

N 2624

MEDEDEELINGEN
VAN DE
LANDBOUWHOOGESCHOOL
EN VAN DE DAARAAN VERBONDEN INSTITUTEN

ONDER REDACTIE VAN DEN
SENAAT DEZER INRICHTING

DEEL 45



H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1941



INHOUD

1. S. J. WELLENSIEK, Oogstanalyse I, Oriëntatie bij erwten (with a summary: Yield-analysis I, Orientation with peas).
2. Ir G. SISSINGH, Über einige Waldgesellschaften der Insel Seeland (Dänemark).
3. Prof. Dr E. VAN SLOGTEREN en Dr MARIA P. DE BRUYN OUBOTER, Onderzoekingen over virus-ziekten in bloembolgewassen I. Narcissen I.
4. Prof. Dr E. VAN SLOGTEREN en Dr MARIA P. DE BRUYN OUBOTER, Onderzoekingen over virus-ziekten in bloembolgewassen II. Tulpen I.
5. Dr Ir J. DOEKSEN, Bijdrage tot de vergelijkende morphologie der Thysanoptera.

OOGSTANALYSE I ORIËNTATIE BIJ ERWTEN

WITH A SUMMARY:
YIELD-ANALYSIS I
ORIENTATION WITH PEAS

DOOR

S. J. WELLENSIEK



*Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool
Deel 45 — Verhandeling 1*

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1941

560202

OOGSTANALYSE I: ORIËNTATIE BIJ ERWTEN

With a summary:

YIELD-ANALYSIS I. ORIENTATION WITH PEAS.

door S. J. Wellensiek

(*Instituut voor Plantenveredeling, Wageningen, Holland*)

INHOUD

	Blz.
I. Inleiding	3
II. Methoden	6
III. Materiaal	8
IV. Experimenteele gegevens	9
§ 1. Analyse van de gemiddelde stengellengte bij rassen 1-12	9
§ 2. Analyse van de gemiddelde opbrengst bij rassen 1-12	11
§ 3. Variabiliteit der direct bepaalde opbrengstfactoren	14
§ 4. De productie aan droge stof bij rassen 1-12	16
§ 5. Oogstanalytische vergelijking van vier rasgroepen	18
V. Bespreking. Het belang der oogstanalyse	21
VI. Samenvatting	24
Summary: Yield-analysis I. Orientation with peas	26
Geciteerde literatuur	29

I. INLEIDING

Wil men de opbrengst, de oogst, van eenig gewas genetisch bestudeeren, hetzij uit een oogpunt van plantenveredeling, hetzij uit een oogpunt van zuiver genetische analyse, dan moet vooropgesteld worden, dat deze opbrengst vrijwel steeds een gecompliceerde eigenschap is. Zij is de resultante van een aantal opbrengstfactoren, welke bij een oogstanalyse worden vastgesteld. Gelijke opbrengsten van verschillende rassen kunnen op geheel verschillende wijzen zijn samengesteld; bij erwten kunnen b.v. veel kleine zaden en weinig groote zaden tot een zelfde totaal zaadgewicht leiden. Oogstanalyse voert dan tot een scherpe karakteristiek der rassen.

Bij een dergelijke karakteriseering kunnen gebreken in het ras aan het licht worden gebracht, welke voor veredeling in aanmerking komen. Ook kunnen zeer gunstige oogstfactoren bestaan, waardoor het ras waarde krijgt als kruisingsouder, als geniteur.

Er zijn verder zijdelingsche voordeelen verbonden aan een oogstanalyse. De verkregen individueele waarnemingen kunnen nl. worden gebruikt voor een bestudeering der variabiliteit, welke een gedeeltelijk

inzicht kan geven in de mate van raszuiverheid en in de mogelijkheid van effectieve selectie. In het laatste geval verschaffen de individuele waarnemingen een objectieve maatstaf voor selectie in populaties.

Wij kunnen dus als *doel der oogstanalyse* formuleeren:

- 1e door het verkrijgen van inzicht in de factoren, die de oogst samenstellen, de rassen te karakteriseeren, hetgeen leidt tot:
 - A. het aangeven van den weg tot verbetering van het ras door nadruk te leggen op zijn fouten;
 - B. de mogelijke beteekenis van een ras als geniteur aan te geven door nadruk te leggen op zijn verdiensten;
- 2e zijdelings gebruik te maken van de gegevens:
 - A. voor het nagaan der variabiliteit, waardoor een gedeeltelijk inzicht wordt verkregen in de raszuiverheid;
 - B. voor stamselectie in populaties.

In het volgende wordt oogstanalyse beschouwd uit een oogpunt van plantenveredeling, waarbij de nadruk wordt gelegd op het bestaan van verschillen in de oogstcompositie als raskenmerken. Terloops worde opgemerkt, dat oogstanalyse ook toepassing kan vinden bij het nagaan van verschillen tengevolge van wijziging in uitwendige groeivoorwaarden: bemesting, standruimte, e.d.

Voorts worde opgemerkt, dat in het volgende de uiteindelijke oogst wordt geanalyseerd in morphologische factoren. Naast deze morphologische analyse kan een physiologische worden onderscheiden, welke de functies der physiologische factoren, zooals ademhaling, assimilatie e.d. tijdens de ontwikkeling van de plant bestudeert. Hoewel op den duur de morphologische en de physiologische analyse elkander moeten aanvullen om tezamen een zoo volledig mogelijk beeld te kunnen ontwerpen, behoorren beide tot aparte studiegebieden en moet, in het volgende, de physiologische analyse buiten beschouwing blijven.

Over oogstanalyse bestaat een vrij omvangrijke literatuur, speciaal in Duitschland. Deze biedt echter weinig aanknooppingspunten met het thans te bespreken onderzoek en ik stel een min of meer volledige bespreking tot een latere gelegenheid uit. In Nederland is het gebruik van oogstanalytische methoden ingevoerd door C. BROEKEMA (1, 2, 3), die zelf aardappels en tarwe heeft bewerkt. MUNTINGA (4) heeft een beperkte oogstanalyse toegepast bij een vergelijking van twee erwtenrassen op twee standruimten.

Na het afsluiten van mijn manuscript verscheen de publicatie van KONOLD (4a), die eenige aansluiting bij mijn onderzoek geeft. Er werd een beperkte oogstanalytische vergelijking gemaakt tusschen Victoria en een, niet nader aangeduide, „kleinzadige” vorm. De eerste bleek meer peulen te hebben, een veel hooger 1000-korrelgewicht, een hoo-

gere productie per peul, veel hogere opbrengst per plant en per ha en een gunstiger korrel: stroo-verhouding, nl. ongeveer resp. 1 : 2 en 1 : 4.

Het doel van mijn eigen onderzoek was allereerst het uitwerken van de methodiek eener zoo volledig mogelijke morphologische oogst-analyse bij erwten. Hoewel hiertoe een aantal van 12 rassen vergelijkenderwijze werd bewerkt, was het geven van een oogstanalytische rassenkarakteristiek nog geen primair doel. Dit was wel het geval bij de toepassing der verkregen ervaring op 22 andere rassen. Hoewel over de velerlei toepassingen der uitgewerkte methodiek in latere publicaties zal worden gesproken, wordt het resultaat der bedoelde 22 rassen reeds thans samenvattend behandeld als eerste illustratie.

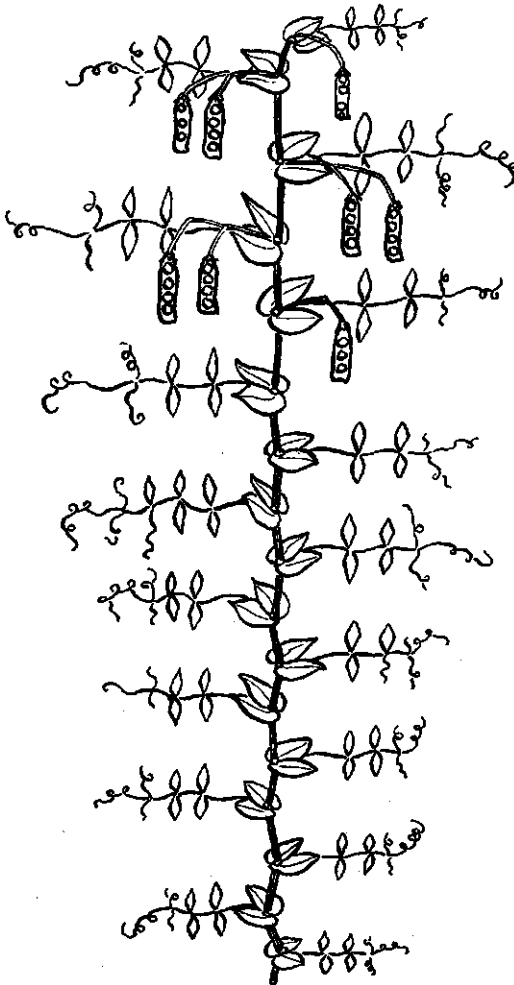


Fig. 1. Schematische voorstelling van een erwtenplant. Beschrijving in tekst.
 Fig.1. Schematical representation of a pea plant. Description in text and summary.

II. METHODEN

In fig. 1 is een schematische schets gegeven van een erwtenplant. Het zal in het volgende duidelijk worden, dat bij een volledige oogst-analyse ook de opbouw van de stengel beschouwd moet worden. Wij vinden van onderen naar boven een aantal knoopen, in de oksels waarvan geen bloemen resp. peulen worden gevormd, gevolgd door een aantal knoopen, waar dit wel het geval is. De eerste noemen wij steriele, de tweede noemen wij fertiele knoopen. Hun aantallen worden door tellen bepaald.

Analoog wordt de stengellengte gesplitst in een steriel gedeelte en een fertiel gedeelte, welke door meting worden bepaald. Hierbij geldt als steriel gedeelte de afstand tusschen stengelbasis en het midden van het stengellid tusschen hoogste steriele en laagste fertiele knoop, terwijl als fertiel gedeelte de afstand van het laatst bedoelde punt tot de stengeltop geldt. Gemeten werd tot op cm nauwkeurig.

Na de bepaling van de aantallen steriele en fertiele knoopen en na de meting der steriele en fertiele stengellengten volgen door eenvoudige optelling het totaal aantal knoopen en de totale stengellengte, welke natuurlijk ook rechtstreeks kunnen worden bepaald. Dergelijke rechtstreeks of direct bepaalde kenmerken noemen wij eenvoudigheids-halve „directe” kenmerken en onderscheiden daarnaast „afgeleide” kenmerken, welke met betrekking tot de stengelopbouw de volgende zijn:

gemiddelde steriele lidlengte = steriele stengellengte : aantal steriele knoopen;

gemiddelde fertiele lidlengte = fertiele stengellengte : aantal fertiele knoopen;

gemiddelde lidlengte = totale stengellengte : totaal aantal knoopen.

Van de stengelfactoren is het aantal fertiele knoopen reeds een zuivere productiefactor, welke dus direct wordt bepaald. Dit laatste geldt ook voor aantal peulen, aantal zaden en totaal zaadgewicht, het laatste bepaald tot op 10 mg nauwkeurig. Uit deze vier directe kenmerken vinden wij drie afgeleide, nl.:

gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop = aantal peulen : aantal fertiele knoopen;

gemiddeld aantal zaden per peul = aantal zaden : aantal peulen;

gemiddeld gewicht van 1 zaad = totaal zaadgewicht : aantal zaden.

Voor een oogstanalyse moeten de 7 genoemde kenmerken anders worden gerangschikt. Aangezien de oogst gelijk is aan het totaal zaadgewicht, stellen wij allereerst:

(1) totaal zaadgewicht = gemiddeld gewicht van 1 zaad $\times$ aantal zaden per plant. Hierin is het gemiddeld gewicht van 1 zaad een

enkelvoudig kenmerk, dat niet verder ontbonden kan worden. Voor het aantal zaden geldt echter:

(2) aantal zaden = gemiddeld aantal zaden per peul $\times$ aantal peulen. Het aantal zaden is dus een *samengesteld kenmerk*. Evenzoo is het aantal peulen samengesteld, nl.:

(3) aantal peulen = gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop $\times$ aantal fertiele knoopen. Uit samenvoeging der vergelijkingen (1), (2) en (3) volgt dan:

(4) totaal zaadgewicht = gemiddeld gewicht van 1 zaad $\times$ gemiddeld aantal zaden per peul $\times$ gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop $\times$ aantal fertiele knoopen.

In het algemeen kunnen wij stellen:

O (opbrengst) = $a_1 \times a_2$. Hierin is $a_2 = b_1 \times b_2$ en hierin is $b_2 = c_1 \times c_2$. Dus $O = a_1 \times b_1 \times c_1 \times c_2$. O is het meest samengesteld; a_2 en b_2 zijn minder samengesteld; a_1 , b_1 , c_1 en c_2 zijn enkelvoudig.

Er is onderscheid gemaakt tusschen directe en afgeleide kenmerken naar hun methode van bepaling. Er is voorts onderscheid gemaakt tusschen enkelvoudige en samengestelde kenmerken naar hun niet of wel mogelijke ontbinding in factoren. Beschouwen wij beide groeperingen tezamen, dan krijgen wij:

direct en enkelvoudig: aantal fertiele knoopen;

direct en samengesteld: aantal peulen per plant, aantal zaden, totaal zaadgewicht;

afgeleid en enkelvoudig: gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop, gemiddeld aantal zaden per peul, gemiddeld gewicht van 1 zaad.

Afgeleide en samengestelde kenmerken bestaan niet.

De waarden der directe kenmerken werden eerst vastgelegd in potloodstaten volgens volgorde der bepalingen. Zij werden vervolgens overgebracht in inktstaten in een dusdanige volgorde, dat de afgeleide kenmerken op regelmatige wijze konden worden ingevuld. Uit deze staten, welke in totaal de waarden van 16 kenmerken omvatten, werden de gegevens der overzichtstabellen gehaald, waarin de volgorde der kenmerken dusdanig werd genomen, dat zij beantwoorden aan die eener logische analyse.

De splitsing in potlood- en inktstaten, of zoo men wil: in klad- en in netstaten, is onvermijdelijk, omdat eenerzijds het schrijven in inkt tijdens de bepalingen bezwaarlijk is en anderzijds inktstaten niet gemist kunnen worden.

Beperking der berekeningen was noodzakelijk: de eerste bewerking van 12 rassen leverde reeds 30.600 direct bepaalde waarden op. Van daar dat variabiliteitsberekeningen slechts werden verricht bij de 4 directe oogstfactoren. Bij deze berekeningen werd veel gemak onder-

vonden van de door WELLENSIEK en HOOGLAND (5) beschreven methode, waarbij het vermenigvuldigen grootendeels wordt vervangen door subtotalisaties, zoodat met een schrijvende telmachine kan worden volstaan. Noodzakelijke beperking in de berekeningen voerde ook tot het bepalen der gemiddelde afgeleide kenmerken uit deeling van de gemiddelden der kenmerken van uitgang.

Ter beoordeeling van de physiologische productie-capaciteit werden bepalingen der totale droge stof van de bovengrondsche plantendeelen verricht en werd deze waarde gesplitst in droge stof van het zaad en droge stof van het stroom.

III. MATERIAAL

Het bewerkte materiaal valt uiteen in 2 groepen. De eerste omvat 12 rassen, die aangeduid zullen worden als ras 1, ras 2, enz. Hiervan is ras 7 Hylkema's Unica, terwijl de overige nieuwe rassen van het Instituut voor Plantenveredeling zijn. Een aantal dezer rassen is inmiddels verspreid onder fantasienamen, zoodat het voor toekomstige verwijzing dienstig is deze namen te vermelden. Het zijn: 1 = Corwil; 3 = Siscoro; 4 = Chascor; 5 = Wirona; 8 = Huco; 9 = Covi; 10 = Victor; 11 = Sisca; 12 = Wico.

Van deze rassen werden in 1939 op zware rivierkleigrond van het „Groenewoud" te Wageningen lange smalle strooken geteeld; de lengte was 215 m, de breedte per ras 4—6 m met 3 rijen op 1 m. De stand was goed en het geheele productieproces verliep gunstig. Van elk ras werden nu op 3 plaatsen monsters genomen ter lengte van 2,5 m uit 8 of 10 rijen. Van elk monster werden gedurende den winter 10 planten volledig geanalyseerd, in totaal dus $3 \times 10 \times 8$ of 10, dus 240 of 300 planten. Van de rassen 1, 2 en 9 werden 300 planten, van de overige 240 geanalyseerd. Hoewel het getallenmateriaal apart werd bewerkt voor elk rij-monster van 10 planten, zullen in het volgende slechts de gemiddelden van het totaal aantal per ras bewerkte planten worden gegeven. De overeenstemming tusschen de verschillende rijen was meestal zeer bevredigend.

Zooals reeds gezegd, was het materiaal voor het doel zeer geschikt. Er was echter één bezwaar, nl., dat de gemiddelde plantafstand in de rij niet steeds gelijk was. Als gemiddeld aantal planten per strekkende meter werd voor het geheele materiaal 20 vastgesteld. Voor de rassen 1—12 bedroeg dit gemiddelde resp. 17, 18, 22, 19, 24, 22, 21, 24, 14, 17, 21, 20. Speciaal ras 9 met 14 planten per strekkende meter wijkt dus nogal af. Overigens zijn de afwijkingen niet van dien aard, dat het materiaal in ernstige mate verstoord is. Wij moeten echter de verkre-

gen productiecijfers beschouwen voor wat zij zijn: gemiddelden per plant; voor vergelijking der productiviteit van de rassen per oppervlakte-eenheid mogen zij niet worden gebruikt.

De ervaring, opgedaan bij de bewerking van het boven genoemde materiaal, werd toegepast door van een grooter aantal rassen 50 planten te analyseren. Deze rassen zijn *ronde groene erwten*, nl.: Hylkema's Unica (2 partijen), Mansholt's gekruiste extra korte (2 partijen), Mansholt's Pluk, Mansholt's Corona, Mansholt's Corona $\times$ Unica, Mansholt's Unica $\times$ Corona, Hylkema's Unica $\times$ Kroon 147/35, Hylkema's Unica $\times$ Kroon 368, Hylkema's Unica $\times$ Victoria 217, Hylkema's Unica $\times$ Kroon en Hylkema's Corona $\times$ Ras 119/120—253, in totaal 13 stuks; verder *schokkers*, nl.: Schokker CB 142-2, Schokker CB 3113-3693, Koopman's Zelka (2 partijen), Zelka stam 5, Schokker CB 3113-96 en Mansholt's Schokker, in totaal 7 stuks. Ten slotte omvat dit materiaal Mansholt's Gruno rozijnerwt en een Peragis velderwt. Het is van minder belang om in deze publicatie alle rasgegevens te vermelden. Daarom wordt volstaan met het samenvatten van de 4 rasgroepen: ronde groene erwten, schokkers, Gruno rozijn en Peragis velderwt.

Ter bevordering van de overzichtelijkheid worden de gegevens der rassen 1—12 verdeeld over 4 paragrafen, waarin achtereenvolgens de analyse van de stengellengte, de analyse van de opbrengst, de variabiliteit der directe productiefactoren en de droge stofbepalingen worden besproken. De gegevens der overige rassen worden vervolgens samenvattend in één aparte paragraaf besproken.

IV. EXPERIMENTEELE GEGEVENS

§ 1. *Analyse van de gemiddelde stengellengte bij rassen 1—12.*

In tabel 1 zijn de betreffende gegevens samengevat. Na het in II medegedeelde behoeft de kop van deze tabel geen nadere toelichting, waarbij overigens ter verduidelijking herinnerd worde aan fig. 1.

Bij de volgorde der rassen, kolom 1, is ras 7 (Unica) voorop gezet, omdat dit ras als standaard is gebruikt. Slechts van dit ras zijn de absolute waarden vermeld, waarna de gemiddelden der overige rassen uitgedrukt zijn in percenten van ras 7. Het onderling vergelijken der uitkomsten wordt op deze wijze zeer gemakkelijk gemaakt.

Het behoeft geen nadere uitlegging, dat voor de absolute waarden geldt: kolom 2 $\times$ kolom 3 = kolom 4, verder kolom 5 $\times$ kolom 6 = kolom 7 en kolom 8 $\times$ kolom 9 = kolom 10. Verder is kolom 2 + kolom 5 = kolom 8 en is kolom 4 + kolom 7 = kolom 10. Door afrondingen komen geringe afwijkingen van deze regels voor.

Wij zullen nu enkele in het oog springende rasverschillen met betrekking tot de stengelopbouw uit de tabel afleiden.

TABEL 1.

Analyse van de gemiddelde stengellengte bij rassen 1—12

Table 1.

Analysis of average stem-length in races 1—12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ras Race	Steriele stengeldeel <i>Sterile part of stem</i>			Fertiele stengeldeel <i>Fertile part of stem</i>			Totale stengel <i>Total stem</i>		
	aantal knoopen	lid- lengte	totale steriele stengel- lengte	aantal knoopen	lid- lengte	totale fertiele stengel- lengte	aantal knoopen	lid- lengte	totale lengte
	<i>number of nodes</i>	<i>length of internodes</i>	<i>total sterile stem- length</i>	<i>number of nodes</i>	<i>length of internodes</i>	<i>total fertile stem- length</i>	<i>number of nodes</i>	<i>length of internodes</i>	<i>total length</i>
7	14,60	1,97	28,80	3,41	2,24	7,64	18,02	2,02	36,44
	=	cm =	cm =	=	cm =	cm =	=	cm =	cm =
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	91 %	100 %	94 %	102 %	109 %	108 %	93 %	105 %	97 %
3	70 %	95 %	68 %	114 %	182 %	203 %	79 %	125 %	96 %
4	106 %	146 %	159 %	84 %	132 %	110 %	102 %	145 %	149 %
5	70 %	80 %	57 %	108 %	155 %	162 %	77 %	105 %	79 %
6	101 %	105 %	108 %	87 %	136 %	117 %	98 %	115 %	110 %
8	72 %	115 %	83 %	124 %	186 %	227 %	82 %	140 %	113 %
9	101 %	130 %	135 %	101 %	132 %	128 %	101 %	135 %	133 %
10	98 %	105 %	104 %	103 %	118 %	120 %	98 %	110 %	108 %
11	92 %	105 %	96 %	102 %	127 %	127 %	94 %	110 %	103 %
12	110 %	120 %	135 %	110 %	127 %	137 %	110 %	125 %	135 %
	97 %	125 %	124 %	114 %	132 %	147 %	100 %	130 %	129 %

Het aantal steriele knopen, kolom 2, is opvallend laag voor rassen 2, 4 en 6 en dit zijn de vroegbloeiende rassen. Ons materiaal bevestigt de regel, dat het aantal steriele knopen een zeer goede maat is voor de vroegheid. Het aantal steriele knopen der rassen 2 en 4 is gelijk, doch de gemiddelde lengte der steriele leden (kolom 3) is grooter bij ras 2 en daardoor wordt ook de totale steriele stengellengte (kolom 4) bij ras 2 grooter. Overigens zijn de waarden der rassen 2, 4 en 6 in kolom 4 de laagste van alle, zoodat ook in de steriele stengellengte een maat voor de vroegheid kan liggen. In verband met de verschillen in gemiddelde lidlengte (kolom 3) is waarschijnlijk wel het aantal steriele knopen een juistere maat. De waarneming leerde nl., dat rassen met gelijk aantal steriele knopen, doch verschillende lidlengten en totale steriele stengellengten toch op een zelfde dag beginnen te bloeien.

Leerzaam zijn ook de rassen 8 en 11, die een gelijke totale steriele

lengte hebben, doch zeer verschillend opgebouwd zijn; voor ras 8 geeft 101% van 130% een zelfde uitkomst als 110% van 120% bij ras 11, waarbij herinnerd zij aan de boven reeds aangeduide afwijkingen door afrondingen.

Voor het aantal fertiele knopen (kolom 5) zijn rassen 3 en 5 opvallend laag. Wij komen in de volgende paragraaf hierop terug.

In kolom 6, fertiele lidlengte, vallen rassen 2 en 6 op door hun groote waarden. Hoewel terzake geen speciale waarnemingen werden verricht, mag verondersteld worden, dat dergelijke rassen zullen neigen tot legeren door te slappe stengelopbouw. Vergelijken wij rassen 1 en 3, dan is hun fertiele stengellengte (kolom 7) vrijwel gelijk, doch ras 1 heeft betrekkelijk veel, kortere leden en is daardoor ongetwijfeld gunstiger opgebouwd dan ras 3 met betrekkelijk weinig, langere leden.

Voor het totaal aantal knopen (kolom 8) zijn rassen 7 en 3 vrijwel gelijk, doch ras 3 heeft betrekkelijk weinig fertiele knopen (kolom 5) en is daardoor zeker ongunstiger. Ook in de totale stengellengte (kolom 10) vinden wij analoge verschillen, b.v. in rassen 1 en 2. De absolute waarden voor steriele + fertiele stengellengte zijn hier resp. $27,1 + 8,2 = 35,3$ cm en $19,6 \pm 15,5 = 35,1$ cm.

Deze illustraties, welke gemakkelijk met een groot aantal te vermeerderen zouden zijn, zijn voldoende om het belang van de analyse der stengellengte aan te toonen. Uitgaande van een gegeven gewenschte totale stengellengte — waarvoor een maat in het algemeen niet zal zijn aan te geven —, geeft de analyse van de stengelopbouw inzicht in de mate van vroegheid en vermoedelijk in de stevigte van het gewas. Voorts is het aantal fertiele knopen, resp. de fertiele stengellengte, reeds een belangrijke productiefactor, die wij in de volgende § nader zullen leeren kennen.

§ 2. *Analyse van de gemiddelde opbrengst bij rassen 1—12.*

Bij het beschouwen van den kop van tabel 2, waarin de gegevens der eigenlijke oogst-analyse zijn samengevat, bedenke men het reeds in II medegedeelde, dat de waarden uit kolom 2 = kolom 3 $\times$ kolom 4; voorts is kolom 4 = kolom 5 $\times$ kolom 6 en is kolom 6 = kolom 7 $\times$ kolom 8, zoodat kolom 2 = kolommen 3 $\times$ 5 $\times$ 7 $\times$ 8. Evenals in tabel 1 is ras 7 als standaardras gebruikt en zijn de waarden der andere rassen uitgedrukt in percenten van die van ras 7. Alleen van het standaardras zijn de absolute waarden vermeld.

TABEL 2.

Analyse van de gemiddelde opbrengst bij rassen 1—12

Table 1.

Analysis of the average yield in races 1—12

1	2	3	4	5	6	7	8
Ras	Totaal zaadgewicht = opbrengst	Gewicht van 1 zaad	Aantal zaden per plant	Aantal zaden per peul	Aantal peulen per plant	Aantal peulen per fertiele knoop	Aantal fertiele knoopen
Race	Total seedweight = yield	Weight of 1 seed	Number of seeds per plant	Number of seeds per pod	Number of pods per plant	Number of pods per fertile node	Number of fertile nodes
7	7,867 g =	0,269 g =	29,20 =	5,03 =	5,80 =	1,70 =	3,41 =
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
1	98 %	118 %	83 %	74 %	112 %	109 %	102 %
2	87 %	102 %	86 %	68 %	126 %	111 %	114 %
3	90 %	126 %	71 %	86 %	85 %	101 %	84 %
4	80 %	107 %	75 %	72 %	107 %	99 %	108 %
5	91 %	119 %	77 %	84 %	92 %	105 %	87 %
6	80 %	100 %	79 %	66 %	120 %	97 %	124 %
8	89 %	113 %	79 %	74 %	107 %	107 %	101 %
9	98 %	161 %	61 %	58 %	108 %	105 %	103 %
10	109 %	133 %	82 %	74 %	112 %	109 %	102 %
11	110 %	103 %	107 %	94 %	114 %	104 %	110 %
12	112 %	130 %	86 %	70 %	123 %	109 %	114 %

Bezien wij nu allereerst de kolommen, dan blijkt uit kolom 2, dat de gemiddelde totaal producties per plant per ras uiteenloopen in de verhouding van 80 : 112, zoodat de verschillen vrij aanzienlijk zijn. Het gemiddeld gewicht van 1 zaad (kolom 3) is zeer opvallend hoog voor ras 9, verder zijn de waarden der rassen 10, 12 en 3 betrekkelijk hoog. Het groote korrelgewicht van ras 9 is een der zeer weinige kenmerken, die bij een eenvoudige vergelijking der rassen op het oog zonder fijnere bepalingen duidelijk is.

Uit kolom 4 blijkt ras 7 uit te munten door veel zaden per plant; het wordt in dit opzicht overtroffen door ras 11, doch overigens door geen der andere rassen benaderd. In kolom 5 zien wij, dat ras 7 zich van alle andere rassen onderscheidt door het hooge gemiddeld aantal zaden per peul.

In kolom 6, gemiddeld aantal peulen per plant, vallen de lage waarden der rassen 3 en 5 op. In het gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop (kolom 7) vinden wij vrij weinig variatie, doch in kolom 8, gemiddeld aantal fertiele knoopen, vallen de rassen 3 en 5 wederom op door hun lage waarden. Wij komen hier aanstonds op terug. De rassen 2, 6 en 12 behooren tot de rassen met de hoogste waarden in deze kolom. Het is interessant om voor deze rassen de stengelopbouw

in zijn geheel nader te bezien, zooals deze in tabel 1 is geanalyseerd. Wij vinden dan, dat het betrekkelijk hooge aantal fertiele knoopen bij ras 2 allerm minst leidt tot een groote totale stengellengte (kolom 10 van tabel 1), bij ras 12 daarentegen zeer zeker wel, terwijl ras 6 het midden houdt tusschen rassen 2 en 12. De stengelopbouw van ras 2 is dus wel zeer gunstig uit een productie-oogpunt.

Interessanter nog worden de gegevens, wanneer wij de waarden van tabel 2 in horizontale richting bezien. Hierbij vallen zoowel de fouten als de verdiensten der rassen in het oog en wij zullen enkele gevallen ter illustratie nagaan.

Ras 7, de Unica, blijkt in vergelijking tot de andere rassen betrekkelijk klein zaad te hebben (kolom 3), doch het aantal zaden per plant (kolom 4) is zeer hoog. Uit kolom 5 blijkt dit hooge aantal zaden per plant speciaal te worden veroorzaakt door een hoog aantal zaden per peul; de andere component: aantal peulen per plant (kolom 6) is vrij laag. Willen wij de Unica gaan veredelen, dan moet met behoud der overige kenmerken getracht worden om het zaad zwaarder te maken of het aantal peulen te vergrooten. Hebben wij anderzijds behoefte aan een geniteur met groot aantal zaden, speciaal groot aantal zaden per peul, dan komt hiervoor de Unica in aanmerking.

De rassen 1 en 9 leveren een gelijke gemiddelde oogst per plant (kolom 2), doch kolommen 3 en 4 leeren, dat deze oogst op geheel andere wijze is opgebouwd, ruwweg uitgedrukt in het eene geval uit 118×83 , in het andere geval uit 161×61 . Het verschil in aantal zaden per plant (kolom 4) bij de beschouwde rassen ligt blijkens kolom 5 speciaal in verschil in aantal zaden per peul, want de waarden uit kolommen 6, 7 en 8 loopen weinig uiteen. Ras 9 zou de meest aangewezen geniteur voor groot zaad zijn, terwijl dit ras op zichzelf te veredelen ware door het aantal zaden per peul op te voeren.

Wanneer wij rassen 1 en 10 vergelijken blijkt, het niet onbelangrijke verschil in gemiddelde productie per plant uitsluitend voort te komen uit een verschil in gemiddeld gewicht van 1 zaad (kolom 3), want de waarden uit kolommen 4—8 zijn voor deze rassen opvallend gelijk.

Rassen 3 en 5 loopen in al hun factoren vrijwel parallel. Zij komen met alle andere rassen behalve 7 en 11 overeen in een te laag aantal zaden per plant (kolom 4), doch onderscheiden zich van deze andere rassen, doordat het gemiddeld aantal zaden per peul (kolom 5) betrekkelijk gunstig is, waartegenover echter het gemiddeld aantal peulen per plant (kolom 6) opvallend laag is. Verdere analyse van deze waarde in kolommen 7 en 8 leert, dat de fout der rassen 3 en 5 gelegen is in een te gering aantal fertiele knoopen. Zonder nadere kennis van den stengelopbouw zijn wij geneigd om verbetering te zoeken door verlenging van het fertiele stengelgedeelte, dus door de stengel langer te maken. Beschouwen wij echter de gegevens uit tabel 1, dan blijkt

de totale stengellengte van ras 3 reeds zeer aanzienlijk te zijn, namelijk het grootste van alle rassen; de fout ligt in een te groot steriel stengeldeel, zoodat de verhouding steriel : fertiel stengeldeel gewijzigd moet worden. Voor ras 5 liggen de verhoudingen anders; hier zou wellicht verlenging van het fertiele stengeldeel, dus van de totale stengel, de aangewezen veredeling zijn.

Rassen 4 en 6 vormen de laagste producenten, doch de opbouw van hun producties is zeer verschillend, zooals gemakkelijk uit de tabel kan worden afgelezen.

Beschouwen wij ten slotte ras 12, de hoogste producent, dan zien wij, dat — evenals bij verschillende andere rassen — het zwakke punt ligt in het aantal zaden per plant (kolom 4) en dat dit teweeg gebracht wordt door een te gering aantal zaden per peul (kolom 5).

Deze illustraties zijn zeker voldoende om te mogen concludeeren, dat de toegepaste analyse inzicht heeft gegeven in typische fouten en/of verdiensten der meeste rassen, als zoodanig aanwijzingen geeft voor richtlijnen ter verbetering en dus een uitgangspunt vormt voor een rationeele kruisingsteelt. Wij zullen dit punt in IV nader bespreken.

Het is hier de plaats om te wijzen op het kennis maken met typische neven-rassenmerken, waartoe nauwkeurige bewerking van het materiaal leidt. Zoo bleek ras 9 de, overigens ongewenschte, eigenschap te bezitten, dat de peulen neiging vertoonen om met een vrij harde knal open te springen, wanneer de planten van de koude bewaarzolder naar het warme laboratoriumvertrek zijn overgebracht. Mogelijkerwijze hangt dit samen met het groote zaadgewicht.

§ 3. *Variabiliteit der direct bepaalde opbrengstfactoren.*

Van de berekende statistische constanten zijn de coëfficiënten van variabiliteit het meest leerzaam. Zij verschaffen een betrekkelijke maat voor de variabiliteit en bieden dus een basis voor vergelijking. Men vindt de bedoelde waarden voor de directe kenmerken samengevat in tabel 3. Behalve de coëfficiënten is in kolommen 2—5 tusschen haakjes hun volgorde-cijfer vermeld en wel van laag naar hoog met de cijfers 1—12. Straks zal de bedoeling hiervan duidelijk worden, evenals van de in kolom 6 vermelde totalen der volgorde-cijfers.

Bezien wij eerst de coëfficiënten in horizontale richting, dan valt het op, dat met één onbeteekenende uitzondering voor ras 3 in kolommen 2 en 3 alle waarden uit kolom 2 lager zijn dan de overeenkomstige uit kolom 3, die weer lager zijn dan uit kolom 4, die ten slotte weer lager zijn dan uit kolom 5. Nu vertegenwoordigt het aantal fertiele knopen per plant (kolom 2) een enkelvoudig kenmerk. Het aantal

TABEL 3.

Coëfficiënten van variabiliteit der direct bepaalde opbrengstfactoren (met hun rangorde-cijfer) bij rassen 1—12

Table 3.

Coefficients of variability of the directly determined yield-factors (with their order of sequence) in races 1—12

1	2	3	4	5	6
Ras	Aantal fertiele knoopen per plant	Aantal peulen per plant	Aantal zaden per plant	Zaadgewicht per plant	Totaal der volgordecijfers
Race	Number of fertile nodes per plant	Number of pods per plant	Number of seeds per plant	Seed-weight per plant	Total of the orders of sequence
1	22,41 (7)	24,38 (6)	28,16 (4)	31,38 (9)	(26)
2	17,44 (1)	18,72 (1)	25,44 (2)	26,50 (3)	(7)
3	27,37 (12)	27,14 (12)	30,04 (11)	31,88 (10)	(45)
4	23,43 (9)	25,65 (8)	29,70 (9)	34,13 (12)	(38)
5	24,50 (10)	26,18 (10)	28,87 (7)	29,78 (6)	(33)
6	18,44 (2)	24,32 (5)	28,66 (6)	29,51 (5)	(18)
7	19,65 (3)	21,21 (2)	24,67 (1)	25,86 (1)	(7)
8	21,35 (6)	24,43 (7)	31,57 (12)	32,18 (11)	(36)
9	25,36 (11)	26,95 (11)	29,80 (10)	30,94 (7)	(39)
10	23,21 (8)	25,89 (9)	29,29 (8)	31,12 (8)	(33)
11	20,21 (5)	21,48 (4)	28,36 (5)	28,49 (4)	(18)
12	19,85 (4)	21,23 (3)	25,59 (3)	26,05 (2)	(12)

peulen per plant (kolom 3) is samengesteld uit 2 enkelvoudige kenmerken (aantal fertiele knoopen $\times$ aantal peulen per fertiele knoop). Het aantal zaden per plant (kolom 4) is samengesteld uit 3 enkelvoudige kenmerken (de beide vorige $\times$ aantal zaden per peul) en het zaadgewicht (kolom 5) ten slotte is samengesteld uit 4 enkelvoudige kenmerken (de 3 vorige $\times$ gewicht van 1 zaad). *Hieruit volgt, dat de variabiliteit van een kenmerk groter is naar mate het meer samengesteld is.*

Bezien wij nu de waarden uit kolommen 2—5 in verticale richting, dan zien wij vrij groote verschillen en de vraag rijst of hooge variabiliteit in een bepaald ras voor een bepaald kenmerk ook hooge variabiliteit voor de andere kenmerken in dit ras beteekent. Om dit na te gaan zijn de volgorde-cijfers gegeven en wanneer wij deze ras voor ras nagaan valt overeenkomst voor de verschillende kenmerken niet te ontkennen. Mooie gevallen zijn b.v. ras 2 (alle volgorde-cijfers laag), ras 3 (alle cijfers hoog), ras 7 (alle cijfers laag), ras 10 (alle cijfers vrij hoog), ras 11 (alle cijfers vrij laag). In veel gevallen kunnen de uitzonderingen worden toegeschreven aan geringe verschillen der coëfficiënten per kolom. Zoo geldt voor ras 1, dat de waarde in kolom 4 met volgordecijfer 4 slechts zeer weinig verschilt van de waarde met cijfer 5 en deze

weer met 6 en 7. Evenzoo verschilt voor dit ras de waarde in kolom 5 met volgorde-cijfer 9 slechts weinig van de waarde met cijfer 8 en deze weer met 7. Wanneer dus de grootte der verschillen in aanmerking wordt genomen, heeft dit nivelleering van de verschillen der volgorde-cijfers in horizontale richting ten gevolge.

Wij concludeeren tot het bestaan van aanwijzingen, dat de betrekkelijke grootten der variabiliteit van de beschouwde kenmerken per ras ongeveer gelijk zijn. Dit leidt er toe om de volgorde-cijfers op te tellen (kolom 6), ten einde een gemakkelijke index der variabiliteit te hebben. Het totaal der volgorde-cijfers schommelt natuurlijk tusschen 4 en 48. Wij vinden dan de rassen 2 en 7 uiterst weinig variabel. Voor ras 7 als langer bestaand ras beantwoordt dit aan onze verwachtingen. Voor ras 2 is het een gunstige eigenschap. Opvallend hoog is de waarde voor ras 3, dat dus zeer variabel resp. nog weinig raszuiver is. Ook de waarden voor rassen 4, 5, 8, 9 en 10 zijn hoog.

Wanneer wij nu in enkele der genoemde rassen willen selecteeren ter verdere verbetering, nemen wij hiervoor uiteraard de minst raszuivere rassen, dus de rassen met de grootste variabiliteit. Het besproken onderzoek verschaft een basis voor het aangeven der rassen, waarin met de meeste kans op succes kan worden geselecteerd. Het behandelde materiaal geeft echter geen aanleiding om dan op een speciale productiefactor te gaan selecteeren.

Wij moeten bij het bovenstaande bedenken, dat rassen met gelijke gemiddelde productie en gelijke raszuiverheid toch in variabiliteit kunnen verschillen, verschillend „soepel” kunnen zijn. Wij vinden in de coëfficiënt van variabiliteit dus slechts een gedeeltelijke maat voor de raszuiverheid.

§ 4. *De productie aan droge stof bij rassen 1—12.*¹⁾

Totnogtoe is als „productie” de productie aan zaad aangenomen en verschillende onzer beschouwingen waren stilzwijgend gebaseerd op de mogelijkheid om deze productie te verhoogen. De vraag is echter of productieverhooging uit physiologisch oogpunt mogelijk is, dus of de physiologische productiecapaciteit de plant in staat stelt omeen grooter gewicht aan zaad voort te brengen.

Uit physiologisch oogpunt moet de totale productie aan droge stof als een juistere maatstaf voor de totale productiecapaciteit worden beschouwd dan de productie aan zaad, terwijl de verhouding van de productie aan droge stof in het zaad en in het stroo dan inzicht geeft in de vraag in hoeverre de plant economisch werkt van uit het menschelijk standpunt, dat een zoo hoog mogelijke zaadproductie verlangt.

¹⁾ Ik dank collega A. E. H. R. BOONSTRA voor waardevolle aanwijzingen bij de opzet van dit gedeelte van mijn onderzoek.

Gaan wij na deze inleidende beschouwing over tot de exacte gegevens over de besproken kwesties, dan worde allereerst medegedeeld, dat in het zaad gemiddeld 86,3 %, in het stroo (zonder wortels) gemiddeld 89,4 % droge stof werd gevonden, elk uit 72 duplo bepalingen. De variatie is vrij gering: de extreme varianten zijn voor het zaad 85,5 % en 87,0 %, voor het stroo 88,3 % en 90,6 %. Voor ons doel wordt dus een voldoende nauwkeurigheid bereikt, wanneer wij de luchtdroge gewichten vergelijken en de droge-stofbepaling achterwege laten, zooals in § 5 is geschied.

Tabel 4, welke geen nadere toelichting behoeft, geeft een samenvatting van het onderzoek naar de droge stof in zaad en stroo.

TABEL 4.

Gemiddelde droge stof-productie der rassen 1—12

Table 4.

Average production of dry matter in races 1—12

1	2	3	4	5
Ras	Totale droge stof in g per plant	Droge stof in het zaad in g per plant	Droge stof in het stroo in g per plant	Verhouding der droge stof zaad: stroo in procenten
<i>Race</i>	<i>Total dry matter in g per plant</i>	<i>Dry matter in the seed in g per plant</i>	<i>Dry matter in the straw in g per plant</i>	<i>Procentual ratio of the dry matter seed : straw</i>
1	9,03	6,05	2,98	67,0 : 33,0
2	7,71	5,11	2,60	66,3 : 33,7
3	8,58	4,90	3,68	57,1 : 42,9
4	7,77	4,97	2,80	64,0 : 36,0
5	7,36	4,83	2,53	65,6 : 34,4
6	7,56	4,71	2,85	62,3 : 37,7
7	7,64	5,00	2,64	65,5 : 34,5
8	8,46	5,41	3,05	64,0 : 36,0
9	8,57	5,13	3,44	59,8 : 40,2
10	8,72	5,84	2,88	67,0 : 33,0
11	9,55	6,08	3,49	63,5 : 36,5
12	10,48	6,55	3,93	62,5 : 37,5

Bezien wij eerst kolom 5, dan vallen vrij aanzienlijke verschillen in het oog voor de procentische productie der droge stof aan zaad. Het gunstigst zijn rassen 1 en 10 met 67,0 %, het ongunstigst is ras 3 met 57,1 %. De eerste waarde ligt ruim 17 % boven de laatste.

Letten wij nu op de absolute waarden uit kolom 2, dan vinden wij bij ras 12 een maximale droge stof-productie van 10,48 g per plant. In ons materiaal ligt dus de verwerkelijking van een physiologische productiecapaciteit van 10,48 g droge stof (in ras 12). Voorts vinden wij als maximale zaadproductie 67,0 % van de totale droge stof (in rassen 1 en 10). Waren beide functies te combineeren, dan zou dus een zaadproductie van 67 % van 10,48 g = 7,02 g physiologisch moge-

lijk zijn en dit is 7,2 % meer dan de in ras 12 gevonden zaadproductie van 6,55 g.

Wanneer wij bedenken, dat deze mogelijkheid ligt in het zeer beperkte materiaal der 12 onderzochte rassen, dan is het resultaat zeker bemoedigend.

§ 5. Oogstanalytische vergelijking van vier rasgroepen.

Tot slot bespreken wij de toepassing der in het voorgaande ontwik-

TABEL 5.

Vergelijking van vier rasgroepen

Table 5.

Comparison of four groups of races

1	2	3	4	5	6
Kenmerk	Ronde groene erwten	Schok- kers	Grano- rozijn	Peragis veld- erwt	Characteristic
Characteristic	Round blue peas	Marrow fats	Grano maple pea	Peragis field pea	
1. Aantal steriele knopen	15,39	13,51	9,28	19,78	Number of sterile nodes
2. Steriele lidlengte in cm	2,06	2,67	1,82	4,62	Length of sterile internodes in cm
3. Steriele stengellengte in cm . .	31,66	36,01	16,92	91,32	Length of sterile stem-part in cm
4. Aantal fertiele knopen	3,04	3,38	6,02	6,32	Number of fertile nodes
5. Fertiele lidlengte in cm	2,18	2,53	3,69	7,36	Length of fertile internodes in cm
6. Fertiele stengellengte in cm . .	6,62	8,56	22,24	46,52	Length of fertile stem-part in cm
7. Totaal aantal knopen	18,43	16,89	15,30	26,10	Total number of nodes
8. Lidlengte in cm	2,08	2,64	2,56	5,28	Length of internodes in cm
9. Totale stengellengte in cm . .	38,28	44,57	39,16	137,84	Total stem-length in cm
10. Totaal zaadgewicht in g	6,78	8,32	9,64	3,75	Total seed-weight in g
11. Gewicht van 1 zaad in g	0,304	0,402	0,542	0,120	Weight of 1 seed in g
12. Aantal zaden per plant	22,28	20,70	17,80	31,14	Number of seeds per plant
13. Aantal zaden per peul	4,13	3,43	1,67	3,76	Number of seeds per pod
14. Aantal peulen per plant	5,93	6,04	10,64	8,28	Number of pods per plant
15. Aantal peulen per fertiele knoop	1,77	1,79	1,77	1,31	Number of pods per fertile node
16. Aantal fertiele knopen	3,04	3,38	6,02	6,32	Number of fertile nodes
17. Droog gewicht in g per plant	10,71	14,06	15,72	9,69	Dry weight in g per plant
18. Droog gewicht zaad in g	6,78	8,32	9,64	3,75	Dry weight of seed per g
19. Droog gewicht stroo in g	3,93	5,74	6,08	5,94	Dry weight of straw per g
20. Verhouding droog gewicht zaad : stroo in %	63,3 : 36,7	59,1 : 40,9	61,3 : 38,7	38,7 : 61,3	Ratio dry weight seed : straw in %

kelde werkwijze op een onderlinge vergelijking van 4 rasgroepen, namelijk ronde groene erwten (13 rassen), schokkers (7 rassen), de Gruno rozijn en een Peragis velderwt, reeds nader gespecificeerd in het slot van III.

Tabel 5 geeft een samenvatting van de gemiddelde waarden. Deze tabel bestaat uit 3 gedeelten, overeenkomende met de tabellen 1, 2 en 4, met dit verschil, dat de koppen der laatst bedoelde tabellen thans van boven naar onderen in kolom 1 staan, kenmerken 1—9 overeenkomende met tabel 1, kenmerken 10—16 met tabel 2 en kenmerken 17—20 met tabel 4. Kenmerken 4 en 16 zijn dezelfde; volledigheidshalve staan zij op 2 plaatsen en dit geldt ook voor kenmerken 10 en 18. Voorts is thans volstaan met het geven der absolute waarden, hetgeen bij vergelijking van zeer weinig waarden geen bezwaar vormt. Voor het overige behoeft de tabel na de toelichtingen bij de tabellen 1, 2 en 4 geen verdere verklaring.

De omvang van het bestudeerde materiaal maakt het vooral betrouwbaar voor een vergelijking der ronde groene erwten met de schokkers, dus van kolommen 2 en 3. Wij zullen eerst de betreffende waarden nagaan en daarna die uit kolommen 4 en 5 met de voorgaande vergelijken.

Met betrekking tot de stengelopbouw vinden wij het aantal steriele knopen (kenmerk 1) en het totaal aantal knopen (kenmerk 7) bij de schokkers lager, alle andere kenmerken echter hoger en vaak belangrijk hoger.

De totale zaadproductie, kenmerk 10, is bij de schokkers aanzienlijk hoger dan bij de ronde groene erwten, niet minder dan 22,7 %. Dit blijkt allereerst een gevolg te zijn van het grooter zaadgewicht, kenmerk 11, want het aantal zaden per plant, kenmerk 12, is bij de schokkers iets lager. De componenten van het aantal zaden per plant, de kenmerken 13 en 14, zijn bij beide groepen ook sterk uiteenlopend. De schokkers hebben minder zaden per peul, doch meer peulen per plant. Dit laatste komt, zooals vergelijking der kenmerken 15 en 16 leert, door het grooter aantal fertiele knopen.

Schokkers hebben dus in vergelijking met ronde groene erwten meer fertiele knopen, daardoor meer peulen per plant, welke echter minder zaden bevatten. Door het veel grootere korrelgewicht bij de schokkers wordt de totale zaadproductie belangrijk veel grooter.

Overeenkomende met de hoogere productie der schokkers is ook het totale luchtdroge gewicht per plant, kenmerk 17, veel hoger. De verhouding zaad : stroo, kenmerk 20, is echter bij de schokkers minder gunstig.

Voor de Gruno rozijn (kolom 4) vinden wij met betrekking tot de

stengelopbouw een weinig verschillende totale lengte in vergelijking met de ronde groene erwten en de schokkers, doch de verdeling in steriele en fertiele stengeldeel is veel gunstiger. Opvallend zijn de lage steriele lidlengte, kenmerk 2, en de hoge fertiele lidlengte, kenmerk 5. De oogstcompositie verschilt, behalve voor kenmerk 15, van de schokkers in dezelfde richting als de schokkers van de ronde groene erwten. Het is onnoodig om in details deze verschillen na te gaan. Uit de tabel kan gemakkelijk worden afgelezen, dat wij bij de Gruno rozijn zeer veel fertiele knopen hebben, waardoor het aantal peulen per plant zeer hoog wordt. Het aantal zaden per peul is echter uiterst gering en daardoor wordt het aantal zaden per plant betrekkelijk laag. Door het zeer groote korrelgewicht wordt de totale zaadproductie echter weer zeer hoog.

Geheel anders liggen de verhoudingen bij de Peragis-velderwt, kolom 5¹⁾. Alle stengelkenmerken zijn hooger en vaak zeer belangrijk hooger dan van de voorgaande rassengroepen. De zaadproductie is echter gering. Wij vinden wel een betrekkelijk zeer groot aantal fertiele knopen, kenmerk 16, doch door het vrij geringe aantal peulen per fertiele knoop wordt het aantal peulen per plant niet zoo hoog als het aantal fertiele knopen zou doen verwachten. Door het vrij gunstige aantal zaden per peul wordt dan het aantal zaden per plant zeer hoog, doch het uiterst lichte korrelgewicht maakt de totaal zaadproductie laag.

Nu is bij velderwten zaadproductie geen hoofdzaak en het is daarom van belang de kenmerken 17—20 te beschouwen. De verhouding zaad : stroo blijkt bij de Peragis precies omgekeerd te liggen als bij de andere rassen; in het laatste geval ruw-weg 2 : 1, bij Peragis 1 : 2. Wanneer nu het absolute drooggewicht van het stroo, kenmerk 19, bij Peragis opvallend hoog was, zou dit ras voldoen aan zijn bedoeling. Dit blijkt echter niet het geval. Wij vinden weliswaar een veel hoogere waarde dan van de ronde groene erwten en een iets hoogere waarde dan van de schokkers, doch een iets lagere waarde dan van de Gruno. De vraag rijst daarom of het telen van Gruno rozijnerwten of overeenkomstige rassen als voedererwten niet meer doeltreffend is dan het telen van Peragis. Zij kunnen evenveel of meer stroo produceeren, doch daarnaast veel meer zaad. Deze kwestie zal nader onderzocht moeten worden door een grooter aantal rassen van velderwten te analyseren, waarbij ook aan de productie per oppervlakte-eenheid gedacht moet worden.

¹⁾ Het kan van belang zijn er op te wijzen, dat er verschillende Peragis-velderwtstammen bestaan en dat het bestudeerde materiaal slechts één vertegenwoordiger dezer stammen omvat.

V. BESPREKING. HET BELANG DER OOGSTANALYSE

Bezien wij in dit hoofdstuk de verkregen resultaten in hun geheel met de consequenties, waartoe zij leiden, dan worde opgemerkt, dat bijna alle conclusies in het algemeen gelden, dus niet alleen voor erwten.

De experimenteele resultaten.

Als bezwaren tegen het gebruikte uitgangsmateriaal kunnen twee omstandigheden worden aangevoerd. Allereerst werden de vergeleken rassen niet verbouwd met herhalingen, zoodat beschouwingen over de wiskundige betrouwbaarheid der opgetreden verschillen geen zin hebben. En verder was het aantal planten per strekkende meter niet volkomen gelijk, zoodat de proefplanten geen volkomen gelijke uitwendige groeivoorwaarden hebben gehad. Overigens voldeed het materiaal echter aan zeer hoge eischen en de grootte der gevonden verschillen is van dien aard, dat zeker geconcludeerd mag worden tot het bestaan van sprekende variaties in de oogstcompositie der bestudeerde rassen. Deze conclusie mag speciaal getrokken worden, wanneer het materiaal beschouwd wordt voor wat het was: uitgangspunt voor een oriëntatie als basis voor verder onderzoek.

Gebleken is dan in de eerste plaats, dat de stengelopbouw reeds duidelijke rasverschillen kan openbaren. Toch moet de stengelanalyse van minder belang worden geacht dan de eigenlijke oogstanalyse en bij een massale bewerking van véél materiaal, waarbij naar sterke arbeidsbesparing moet worden gestreefd, kan een volledige stengelanalyse allicht achterwege blijven. De eigenlijke oogstanalyse, die de belangrijkste gegevens inzake de rasverschillen aan het licht brengt, verloopt betrekkelijk snel.

De bestudeering van de variabiliteit der directe kenmerken is allereerst van algemeen belang door de demonstratie, dat de variabiliteit van een bepaald kenmerk groter is, naarmate dit kenmerk uit een grooter aantal enkelvoudige kenmerken is opgebouwd. Voorts is deze bestudeering van belang, ten einde de vraag te beantwoorden of selectie in een bepaald ras zin heeft. Wanneer de variabiliteit niet groter is dan in een erkend zuiver ras, heeft selectie geen zin. Het ware van belang om dit ook in kruisbestuivers na te gaan.

De droge-stofbepalingen hangen samen met de physiologische productiecapaciteit, welke dadelijk nog nader ter sprake komt.

Kruisings-combinatie-teelt.

Stilzwijgend aannemend, dat de gevonden verschillen der productiefactoren van jaar op jaar terugkeeren, dus constant zijn en een erfelijke basis bezitten, valt op tweeërlei wijzen van de resultaten eener oogstanalyse gebruik te maken bij een kruisings-combinatieteelt.

Allereerst kan getracht worden een bepaalde, slechte productiefactor in een bepaald ras te veredelen door één kenmerk „in te kruisen”. Het andere ouderras der kruising moet dan dit kenmerk bezitten, doch kan overigens willekeurig zijn. Het bezwaar tegen deze methode is, dat deze willekeurige factoren ongunstig kunnen zijn, waardoor het aantal combinaties vergroot en de selectie verzwaaard worden. Weliswaar treedt door herhaalde terugkruising toe te passen verbetering op, doch de volgende methode lijkt meer kans op succes te hebben.

Bij deze tweede methode wordt uitgegaan van 2 zoo volledig mogelijk bekende ouderrassen, beide in hun geheel goed, doch verschillend in hun oogstcompositie. Wij kruisen, om een schematisch voorbeeld te geven, 2 rassen, waarvan het eene veel kleine en het andere weinig groote zaden heeft. Bij de ouderkeuze wordt het nu van belang, dat een der ouders, liefst beide, een hooge droge-stofproductie heeft en dat een der ouders, liefst beide, een gunstige verhouding korrel : stroo bezit.

Nemen wij ter verduidelijking een bepaald geval, b.v. de rassen 10, 11 en 12 met hun in tabellen 2 en 4 vermelde productiefactoren. Ras 11 is dan te verbeteren door het zaad zwaarder te maken en hiertoe kan zoowel kruising met ras 10 als met ras 12 dienen. Ras 12 heeft als geniteur de hooge totale droge-stofproductie voor, doch ras 10 heeft de gunstiger verhouding zaad : stroo voor. Kruising der rassen 10 en 12, die in hun oogstcompositie niet wezenlijk verschillen, zou kunnen leiden tot combinatie van de hooge droge-stofproductie van ras 12 met de gunstige zaad : stroo-verhouding van ras 10. Ideaal ware een combinatie der gunstige factoren van alle 3 de rassen door b.v. eerst ras 11 met ras 12 te kruisen en de F_1 op groote schaal met ras 10 te kruisen.

Gebruik maken van oogstanalytische gegevens geeft tal van aanwijzingen voor een kruisings-combinatieteelt. Bezwaar is of wordt, dat het uitgangsmateriaal beperkt is, namelijk het aantal in onderlinge vergelijking geanalyseerde rassen. Vroeger of later moet „nieuw bloed” worden ingevoerd en het gemakkelijkst is dan het werken met verwante vormen, b.v. met schokkers ter veredeling van ronde groene erwten, waardoor aantal peulen en zaadgrootte verbeterd kunnen worden. Wij moeten het gebruik van minder verwante vormen echter op den duur zeker niet schuwen.

De waarde der Peragis-velderwt

Dit punt, dat reeds in het detail onderzoek ter sprake werd gebracht, verdient thans nog eens speciale aandacht. Wanneer de onderzochte Peragis een vertegenwoordiger vormt van alle erwtenrassen, welke als voedererwten worden geteeld, moet overwogen worden of de rassenkeuze dezer voedererwten niet in zijn geheel fout is. Wanneer immers

andere rassen een ongeveer gelijke droge-stofproductie aan stroo leveren, doch daarnaast een veel hogere zaadproductie hebben, zijn deze rassen effectiever. Het verdient dus aanbeveling andere rassen van voedererwten in het onderzoek te betrekken en deze te vergelijken met rassen als de Gruno-rozijn. Daarbij zal ook aandacht aan de grondsoort moeten worden geschonken, aangezien voedererwten overwegend op zandgrond worden verbouwd en mijn onderzoek heeft plaats gehad met op kleigrond geteelde rassen.

Verder werk.

Direct aansluitend aan het vorige volgt een bespreking van de richting, waarin het verdere onderzoek zich moet bewegen. Zooals bijna steeds, levert een beëindigd onderzoek aanleiding voor het opzetten van verschillende nieuwe onderzoekingen.

Hoewel materiaal, verzameld uit betrekkelijk willekeurige velden, belangrijke resultaten kan opleveren, zooals in het voorgaande is gebleken, verdient de aanleg van speciale proefvelden, met de bedoeling het materiaal voor oogst-analytisch werk te gebruiken, toch zeker voordeelen. Het werken met herhalingen per object en het zooveel mogelijk garandeeren van een ongeveer gelijke standruimte per plant zijn dan belangrijke desiderata. Het laatste impliceert niet, dat het niet van belang is om de standruimte *per ras* te varieeren. Ook de invloed van andere uitwendige groeifactoren, zooals bodem en bemesting, dient nagegaan te worden.

Van zeer speciaal belang is het nagaan van de constantheid der verschillen tusschen de productiefactoren bij verschillende rassen, dus de mate van erfelijkheid.

De vragen, welke rijzen met betrekking tot physiologische kwesties, zouden aanleiding kunnen geven tot een aparte onderzoek-richting. Hierbij treedt allereerst een physiologische oogstanalyse op, waarvan wij het eindresultaat hebben leeren kennen als de totale droge-stofproductie. Verder doen zich vragen voor als de volgende. Stel, dat wij het aantal fertiele knopen willen vergrooten ten koste van de steriele, zoodat de totale stengellengte dus niet verandert, is dan de hoeveelheid blad in staat om de meerdere droge-stofproductie, benodigd voor de meerdere peulen, uit te voeren?

Als verder werk moet ook de genetische opbrengstanalyse worden genoemd. Meestal wordt „opbrengst” als te gecompliceerd beschouwd om toegankelijk te zijn voor genetische analyse. Doch wat vandaag onmogelijk lijkt, kan morgen uitvoerbaar blijken en misschien vereenvoudigt morphologische oogstanalyse het probleem dusdanig, dat het toegankelijk wordt door niet met opbrengst als geheel, doch met opbrengstfactoren te werken.

De kruisings-combinatieteelt eischt kennis van zooveel mogelijk

rassen, eerst van de rassen met practische waarde en de daar nauw aan verwante, doch daarnaast ook van andere, zeker ook van tuinbouwerwt, zooals doppers en peulen. De grens tusschen landbouw- en tuinbouwerwt is immers, wat de plant betreft, voor een groot deel volkomen kunstmatig.

Een oogstanalytische beschrijving van zooveel mogelijk rassen is dus noodzakelijk en moet van zoodanig belang worden geacht, dat kruisingsteelt, speciaal de ouderkeuze, zonder kennis van de morphologische opbrengstfactoren, eigenlijk een tasten in het duister is. Wij moeten er toe komen, dat bij de ouderkeuze reeds dadelijk een ideale combinatie van opbrengstfactoren wordt opgesteld. Verder dient de selectie plaats te hebben op grond van individueele oogstanalytische gegevens. Reeds in de vermeerderingsjaren van een kruising kan negatieve selectie plaats hebben door uitschakeling van planten met een te weinig aan bepaalde opbrengstfactoren. Dit kan meestal wel geschieden volgens een eenvoudig schema, dat afhangt van de speciale doelstelling der kruising.

Slotconclusie.

Kruisings-combinatiesteelt op rationeele grondslag moet berusten op kennis der oogstanalytische factoren der ouders en moet bij de selectie het bereiken van een bepaalde combinatie dezer factoren nastreven. Hetzelfde geschiedt bij selectie op het oog volgens een „kweekersblik”, doch dit geschiedt met subjectieve methoden en min of meer onbewust. Oogstanalytische methoden objectiveren de kweekersblik en vullen deze aan. Zij vormen geen doel op zichzelf, doch zij vormen het middel bij een rationeele veredeling.

VI. SAMENVATTING

1. In het voorgaande is onder oogstanalyse de ontleding van de gemiddelde opbrengst per plant per ras in de haar samenstellende morphologische factoren verstaan. Ter oriëntatie werden 12 erwtenrassen volledig geanalyseerd, terwijl vervolgens 22 rassen, verdeeld in 4 rasgroepen, onderling werden vergeleken.

2. Bij de analyse van de stengelopbouw worden als direct bepaalde („directe”) factoren onderscheiden: aantal steriele knopen, aantal fertiele knopen, steriele stengellengte, fertiele stengellengte. Hieruit volgen het totaal aantal knopen en de totale stengellengte, terwijl voorts als „afgeleide” kenmerken gelden: gemiddelde steriele lidlengte, fertiele lidlengte, lidlengte van de geheele plant. Aantallen knopen en lidlengten zijn „enkelvoudig”. Stengellengten zijn „samengesteld” uit aantal knopen $\times$ lidlengte.

3. Het gemiddeld aantal steriele knopen vormt een maat voor de vroegheid. De gemiddelde lidlengte kan misschien een maat vormen voor de stevigte. Het gemiddeld aantal fertiele knopen vormt een rechtstreeksche productiefactor.

4. Bij de analyse van het gemiddelde productievermogen, de eigenlijke oogstanalyse, worden de volgende factoren onderscheiden:

direct en enkelvoudig: aantal fertiele knopen;

direct en samengesteld: aantal peulen per plant, aantal zaden per plant, totaal zaadgewicht;

afgeleid en enkelvoudig: gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop, gemiddeld aantal zaden per peul, gemiddeld gewicht van 1 zaad.

Voor de totale analyse geldt nu:

totaal zaadgewicht („opbrengst” of „oogst” of „productie”) = gemiddeld gewicht van 1 zaad $\times$ gemiddeld aantal zaden per peul $\times$ gemiddeld aantal peulen per fertiele knoop $\times$ aantal fertiele knopen. In het tweede lid vormen de laatste twee termen te zamen het aantal peulen en vormen de laatste drie termen het aantal zaden per plant.

5. Bij oogstanalytische vergelijking van rassen kunnen deze rassen scherp gekarakteriseerd worden door hun fouten en hun verdiensten in het licht te stellen. Het eerste geeft aanwijzingen voor veredeling van het ras, het tweede geeft zijn mogelijke waarde als kruisingsouder, als geniteur aan.

6. De variabiliteit der directe kenmerken is grooter naar mate deze kenmerken meer gecompliceerd zijn.

7. Aanwijzingen werden verkregen, dat de betreffende grootten der variabiliteit van verschillende kenmerken per ras ongeveer gelijk zijn.

8. De betreffende grootte der variabiliteit kan inzicht geven in de kans op effect bij selectie in het ras. Dit heeft algemeene beteekenis, ook voor kruisbestuivende gewassen.

9. De totale physiologische productiecapaciteit werd beoordeeld uit de totale hoeveelheid geproduceerde droge stof, terwijl de procentische verdeling dezer droge stof over zaad en stroo inzicht geeft in de vraag in hoeverre de plant uit menschelijk oogpunt zoo economisch mogelijk werkt. De verkregen waarden zijn van belang bij het nagaan of een bepaalde kruising uit physiologisch oogpunt productievermeerdering mag doen verwachten.

10. Schokkererwten onderscheiden zich als type van de ronde groene erwten door meer fertiele knopen en hebben daardoor meer peulen per plant, welke echter minder zaden bevatten. Door het veel grootere korrelgewicht bij de schokkers wordt echter de totale zaadproductie belangrijk veel grooter.

11. Mansholt's Gruno rozijnerwt heeft veel fertiele knopen en daardoor veel peulen per plant. Het aantal zaden per peul is uiterst gering en daardoor wordt het aantal zaden per plant betrekkelijk laag.

Door het zeer groote korrelgewicht wordt de totale zaadproductie echter weer zeer hoog.

12. Peragis velderwt heeft een zeer hoog aantal fertiele knopen, doch een vrij gering aantal peulen per fertiele knoop en daardoor minder peulen per plant dan het aantal fertiele knopen zou doen verwachten. Door het gunstige aantal zaden per peul wordt het aantal zaden per plant zeer hoog, doch het uiterst lichte korrelgewicht maakt de totale zaadproductie laag.

De productie aan droge stof in het stroo is niet hoger dan bij sommige rassen met een veel grootere zaadproductie en dit maakt de waarde van de onderzochte Peragis als voedererwt twijfelachtig. Nader dient nagegaan te worden in hoeverre dit ook voor andere rassen van velderwten geldt.

13. Een rationeele kruisings-combinatieteelt dient te berusten op kennis der morphologische oogstanalytische factoren bij de ouderassen en dient het bereiken van een bepaalde combinatie dezer factoren na te streven. Ook de zaad : stroo-verhouding speelt hierbij een belangrijke rol.

Oogstanalytische methoden, die de „kweekersblik” objectiveeren, vormen geen doel op zichzelf, doch middel bij een rationeele veredeling.

Wageningen, 14 Juli 1940.

SUMMARY

YIELD-ANALYSIS I: ORIENTATION WITH PEAS

1. In the preceding paper yield-analysis has been defined as the analysis of the average yield per plant per race in its composing morphological characteristics. As an orientation 240—300 plants of 12 races of round green peas were completely analysed. The methods, worked out on this material, were applied to 50 plants of 22 races which were mutually compared after combining them in 4 groups of related races. Fig. 1 on p. 5 represents a schematical pea-plant, the features of which are used through the whole paper.

2. A complete yield-analysis also comprises the analysis of the composition of the stem, cp table 1 on p. 10. „Direct” characteristics — short for: directly determined characteristics — are: number of sterile nodes, number of fertile nodes, sterile length of stem, fertile length of stem. From these the total number of nodes and the total stem-length are derived. Furthermore, average sterile internode-length, average fertile internode-length and average internode-length of the whole plant are „derived” characteristics. We call numbers of nodes

and lengths of internodes „single” factors, since they cannot be resolved; on the other hand lengths of stem are „compound” factors, namely number of nodes $\times$ length of internode.

3. The average number of sterile nodes is a measure of earliness. Perhaps the average length of internode is a measure for the stiffness of the straw. See, for racial differences with regard to those characteristics table 1 and also table 5 on p. 18. The average number of fertile nodes is a direct yield-factor which has been considered in more detail when treating the yield-analysis proper.

4. When analysing the average yield per plant which is the total weight of the seeds, the following factors are distinguished:

direct and single: number of fertile nodes;

direct and compound: number of pods per plant, number of seeds per plant, total seed-weight.

derived and single: average number of pods per fertile node, average number of seeds per pod, average weight of 1 seed.

The total analysis comprises:

total seed-weight („yield”, „production”) = average weight of 1 seed $\times$ average number of seeds per pod $\times$ average number of pods per fertile node $\times$ number of fertile nodes. The last 2 terms compose the number of pods, while the last 3 terms compose the number of seeds per plant.

In the head of table 2 on p. 12 the characteristic $2 = 3 \times 4$; again $4 = 5 \times 6$ and $6 = 7 \times 8$, so that $2 = 3 \times 5 \times 7 \times 8$. The same holds true for characteristics 10—16 in table 5 on p. 18.

5. When comparing a number of races with regard to their yield-analytical factors, both their faults and their merits can be traced back. The former point to ways of improving a certain race, the latter indicates its possible value as parent in crosses. Table 2, in which the average absolute values of the yield-analytical factors are expressed as percentages of the corresponding values of race 7 (Hylkema's Unica), contains many illustrations. For instance, the fault of race 7 is its low weight of 1 seed, its merit is the large number of seeds, caused by the large number of seeds per pod. Races 3 and 5 have too few seeds, caused by both too few seeds per pod and too few pods per plant. The latter again is caused by too few fertile nodes. Race 9's special merit is the very heavy weight of 1 seed; its fault is the very small number of seeds per plant, caused by the very small number of seeds per pod.

6. The variability of the direct characteristics is greater, the more compound the characteristic is. This follows from calculating the coefficients of variability which are summarized in table 3 on p. 15.

7. From table 3 we find indications that the relative size of the variability of different characteristics per race is about equal. As a

means to study this, the orders of sequence of the coefficients of variability have been put in parentheses.

8. Selection in races with a high relative variability will yield more effect than in races with a low relative variability. Therefore, the coefficients of variability give an indication as to which races are apt as sources for selection. This has a general significance, also for cross-fertilizing crops. It is impossible, however, to indicate certain characteristics as specially fitted for selection.

9. The total physiological capacity of production was judged from the total amount of produced dry matter, while the procentual distribution of this dry matter in seed and straw reveals to what degree the plant functions as economically as possible from a human point of view. The values obtained which are put together in table 4 on p. 17, are important when judging whether a certain cross may result into improvement of yield from a physiological point of view. For instance, the data from table 4 for races 10 and 12 make us conclude to a possibility of combining the total amount of dry matter of race 12 with the seed: straw-ratio of race 10, resulting in a production of 67% of $10,48 \text{ g} = 7,02 \text{ g}$ of dry matter in seed which would be a considerable increase.

10. Marrowfat peas as a type are distinguished from round green peas as a type by the larger number of fertile nodes which results into a larger number of pods per plant, containing fewer seeds, however. The considerably larger weight of 1 seed in the marrowfats increases the total yield considerably; cp. table 5, columns 2 and 3.

11. Mansholt's Gruno maple pea has relatively many fertile nodes and consequently many pods per plant. The number of seeds per pod is extremely small and therefore the number of seeds per plant is relatively small. The extremely high weight of 1 seed makes the total yield to be extremely high, however; cp. table 5, column 4.

12. Peragis field pea has a very large number of fertile nodes, but relatively few pods per fertile node and therefore fewer pods per plant than the number of fertile nodes would make us expect. The relatively very large number of seeds per pod makes the number of seeds per plant very high, but the extremely low weight of 1 seed reduces the total yield; cp. table 5, column 5.

The production of dry matter in the straw is not higher than in some races with a considerably higher production of seeds and this makes the value of Peragis as a fodder-pea questionable. It should be studied how far this holds true for other races of field peas.

13. From a general discussion of the results obtained and of the future development of the work it is concluded that the breeding-method of combining characteristics after crossing should be based on a knowledge of the morphological yield-analytical factors in the pa-

rents of the cross and should aim at reaching a combination of certain of these factors. The seed: straw-ratio plays an important part as one of them.

Yield-analytical methods which tend to objectivate the breeder's eye-examination, which, for the greater part, is subconscious, are no ends in themselves, but a means in a rational breeding-program.

GECITEERDE LITERATUUR

- (1) BROEKEMA, C.: Oogstanalyse bij aardappels. (Landbk. Tijdschr. 44, 1932: 721—739).
- (2) BROEKEMA, C.: Oogstanalyse bij aardappels (II). (Landbk. Tijdschr. 45, 1933: 32—41).
- (3) BROEKEMA, C.: Oogstanalytische vergelijking van tarwerassen. (Landbk. Tijdschr. 45, 1933: 921—937).
- (4) MUNTINGA, J. E.: De invloed van de standruimte op de opbrengst van erwten. (Landbk. Tijdschr. 43, 1931: 857—867).
- (4a) KONOLD, OTTO: Der Ertragsaufbau der Hülsenfrüchte. (Forschungsdienst 10, 1940: 41—57).
- (5) WELLENSIEK, S. J. en HOOGLAND, J. J.: Gemakkelijke en snelle bewerking van frequentiereeksen. (Landbouw, 14, 1938: 409—414).