,226	0,595	0,842	4,01	3,11	0,077	0,099	0,604	0,453
	0,1 Knop	1000 cc.		0,266		3,851		13,59		0,421		1,545	
	0,02 Knop	5000 cc.		0,196		2,117		10,48		0,233		1,197	
	0,1 Knop	300 cc.	54 d.	0,134		2,379		16,90		0,207		1,538	
	0,02 Knop	300 cc.		0,134		1,171		8,22		0,131		0,991	
	0,1 Knop	300 cc.			0,404		3,954		9,57		0,394		1,033
	0,02 Knop	300 cc.			0,270		1,666		5,34		0,152		0,565
	0,1 Knop	1000 cc.	60 d.		0,844		10,998		12,19		1,319		1,606
	0,02 Knop	5000 cc.			0,708		7,432		9,57		0,817		1,172

wikkeling van het orgaan, dat door de uitwendige omstandigheden in zijn functie geremd wordt, een compensatie verkregen wordt voor deze ongunstig werkende faktor. Het demonstreert duidelijk de eenheid van de plant en het groote gevaar dat er in schuilt om b.v. het wortelstelsel te bestudeeren zonder te letten op de samenhang met de rest van de plant. Dit blijkt ten zeerste ook uit de onderzoekingen van BOUILLENNE et WENT, 1933 e.a.

Vergelijken wij de wortelwaarde van de 2 objecten met elkaar, dan zien wij, dat evenals bij vorige proeven in het begin van de ontwikkeling de wortelwaarde van de Fr. lager is dan van de V38 en later hoger. Dat echter bij een proefduur van 31 d. de wortelwaarde van de Fr. nog steeds lager is dan van de V38, is niet in overeenstemming met proef 4 en moet waarschijnlijk toegeschreven worden aan het verschil in groeiomstandigheden. Een conflict met de vroeger verkregen resultaten is hierin niet te zien.

Vergelijken wij de per gram wortelmasa opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen, dan zien wij dat ook inderdaad in de hoogere concentratie meer is opgenomen en dat de activiteit van het wortelstelsel van de Fr. na de eerste ontwikkelingsperiode grooter is dan van de V38.

In de proeven 14 en 15 zijn concentraties vergeleken van 0,1 en 0,02 Knop. Behalve in stroomende voedingsoplossing, geregeld als bij proef 13, zijn hier dezelfde objecten ook gekweekt in jampotjes. De oplossing in deze jampotjes is elke dag vernieuwd. Met een enkele uitzondering in proef 14 is de totale groei (gevormde drogestof) in deze jampotjes kleiner, dan in de stroomende voedingsoplossing. Klaarblijkelijk is de hoeveelheid voedingszouten, die elke dag in 300 cc oplossing toegevoegd wordt ontoereikend voor een normale groei. Zoowel in de stroomende voedingsoplossing als in de jampotjes is steeds de wortelwaarde en ook de hoeveelheid opgenomen aschbestanddeelen per gram wortelmasa het grootst in de hoogste concentratie.

Bij vergelijking van de twee objecten vinden wij hier overal een grotere activiteit van het wortelstelsel van de Fr.

Het resultaat van de concentratieproeven samenvattende, komen wij tot de conclusie, dat wortelwaarde en opname van aschbestanddeelen per gram wortelmasa sterk beïnvloed worden door de concentratie, maar dat de vroeger tusschen de beide objecten gevonden verschillen ook hier blijven bestaan.

§ 4. DE INVLOED VAN DE TEMPERATUUR VAN HET WORTELSTELSEL

Bij de bestudeering van de levensprocessen der planten wordt zeer vaak de invloed nagegaan van de temperatuur. Daarbij wordt dan gewoonlijk de geheele plant blootgesteld aan de inwerking van ver-

schillende temperaturen of wel de invloed van de temperatuur wordt nagegaan op processen, die zich afspelen in afgesneden deelen van de plant (bladeren, schijven van een knol, e.d.). Nu gaat het hier om de invloed van de temperatuur op de functie van het wortelstelsel. Het is niet mogelijk deze invloed te bestudeeren aan afgesneden wortels, omdat bij het afsnijden de opname van water en zouten vrijwel dadelijk ingrijpend verandert. Bestudeeren wij de water- en zoutopname bij planten, die in hun geheel aan een hoogere of lagere temperatuur blootgesteld worden, dan wordt in elk geval de wateropname sterk indirect beïnvloed door het veranderen van de transpiratie. Om de invloed van de temperatuur op de functie van het wortelstelsel te bestudeeren zonder aan het waterverbruik of althans aan de waterbehoefte iets te veranderen, kweek ik de objecten in glazen potten (jampotjes) en plaats deze potten in groote bakken met water van een bepaalde temperatuur. Gewoonlijk gebruik ik 3 bakken, waarin de temperatuur van het water resp. 5° , 15° , en 25° C. is. Deze bakken staan naast elkaar in een kas, die gestookt wordt op 15° C. Op deze manier bevinden de bovengrondsche deelen van alle planten zich bij dezelfde temperatuur, terwijl de temperatuur van het wortelstelsel resp. 5° C., 15° C. en 25° C. is. Voor nadere beschrijving van de temperatuurproeven, zie blz. 44.

Proef 16. Objecten Fr. en V38. Grondkultuur. Proefduur 14 en 17 d. Zie tabel 19.

Zooals wij in kolom 3 zien, heeft de temperatuur een duidelijke invloed op de wortelwaarde. Hoe hoger de temperatuur is, hoe grooter de wortelwaarde. De grootere activiteit van het wortelstelsel bij hoogere temperatuur komt ook heel duidelijk tot uiting in de wateropname per gram wortelmassa. De opname van aschbestanddeelen per worteleenheid wordt niet duidelijk beïnvloed. Dit geldt voor beide objecten. Dat hier overal de activiteit van het wortelstelsel bij de V38 grooter is dan bij de Fr. houdt verband met de leeftijd der objecten. De hoeveelheid aschbestanddeelen, die per gram water opgenomen is, is bij 25° C. aanmerkelijk lager dan bij 5° C. Klaarblijkelijk is dit in hoofdzaak het gevolg van de sterkere wateropname bij de hoogere temperatuur. De sterkere wateropname zelf houdt geen verband met een sterkere totale groei (kolom 1). Deze laatste wordt door de hoogere worteltemperatuur (25° C.) niet of niet noemenswaard bevorderd. Het geven van een temperatuur van 5° C. aan de wortels remt de ontwikkeling wel meer of minder (zie volgende proef).

Proef 17. Objecten Fr. en V38. Waterkultures. 3 groepen, nl. met voedingsoplossingen resp. volgens SACHS, OLSEN en VON DER CRONE. Proefduur 24 en 27 d. Tabel 20.

TABEL 19 EN 20

DE INVLOED VAN DE TEMPERatuur VAN HET WORTELSTELSEL BIJ FR. EN V38

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38	Fr.	V38
	totaal gevormde drogestof in mg		dr. gew. wortels in mg		wortelwaarde		asch uit bodem in g		wateropname in g		mgr asch p. g water		mgr asch p. g wortel		gr water p. g wortel	
<i>Grondkultuur:</i>																
Na 14 dagen:																
± 25° C.	206	424	78	125	2,68	3,46	0,013	0,031	32,2	58,4	0,42	0,53	172	238	435	486
± 15° C.	244	567	106	191	2,12	2,65	0,013	0,050	25,8	57,4	0,50	0,88	122	261	243	298
± 5° C.	294	460	130	172	1,93	2,47	0,025	0,039	24,6	35,9	1,07	1,08	191	226	190	210
Na 17 dagen:																
± 25° C.	283	615	96	151	2,80	3,91	0,019	0,051	62,7	94,3	0,33	0,53	191	338	654	632
± 15° C.	349	576	130	172	2,46	3,10	0,027	0,042	51,2	75,7	0,50	0,53	208	241	407	440
± 5° C.	335	566	131	191	2,23	2,70	0,027	0,045	38,1	62,5	0,72	0,72	207	234	290	330
<i>Waterkultuur:</i>																
Na 24 dagen (Sachs)																
± 25° C.	388	674	68	111	5,31	5,48	0,076	0,096	99	121	0,80	0,79	1163	866	1472	1109
± 15° C.	437	701	89	150	4,25	3,95	0,063	0,100	75	117	0,86	0,83	710	665	843	799
± 5° C.	377	480	86	112	3,79	3,63	0,050	0,059	55	48	0,92	1,20	587	520	641	428
Na 27 dagen (Olsen)																
± 25° C.	466	746	111	142	3,47	4,60	0,048	0,059	115	153	0,43	0,38	435	413	1031	1088
± 15° C.	496	769	132	161	3,00	4,01	0,057	0,100	106	140	0,54	0,55	432	480	803	865
± 5° C.	419	535	89	116	4,09	3,98	0,042	0,046	62	68	0,68	0,69	478	398	708	586
Na 27 d. (v. d. Crone)																
± 25° C.	575	843	137	147	3,46	5,42	0,076	0,046	143	170	0,53	0,47	555	567	1055	1215
± 15° C.	529	984	155	225	2,65	3,57	0,070	0,059	118	197	0,59	0,57	454	502	767	881
± 5° C.	390	613	117	153	2,61	3,29	0,047	0,061	66	73	0,71	0,83	398	393	564	475

Ook hier zien wij op één uitzondering na (nl. bij de temp. van 5° C. voor de oplossing van OLSEN) een grootere wortelwaarde en sterkere opname van water per gram wortel bij hogere temperatuur. De invloed op de activiteit van het wortelstelsel, wat de opname van aschbestanddeelen betreft, is ook hier niet duidelijk. Waarschijnlijk is dit voor een groot deel toe te schrijven aan de moeilijkheden, die de bepaling van de opgenomen hoeveelheid aschbestanddeelen bij jonge plantjes oplevert. (Zie tabel 8.) In de eerste plaats is deze hoeveelheid zeer gering en hebben dus kleine fouten betrekkelijk groote invloed, maar bovendien is er niet aan te ontkomen, dat sommige zaden, en dan op zeer uiteenlopende tijdstippen gaan rotten, klaarblijkelijk voordat alle voedingsstoffen er uit opgenomen zijn.

Wat de verhouding betreft, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen, en ook wat een vergelijking betreft van de beide objecten, kan hetzelfde opgemerkt worden als bij het vorige experiment. De groep met de oplossing van SACHS neemt in zooverre een aparte plaats in, dat hier de activiteit van het wortelstelsel bij de Fr. grooter is dan bij de V38.

Proef 18. Objecten G. Vict. en V38. Grondkultuur. Oogst 11 d. na het planten. Temperatuurbehandeling alleen de laatste 6 dagen.

Proef 19. Als proef 18, maar oogst na 21 d. en temperatuur behandeling gedurende de laatste 15 dagen.

De resultaten van beide proeven (zie tabel 21) zijn geheel te vergelijken met die betreffende de Fr. en de V38. Overal is de groote invloed van de temperatuur op de wortelwaarde en de opname van water per eenheid wortelgewicht duidelijk, terwijl de invloed op de opname van aschbestanddeelen twijfelachtig is, hoewel er wel eenige aanwijzing bestaat, dat de invloed van de temperatuur hier in dezelfde richting gaat als bij het water.

Vergelijken wij de twee objecten onderling, dan vinden wij overal een grootere wortelwaarde bij de G. Vict. De opname van aschbestanddeelen per gram wortel is in proef 18 bij de G. Vict. nog kleiner dan bij de V38, bij proef 19, dat wil dus zeggen bij oudere planten, reeds grooter. Om de pas nog later optredende grootere activiteit van het wortelstelsel der G. Vict. voor de wateropname te kunnen constateeren (vergl. proef 6), is de proef niet lang genoeg voortgezet. Bij de grondkultures ontstaat bij grooter planten een praktisch bezwaar, nl. het even vochtig houden van de bodem bij de verschillende temperaturen in verband met de kleine inhoud der potten.

Bij de tot dusver beschreven temperatuurproeven (proef 16-19) is telkens geconstateerd, dat de wateropname door de wortels sneller geschiedt, naarmate het wortelstelsel zich bevindt bij een hogere tem-

TABEL 21

DE INVLOED VAN DE TEMPERAATUUR VAN HET WORTELSTELSEL BIJ G. VICT. EN V38 GRONDKULTUUR

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Dr. gew. wortels in g		Wortel- waarde		Wateropname in g		Asch uit bodem in g		g asch per L. water		g water per g wortel		g asch per g wortel		Totaal gevormde drogestof in g	
	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38	G.Vict.	V38
Proef 18:																
± 25° C.	0,135	0,148	4,46	3,61	61,4	86,2	0,046	0,050	0,73	0,58	457	587	0,331	0,337	0,667	0,604
± 15° C.	0,149	0,165	3,58	3,09	47,3	60,7	0,050	0,054	1,06	0,88	321	369	0,335	0,324	0,620	0,602
± 5° C.	0,091	0,119	2,68	2,17	7,2	13,2	0,004	0,010	0,48	0,72	79	112	0,039	0,080	0,271	0,302
Proef 19:																
± 25° C.	0,165	0,206	5,27	3,77	130,6	179,6	0,063	0,057	0,48	0,32	797	886	0,380	0,273	0,913	0,851
± 15° C.	0,185	0,215	4,76	3,43	137,1	165,8	0,069	0,062	0,50	0,37	743	782	0,372	0,286	0,937	0,832
± 5° C.	0,213	0,247	3,44	2,59	76,5	82,2	0,048	0,051	0,64	0,62	358	335	0,225	0,208	0,830	0,765

peratuur. Tegelijkertijd is er op gewezen, dat de worteltemperatuur van invloed is op de ontwikkeling van de plant en wel zoo, dat in het algemeen bij hogere temperatuur de totale groei sterker is. Dit is heel duidelijk te merken bij vergelijking van de totaal gevormde drogestof bij een worteltemperatuur van 5°C . met die bij een temperatuur van 15°C . Een verschil bij de temperaturen van 15°C . en 25°C . is niet met zekerheid te constateeren.

Om een mogelijke invloed van een verschillend sterke ontwikkeling uit te schakelen, zou het wenschelijk zijn de wateropname bij dezelfde planten tegelijk (met het oog op uitwendige omstandigheden als belichting en relatieve vochtigheid) bij de 3 verschillende temperaturen na te gaan. Dit is natuurlijk onmogelijk. Ik heb echter getracht die ideale proefopstelling als volgt eenigszins te benaderen.

Proef 20. Objecten G. Vict. en V38. Grondkultuur. Na het planten der kiemplantjes blijven de potten eerst 5 dagen bij normale kastemperatuur (plm. 15°C .) staan. Daarna komt één derde deel, gedurende slechts 1 dag, bij elk der 3 verschillende temperaturen. De volgende 2 dagen wisselen de planten van temperatuur, zoodat na 3 dagen elke pot 1 dag gestaan heeft in water van 5°C ., 1 dag in water van 15°C . en 1 dag in water van 25°C . Het totale waterverbruik gedurende die drie dagen bij 5°C . kan dan vergeleken worden met het totale waterverbruik gedurende dezelfde drie dagen en bij dezelfde planten bij 15°C . en bij 25°C .

TABEL 22

Tijdvak:	Object:	Waterverbruik in grammen per dag bij:		
		$\pm 5^{\circ}\text{C}$.	$\pm 15^{\circ}\text{C}$.	$\pm 25^{\circ}\text{C}$.
4—7 April	G. Vict.	3,1	3,2	4,2
	V38	2,5	2,8	4,0
7—10 April	G. Vict.	8,0	8,6	9,3
	V38	7,5	8,7	10,3
10—13 April	G. Vict.	10,6	11,1	12,6
	V38	10,3	13,4	15,4

Waterverbruik in grammen bij 3 verschillende temperaturen, telkens gemiddeld over 3 dagen. Zie tekst.

De cursief gedrukte cijfers geven de verhouding in waterverbruik tusschen de twee objecten, nl. G. Vict. : V38. Naarmate de planten ouder zijn en de temperatuur hooger is dit verhoudingsgetal kleiner.

In tabel 22 is het gemiddelde waterverbruik per pot op deze wijze samengevat. Het omrekenen per gram wortelmassa kan vervallen, nu de gegevens toch betrekking hebben op dezelfde planten en dezelfde wortelstelsels. Natuurlijk hebben ook nu nog de groei en evenzoo de verschillende weersomstandigheden van die drie dagen een zekere invloed.

De invloed van de worteltemperatuur is duidelijk merkbaar in de wateropname. Dit geldt voor beide objecten en voor alle drie tijdvakken. Dat met de groei het waterverbruik toeneemt, spreekt vanzelf. Bij de V38 geschiedt dit in sterkere mate dan bij de G. Vict. Dit blijkt het best als wij de verhouding van het waterverbruik der beide objecten uitrekenen (schuin gedrukte getallen in de tabel). Daarbij blijkt dan tevens, dat de V38 veel sterker reageert op de verhooging van temperatuur van het wortelstelsel dan de G. Vict.

TABEL 23

Tijdvak:	Object:	Waterverbruik in grammen per dag bij:		
		$\pm 5^{\circ} \text{ C.}$	$\pm 15^{\circ} \text{ C.}$	$\pm 25^{\circ} \text{ C.}$
4—7 Mei	Fr.	1,68	2,07	2,70
	V38	2,47	2,66	3,95
7—10 Mei	Fr.	3,94	4,38	6,28
	V38	5,58	6,39	9,41
10—13 Mei	Fr.	2,67	3,18	5,78
	V38	4,08	4,80	8,94

Waterverbruik van Fr. en V38 in grammen bij 3 verschillende temperaturen, telkens gemiddeld over 3 dagen. Zie tekst.

De cursief gedrukte cijfers geven de verhouding tusschen de twee objecten, nl. Fr : V38. Leeftijd en temperatuur hebben vrijwel gelijke invloed op beide objecten.

Proef 21. Objecten Fr. en V38. Waterkultuur. De resultaten van het waterverbruik zijn samengevat in tabel 23. Wij merken weer een duidelijke invloed van de temperatuur op de wateropname. Bij deze twee objecten laat die invloed zich in gelijke mate gelden, zooals uit de verhoudingscijfers blijkt. Dat zij echter in ander opzicht een groot verschil vertoonen, bleek op onaangename wijze toen op 18 en 19 Mei als gevolg van een kleine hittegolf de temperatuur in de kas geweldig steeg en de planten dientengevolge veel water verbruikten voor

transpiratie. In de koude bak konden de wortelstelsels aan deze sterke waterbehoefte niet voldoen, met het gevolg, dat de planten slap werden. De V38 herstelde zich later behoorlijk, bij de Fr. werden echter de onderste bladeren geel en waren zoo aanleiding tot een ontijdige oogst.

§ 5. SAMENVATTING VAN HOOFDSTUK V

Overzien wij de resultaten van de in dit hoofdstuk beschreven proeven, dan komen wij tot de volgende conclusies.

De activiteit van het wortelstelsel wordt sterk beïnvloed, zoowel door vochtigheid van de bodem, als door de concentratie van de voedingszouten, en ook door de temperatuur, waarbij het wortelstelsel werkt. Die activiteit stijgt naarmate de vochtigheid van de bodem, de concentratie en de temperatuur hooger worden (binnen het gebied, dat hier onderzocht is). Deze wijzigingen in de uitwendige omstandigheden hebben op de objecten een gelijksoortige invloed. Stijgt de activiteit van het wortelstelsel door bepaalde omstandigheden bij het eene object dan is dit, voorzoover tot dusver nagegaan, ook het geval bij de andere objecten. Er is dan ook geen aanleiding de in het vorige hoofdstuk gevonden verschillen tusschen de diverse objecten toe te schrijven aan het toevallig heerschen van bepaalde omstandigheden. Klaarblijkelijk bestaan deze karakteristieke rasverschillen onder zeer uiteenlopende omstandigheden, wat voor de practische bruikbaarheid in de plantenveredeling van groot belang is.

Is dus de invloed van een wijziging in uitwendige omstandigheden kwalitatief voor de gebruikte objecten dezelfde, kwantitatief zijn er toch wel degelijk duidelijke verschillen merkbaar. In dit opzicht is in het bovenstaande gewezen op het volgende:

De activiteit van het wortelstelsel der G. Vict. wordt door de vochtigheid van de bodem sterker beïnvloed dan die van de V38.

Bij droger wordende bodem stijgt de verhouding waarin aschbestanddeelen en water opgenomen worden bij de V38 sterker dan bij de Fr.

De invloed van de temperatuur op de wateropname per gram wortel-massa is bij de V38 grooter dan bij de G. Vict.

ALGEMEENE SAMENVATTING

Wanneer bij het kweken van nieuwe rassen, die meer opbrengen dan het uitgangsmateriaal, uitsluitend gelet wordt op de opbrengst zelf, dan loopt dit kweken vast, reeds lang voor dat het theoretisch mogelijke bereikt is.

Het kweken van productievere rassen moet gebaseerd zijn op kennis van de erfelijke oorzaken van verschillen in opbrengst. Om deze oorzaken te leeren kennen is physiologisch onderzoek noodig.

In het experimenteele gedeelte is aangetoond, dat bij het wortelstelsel van zeven erwtenrassen duidelijke verschillen waarneembaar zijn in wortelwaarde; de opname van aschbestanddeelen per gram wortelmassa; de opname van water per gram wortelmassa en de verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen.

Tusschen de worteltoppen van de rassen worden verschillen gevonden in permeabiliteit voor water en voor kaliumnitraat.

Bij grotere vochtigheid van de bodem is de activiteit van het wortelstelsel groter. Per eenheid wortelgewicht worden dan meer aschbestanddeelen en meer water opgenomen.

Bij hogere concentratie van de voedingsoplossing is de wortelwaarde groter en worden per gram wortelmassa meer aschbestanddeelen opgenomen.

Bij hogere temperatuur (uitsluitend van het wortelstelsel) is de wortelwaarde groter. De opname van water per gram wortelmassa is dan veel sterker. De opname van aschbestanddeelen per gram wortelmassa is bij hogere temperatuur slechts weinig sterker.

De G. Vict. reageert veel sterker op het beschikbaar stellen van meer water dan de V38.

De verhouding, waarin aschbestanddeelen en water worden opgenomen, wordt door de vochtigheidstoestand van de bodem bij de V38 veel sterker beïnvloed dan bij de Fr.

De invloed van de temperatuur van het wortelstelsel is bij de V38 veel groter dan bij de G. Vict. en bij de Fr. vrijwel gelijk aan die bij de V38.

SUMMARY

In the theoretical part the following points are considered regarding the problem of breeding new varieties (especially of wheat) of greater yieldvalue:

1) The yieldvalue depends on many different properties of the plant. It is shown that no real further improvement of the existing varieties may be obtained by studying only the total yield character, which is the result of these separate simpler properties. Such improve-

ment may be expected, however, when studying these simpler properties separately.

2) The properties studied up to the present time e.g. tillering, number of ears, number of grains, grainweight, may not be considered as the real causes, on which the yieldvalue depends. The plant not only *is* something, but *does* something and the varieties not only differ in what they *are*, but in what they *do*. It is made clear that the real causes consist in the capacities for assimilation, transpiration, absorption of the nutritive elements etc.

These physiological properties are of prime importance for the breeder. There is a great want of physiological knowledge about our crops. In the experimental part the following facts have been established:

3) Great differences exist in the rootvalue (the ratio of the dryweight of shoot : root) of different varieties of peas (seven varieties have been compared). From the rootvalues it may be concluded e.g. that the rootsystem of the var. „Gele Vict.” is capable of providing the double amount of aerial parts of the plant with water and dissolved minerals in comparison with the rootsystem of V 38.

4) It has been proved with potexperiments that the rootsystems investigated differ in absorption of water and minerals (calculated pro gram rootweight).

5) The mutual proportions of water and minerals absorbed are different.

6) Clear differences have been also found in the permeability of the roottips for water, and probably the permeability for KNO_3 is also different.

7) The water content of the soil has a great influence on the rootvalue. The rootvalue generally increases with greater moisture content and a greater absorption of the roots (calculated pro gram of the rootsystem) is found both for water and dissolved minerals.

8) The same has been ascertained in the case of higher concentration of the solution in which the plants are grown (flowing watercultures have been used).

9. The rootvalue and absorption of water also increase with higher temperature of the roots. The absorption of mineral substances does not obviously increase in this case.

10) The reaction of different varieties upon changes of water content on the soil and temperature of the roots is different.

The series, however, of the varieties of different rootactivity is not changed when changing these circumstances. The different varieties react in the same way but not to the same extent with changes of these circumstances.

AANGEHAALDE LITERATUUR

- BABCOCK & CLAUSEN, 1927. Genetics in relation to agriculture. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- BAILAY & GILBERT, 1922. Plant Breeding. The Rural Science Series Macmillian Company, New York.
- BAKHUYZEN, H. L. VAN DE SANDE-, 1928. Studies upon wheat grown under constant conditions. Plant Physiology 3, blz. 1-30.
- BAUR, E., 1924. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Verl. Gebr. Borntraeger, Berlin.
- BAUR, E., 1932. Konsequenzen der Vererbungslehre für die Pflanzenzüchtung. Handb. d. Vererbungswiss., Bnd. III D. Verl. Borntraeger, Berlin.
- BERKNER und SCHLIMM, 1932. Unters. über den Wasserverbrauch von zehn ökologisch verschieden eingestellten Sommergerstensorten. Arch.f. Pflanzenbau 8, blz. 740-754.
- BERKNER und SCHRÖDER, 1932. Unters. über die morphologischen Merkmale zweier Weizensorten in ihren Beziehungen zueinander und zum Witterungsverlauf. Z. f. Pflanzenzüchtung 17, blz. 474-484.
- BIFFEN & ENGLEDDOW, 1926. Wheat-Breeding Investigations at the Plant Breeding Institute, Cambridge. Ministry of Agric. & Fisheries. Research Monograph. no 4.
- BOEUF, 1927. Eléments de biologie et de génétique appliqués à l'amélioration des plantes cultivées. Soc. Anonyme de l'imprimerie rapide de Tunis, 272 blz.
- BOHNE, W. 1931. Organisation und Aufgaben der deutschen Pflanzenzüchtung. Der Züchter 3, blz. 161.
- BOONSTRA, A. E. H. R. 1931. Root systems of seven varieties of peas grown under similar cultural conditions. Med. Landb. Hoogesch. 35, Verh. 2.
- BOUILLENNE, R. ET WENT, F. 1933. Recherces expérimentales sur la néoformation des racines dans les plantules et les boutures des plantes supérieures. Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, Vol. 43.
- BRAUNER, LEO, 1930. Ueber polare Permeabilität. Ber. d. D. Bot. Ges. 48, blz. 109-119.
- BRENCHLEY, W. E., 1916. The effect of the concentration of the nutrient solution on the growth of Barley and Wheat in water cultures. Ann. of Bot. 30, blz. 77-90.
- BRENCHLEY, W. E. & JACKSON, V. G., 1921. Root development in Barley and Wheat under different condition of growth. Ann. of Bot. 35, blz. 533-556.
- BRIGGS, L. J. & SHANTZ, H. L., 1914. Relative water requirement of plants. Journal of Agr. Res. 3, blz. 1-62.
- BRIGGS & SHANTZ, 1915. Influence of hybridisation and crosspollination on the waterrequirement of plants. Journ. Agr. Res. 4, blz. 391-401.
- BROEKEMA, C., 1933. Oogstanalytische vergelijking van tarwerassen. Landbouwkundig Tijdschr. 45, blz. 921-938.
- BUCHINGER, A. 1930. Die Bedeutung der Selektion nach der Saugkraft für die Pflanzenzüchtung. Z.f. Pflanzenzüchtung 15, blz. 99-114.
- COULTER, J. M. 1920, Fundamentals of plant-breeding. D. Appleton and Comp., New York.
- DAVENPORT, E. 1907. Principles of breeding. Ginn and Company, Boston.
- DRENGENBERG, H. 1933. ...Atmungsgröße als charakteristische Merkmale der Sorten und Linien... Verl. Rathmann, Kiel.
- FRANKEL, O. H. 1932. Analytische Ertragsstudien an Getreide. Züchter 4, blz. 98-109.

- FRUWIRTH, C. 1930. Handb. d. landwirtsch. Pflanzenzüchtung, Bnd 1. Verl. Paul Parey, Berlin.
- GELLHORN, E. 1929. Das Permeabilitätsproblem. Verl. J. Springer, Berlin.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J. 1933. De invloed van de nitraatconcentratie der voedingsoplossing op den groei der tarweplanten. Ac. proefschrift, Uitg. Wolters, Groningen.
- GOLDSCHMIDT, R. 1928. Einführung in die Vererbungswissenschaft. Verl. J. Springer, Berlin.
- HAAN, I. DE, 1933. Protoplasmaquellung und Wasserpermeabilität. Rec. trav. bot. neerl. 30, blz. 234—335.
- HAGEDOORN, A. L., 1927. Handboek voor Fokkerij en Plantenteelt. Leiden-Nijmegen, Maastricht.
- HAYES & GARBER, 1921. Breeding Crop Plants. Mc. Graw. Hill Book Comp., New York.
- HERTWIG, P. 1927. Vererbungslehre. Tabulae Biologicae 4.
- HEUKELS, H. 1915. Die Kreuz- und Selbstbefruchtung und die Vererbungslehre. Rec. trav. bot. neerl. 12, blz. 278—339.
- HEUSER, W., 1927/28. Die Ertragsanalyse von Getreidezüchtungen. Pflanzenbau, blz. 353—357.
- HEYN, A. N. J., 1931. Der Mechanismus der Zellstreckung. Rec. trav. bot. neerl. 28, blz. 113—244.
- HEYN, N. N. J., 1933. Further investigations on the mechanism of cell elongation and the properties of the cell wall in connection with elongation. Protoplasma, 19, blz. 78—96.
- HOLDEFLEISZ, P., 1920. Landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung. Handbuch der gesamten Landwirtschaft. Verl. M. Jänecke, Leipzig.
- JACKSON, VIOLET G., 1922. Anatomical structure of the roots of barley. Ann. of Bot. 36, blz. 21—39.
- JONES, D. F., 1925. Genetics in plant and animal improvement. John Wiley & Sons, New York.
- JENNINGS, H. S., 1916. The numerical results of diverse systems of breeding. Genetics 1, blz. 53—89.
- KIESSLING, L. 1915. Unters. über die Vererbung von Stickstoffgehalt und Korngrösse der zweizeiligen nickenden Gerste. Z.f. Pflanzenzüchtung 3, blz. 81—147.
- KOESLAG, J. D., 1933. De invloed van klimaat en weer op de tarweteelt. Landb. Tijdschrift 45, blz. 897—920.
- LANG, A., 1911. Fortgesetzte Vererbungsstudien. Z.f. ind. Abst. u. Vererb. 5, blz. 97—138.
- LATHOUWERS, V. 1929. Manuel de l'amélioration des plantes cultivées. Jules Duculot, Gembloux.
- LEIDNER, R., 1915. Beitrag zur Frage des Standraumes und der Ernährung der einzelnen Pflanze bei der Pflanzenzüchtung. Z.f. Pflanzenzüchtung 3, blz. 353—370.
- LUNDEGÅRDH, H., 1911. Ueber die Permeabilität der Wurzelspitzen von *Vicia faba*. Kungl. Svenska Vetensk. Handlingar 47, no 3.
- MAXIMOW, N., 1926. The physiological basis of drought resistance. Bull. appl. bot. plantbreeding, blz. 1—436.
- METZNER, P., 1930. Ueber polare Leitfähigkeit lebender und toter Membranen. Ber. d. D. Bot. Ges. 48, blz. 207—210.
- PHILIPP, W., 1932. Transpirationsversuche mit Betarüben im Laboratorium und Freiland. Arch. f. Pflanzenbau 8, blz. 70—120.

- RAUM, H., 1930. Vergleichende morphologische Sortenstudien an Getreide. Beiträge zur Eigenschafts-analyse. Z.f. Pflanzenzüchtung 15, blz. 309–344.
- REID, M. E., 1929. „Growth of seedlings in light and in darkness in relation to available nitrogen und carbon. Bot. Gaz. 87, blz. 81–117.
- REITEMEIER, A. 1904. Geschichte der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Verl. Fleischmann, Breslau.
- RIEDE, W., 1927. Beiträge zu den Grundlagen der Pflanzenzucht. Beiträge zur Pflanzenzucht, 9, blz. 58–92.
- ROEMER, TH., 1914. Vererbung von Leistungseigenschaften. Fühling landw. Zeitung 63, blz. 257–268.
- RÜMKER, K., 1909. Methoden der Pflanzenzüchtung in experimenteller Prüfung. Verl. Paul Parey.
- SCHEIBE, A. 1927. Morphologisch physiologische Unters. über die Transpirationsverhältnisse bei der Gattung Triticum und deren Auswertung für Pflanzenzüchtung und Kulturpflanzen ökologie. Ang. Bot. 9, blz. 199–281.
- SEELHORST, C. v., 1911. Die Bedeutung des Wassers im Leben der Kulturpflanzen. Journ. f. Landw. 59, blz. 259–291.
- SINNOTT & DUNN, 1925. Principles of Genetics. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- SIRKS, 1933. Handboek der algemeene erfelijkheidsleer. Uitg. M. Nijhoff, Den Haag.
- STILES, W., 1916. On the interpretation of the results of water culture experiments. Ann. of Bot. 30, blz. 427–436.
- TSCHERMAK, E., 1931. Mendelismus und Pflanzenzüchtung. Ak. d. Wiss., Wien.
- VRIES, H. DE, 1906. Die Svalöfer Methode zur Veredelung Landwirtschaftlicher Kulturgewächse und ihre Bedeutung für die Selektionstheorie. Opera 6, blz. 380–420.
- WEAVER, J. E., 1926. Root development of field crops. Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- WENIGER, FR. CHRISTIANSEN, 1925. Anatomische Unters. des Blattbaues der F'-Generation einer Unterartkreuzung bei Triticum und der Versuch eines physiologischen Deutung der Befunde. Landw. Forsch. 2 Reihe, blz. 81–152.
- WEXELSEN, H., 1933. Linkage of a quantitative and a qualitative character in barley. Hereditas 17, blz. 323–341.
- ZALESKI, L., 1927. Sur la migration des principes nutritifs minéraux pendant la croissance de la plante. Mem. de l'inst. nat. polonais d'économie rurale à Pulawy 8, blz. 239–294.

STELLINGEN

I

Dat de erwt meer water verbruikt bij hogere temperatuur (binnen het gebied van 5°–25° C.) van het wortelstelsel, is toe te schrijven aan vermindering van weerstand bij het watertransport.

II

De groei van het wortelstelsel van de intakte plant houdt verband met de hoeveelheid minerale voedingsstoffen (vooral water, stikstof en phosphor), die opgenomen kunnen worden. Naarmate de voedingsomstandigheden gunstiger zijn, wordt de vertakking van het wortelstelsel bevorderd, de lengtegroei der wortels relatief geremd.

III

Er bestaan geen polymere factoren.

IV

Het is niet juist naast een genetische zelfsteriliteit nog een andere zelfsteriliteit te onderscheiden.

Zie o.a. BRIEGER, Selbststerilität und Kreuzungssterilität, Verl. Springer, Berlin, 1930, blz. 58.

V

De kwade harten van de erwten zijn waarschijnlijk het gevolg van boriumgebrek.

VI

Het resultaat van de proeven van VON LEDEBUR (Pflügers Archiv 229, blz. 390) zegt niets over een eventueel verschil in sterkte van de stofwisselingsprocessen van spieren bij houding en bij beweging.

VII

Dat bij prikkeling de spiercellen meer permeabel worden, is niet zeker.

VIII

We kunnen de metazoën met evenveel recht ontstaan denken uit een protistenfamilie als uit één protist.

IX

De „Genzentrentheorie” van VAVILOV is waarschijnlijk niet juist.

X

Wat we weten van het transfusieweefsel bij fossiele planten, pleit voor een phylogenetisch ontstaan uit het centripetale xyleem.

