

HET VERLOOP VAN DE OPNAME VAN STIKSTOF, FOSFORZUUR EN KALI DOOR VERSCHILLENDE GEWASSEN TE VELDE

DOOR

DR. TH. B. VAN ITALLIE

(Ingezonden 24 Maart 1937)

INLEIDING

Binnenkort zal het vijftig jaar geleden zijn, dat in het *Journal für Landwirtschaft* een verhandeling verscheen van G. LIEBSCHER (16), getiteld „Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre”. LIEBSCHER heeft in deze verhandeling een samenvatting gegeven van alle onderzoekingen van anderen en hemzelf, die tot 1887 zijn verricht over bovengenoemd onderwerp; tevens heeft hij, zooals de titel reeds aangeeft, een uitvoerige beschouwing gewijd aan de beteekenis van het verloop der opname van voedingsstoffen voor de bemestingsleer. Sindsdien zijn er een groot aantal publicaties over hetzelfde onderwerp verschenen, die vrijwel alle teruggrijpen op of aanknoopen aan het onderzoek van LIEBSCHER, dat men dan ook zeker voorbeeldig en klassiek mag noemen. Het feit, dat er na vijftig jaren van regelmatig onderzoek over het verloop van de voedselopname uit den grond door verschillende gewassen tijdens den groei, nog geregeld onderzoekingen over dit onderwerp worden gepubliceerd, bewijst wel, dat de problemen hierbij nog niet zijn opgelost en dat het vraagstuk zich nog altijd in algemeene belangstelling mag verheugen.

Het leek ons nu van belang om na te gaan, of er uit de vele verrichte onderzoekingen voor de Nederlandsche culturomstandigheden geschikte gegevens te halen waren, die voor de praktijk bruikbare *globale cijfers* kunnen geven over het *verloop van de opname te velde der voornaamste plantenvoedingsstoffen stikstof, fosforzuur en kali door verschillende gewassen*.

Op grond van een literatuurstudie, waarbij al het beschikbare cijfermateriaal onderling is vergeleken, meenen wij, dat dit mogelijk is. Wij hebben daarom voor dit verloop bij eenige gewassen tabellen en grafische voorstellingen gemaakt, waarin gemiddelde cijfers zijn aangegeven, die naar onze

meening voor practisch landbouwkundig gebruik van belang kunnen worden geacht. Beter dan het eindresultaat, de globale onttrekkingscijfers door den oogst, die hierbij uitteraard ook vermeld worden, geeft het verloop van de voedselopname door het gewas tijdens den groei ons een inzicht in het vraagstuk van de hoeveelheid voedingsstoffen, die voor het gewas beschikbaar moet zijn.

Bij het opstellen van deze gemiddelde cijfers werd tevens gebruik gemaakt van nog niet gepubliceerde resultaten, die door ons zelf de laatste jaren zijn verkregen bij proeven over het verloop der voedselopname tijdens den groei bij verschillende bemestingstoestand van den grond.

De verzamelde gegevens zijn in deze verhandeling in twee gedeelten gerangschikt. In het eerste hoofdstuk wordt een kort overzicht van de gebruikte literatuurgegevens gegeven, waarna enkele belangrijke algemeene punten, die in alle verhandelingen ter sprake komen, naar voren zijn gebracht.

Het tweede hoofdstuk bevat de tabellen en grafieken, samengesteld uit het beschikbare materiaal en voorafgegaan door een toelichting, verder een bespreking van de verschillen in de wijze van opname der voedingsstoffen bij de diverse gewassen.

Van het geven van een *volledig* overzicht over de literatuur over het hier behandelde onderwerp werd om twee redenen afgezien. Ten eerste is korten tijd geleden een uitvoerig verzamelreferaat over dit onderwerp verschenen van W. HEUKESHOF (9), waarbij een literatuuropgave is gegeven, die, wat de Deutsche publicaties betreft, zeer volledig is.

Ten tweede zou in een dergelijk volledig overzicht een groote plaats moeten ingeruimd worden aan talrijke proeven van meer plantenphysiologischen aard, waarbij in potcultures met grond of in zandcultures o. a. vaak wortel onderzoek of nauwkeurige studie van waterhuishouding en voedingsverhoudingen betrokken worden; dergelijke onderzoekingen zijn weliswaar voor het vraagstuk van het verloop der voedselopname van de grootste beteekenis, maar staan slechts in indirect verband met het hier gestelde practische doel, aangezien de gegevens van potproeven niet eenvoudig zijn over te dragen op de omstandigheden te velde. Bovendien zou allicht, bij het betrekken van dergelijke proeven in deze beschouwing, de nadruk op dit uitgebreide materiaal vallen, terwijl toch, naar onze meening, andere proeven, die zich bij de praktijkomstandigheden aansluiten, voor ons doel belangrijker zijn.

Bij het verzamelen van gegevens hebben wij ons beperkt tot die gewassen, waarvan een voldoende aantal onderzoekingen in verschillende jaren ter beschikking stonden en die tevens van direct belang voor de Nederlandsche

landbouw konden geacht worden; literatuur over andere gewassen is niet in deze beschouwing betrokken. Verder vindt men in deze verhandeling niet besproken het verloop der voedselopname bij gras en andere groenvoeder-gewassen. Van laatstgenoemde gewassen stonden geen voldoende gegevens ter beschikking. Voor gras is daarentegen het aantal onderzoeken talrijker dan voor welk ander gewas ook. De meerjarigheid, waarbij de voedselopname door de zode (wortels, uitloopers) van groote beteekenis is, de groote variabiliteit in groei door verschillen in wijze van behandeling (tijd van oogsten, weiden enz.) en vooral de heterogeniteit van het oogstproduct (veroorzaakt door wisselende botanische samenstelling) maken een vergelijkende beschouwing waarbij gras- en bouwlandgewassen zijn betrokken, onmogelijk. Over het verloop der voedselopname bij gras vindt men voor ons land talrijke gegevens in de verslagen over z. g. n. maaitijdsproeven, die door verschillende Rijkslandbouwconsulenten en door het Rijkslandbouwproefstation te Groningen zijn genomen; ook in de buitenlandsche literatuur vindt men hierover talrijke publicaties.

Van de uit den grond opgenomen voedingsstoffen worden alleen de drie belangrijkste besproken, n. l. *stikstof, fosforzuur en kali*; van de andere voedende bestanddeelen zijn somtijds kalk en minder vaak magnesium, natrium en andere minerale stoffen bij de onderzoeken betrokken, maar het aantal gegevens is te klein, om hieruit gemiddelde globale waarden af te leiden. Noodzakelijkerwijze moet bij deze beschouwing ook *het verloop van de droge stof-productie betrokken worden, aangezien de opname der voedingsstoffen in de eerste plaats hiervan een functie is*. Het nauwkeurig vaststellen van het verloop van de productie aan droge stof is echter bij deze samenvatting niet vooropgesteld, en zoo is er dan ook van afgezien, die onderzoeken erbij te betrekken, waarbij alleen de droge stof-productie en niet de opname van voedingsstoffen uit den grond is nagegaan.

Opgemerkt moge nog worden, dat een vergelijking van de resultaten der diverse onderzoeken slechts mogelijk is, wanneer alle gegevens op eenzelfde vergelijkingsbasis worden betrokken. In navolging van de wijze, waarop LIEBSCHER dit heeft gedaan, zijn voor alle waarnemingen de maxima van droge stof-productie en opname van voedingsstoffen steeds op 100 gesteld en de overige cijfers in procenten hiervan omgerekend. Een bezwaar van deze methode is natuurlijk, dat de absolute waarden van de op 100 gestelde waarnemingen bij de onderzoeken van verschillende auteurs vaak vrij ver uiteenloopen en zodoende gelijke relatieve cijfers voor diverse onderzoeken een zeer verschillende beteekenis kunnen hebben. Het blijkt echter niet mogelijk, op een andere wijze de gegevens van verschillende onderzoeken onderling te vergelijken.

HOOFDSTUK I

Literatuurgegevens en algemeene beschouwingen over de opname van stikstof, fosforzuur en kali in samenhang met de droge stof-productie*A. Literatuuroverzicht*

De geschiedenis van de onderzoekingen over het verloop van de stof-productie en opname der voedingsstoffen uit den grond is vrij eenvoudig en duidelijk te vervolgen.

De belangstelling voor de chemische samenstelling van de landbouwgewassen dateert, onder invloed van de theorieën van LIEBIG, uit het midden van de vorige eeuw. Verscheidene auteurs, waaronder E. WOLFF, die voor dit onderwerp bijzondere verdiensten heeft, betrokken bij hun onderzoekingen reeds het verloop van de voedselopname door bemonstering en analyse van het groeiend gewas op verschillende tijdstippen. De beteekenis van een dergelijk onderzoek werd evenwel eerst in zijn volle omvang geschat door LIEBSCHER (l. c.), die in 1887 de reeds in de inleiding genoemde verhandeling publiceerde, waarin een uitvoerige, critische bespreking van al de tot dusver verrichte onderzoekingen aangevuld met eigen materiaal werd gegeven.

Tusschen theorie en praktijk van de bemestingsleer heerschte toentertijd o. a. de onverklaarde tegenstrijdigheid, dat een aantal gewassen, die volgens het chemisch onderzoek van den oogst veel van een of andere voedingsstof uit den bodem opnamen, zich voor een bemesting met die voedingsstof niet dankbaar betoonden. Te noemen valt het falen van een stikstofbemesting bij leguminosen, een feit, dat pas werd verklaard door de ontdekking van HELLRIGEL over de mogelijkheid van het binden der atmosferische stikstof door deze planten; verder het weinige resultaat van een bemesting met ruwe kalizouten op aardappelen, waarvan men toentertijd de chloorvoeligheid nog niet kende.

Steunende op de resultaten, die WAGNER bij meer exacte bemestingsproeven heeft verkregen, en op de theorie van DRECHSLER, die een verschil in opnemend vermogen bij diverse gewassen voor den reeds in den grond aanwezigen en voor den door bemesting er in gebrachten voorraad aannam, ontwikkelde LIEBSCHER toen de volgende hypothese: *de behoefte aan bemesting (Düngerbedürfnis) van de cultuurplanten is afhankelijk niet alleen van de verhouding van een bepaalde stof in den grond tot die in den oogst, maar bovendien van het verloop van de opname van die stof en tevens van de quantitatieve ontwikkeling van het wortelstelsel*. Hoewel, volgens hem, de voedselopname tot zekere grens als een directe functie van de productie van droge stof is te beschouwen, moet er voor elk gewas toch een typisch onderscheid in de verhouding van

droge stofproductie en opname van een voedingsstof zijn te vinden, die voor een bepaalde periode in den groei de behoefte aan bemesting met dit voedend bestanddeel karakteriseert. LIEBSCHER stelt dit aanschouwelijk voor door het verloop van de droge stofproductie en van de opgenomen voedingsstoffen voor één gewas in een grafiek als functie van den tijd uit te zetten, waarin voor elke lijn het maximum gelijk (= 100) is gesteld. Deze wijze van voorstellen is in navolging hiervan door vele latere onderzoekers gevolgd.

Hoewel de veronderstelling van LIEBSCHER op grond van de resultaten van later onderzoek niet in zijn vollen omvang bevestigd werd, is deze gedachte, en de uitwerking, die hij eraan gegeven heeft, voor verder onderzoek toch uiterst vruchtbaar geweest, getuige het teruggrijpen van vrijwel alle verdere onderzoekers op zijn verhandeling.

In de eerste plaats werd zijn werk door twee leerlingen uitgebreid, waarbij het verloop der voedselopname werd vervolgd bij verschillende bemestings-toestanden van den grond. Deze proeven werden door HECKE (8) met aard-appelen en door RÉMY (27) met rogge uitgevoerd op het z. g. GÖTTINGER E-FELD, een algemeen bemestingsproefveld, dat toentertijd reeds vele jaren op gelijke wijze was bemest en waarop o. a. objecten met sterk stikstof- en kaligebrek voorkwamen. RÉMY voerde tevens het onderzoek in twee verschillende jaren uit, om den invloed van het klimaat op de opname na te gaan. Hij had hierbij het geluk, om twee jaren te treffen, die uitersten in klimatologische omstandigheden vormden. Zodoende bleek uit zijn onderzoek reeds, dat extreme klimatologische omstandigheden een veel grooteren invloed op het verloop der curven van opname der voedingsstoffen hebben dan extreme bemestingstoestanden in den grond. Zoowel HECKE als RÉMY toonden aan, dat de totaalopname van een voedingsstof weliswaar sterk afhankelijk is van den beschikbaren voorraad in den grond, maar dat het verloop van de opname van de uiteenlopende hoeveelheden, uitgedrukt in relatieve cijfers, niet zooveel van elkaar behoeft te verschillen.

Nadat dus door deze onderzoekingen het werk van LIEBSCHER was aangevuld, verschenen in de volgende jaren verschillende onderzoekingen o. a. van v. SIGMOND (37) ADORJAN (1) en SCHULTZE (34), die voornamelijk bij klimatologische omstandigheden, afwijkend van die te Göttingen, het verloop van de voedselopname bij eenige gewassen onderzochten. Laatstgenoemde besteedt in het bijzonder aandacht aan de voedselopname bij wintergranen in den winter en de vroege voorjaarsperiode.

Van bijzondere beteekenis voor de verdere ontwikkeling van het vraagstuk was een publicatie, die in 1905 verscheen uit het proefstation te Bernburg van de hand van WILFAHRT, RÖMER en WIMMER (45), waarin uitgebreide analyses worden vermeld van een aantal gewassen, die te velde en in potten

waren gegroeid en op verschillende tijdstippen werden geoogst; de verschillende deelen der gewassen werden afzonderlijk onderzocht. De resultaten van dit onderzoek, die met bijbehorende foto's en gekleurde tabellen door het Deutsche Kalisyndikat zijn uitgegeven en die algemeene bekendheid verwerven, zijn vooral belangrijk, omdat daardoor werd aangetoond, dat bij zomertarwe en zomergerst de maximale opname vooral bij stikstof en kali een tijd voor het einde van den groei wordt bereikt en dat daarna een aanzienlijk deel van deze bestanddeelen weer uit de plant *verloren* kan gaan. Deze ontdekking verwekte nogal opzien en verschillende onderzoekers, SEIDLER (35), SCHOLZ (33) en PFEIFFER (niet gepubliceerd; zie (24) blz. 147) haastten zich dit verschijnsel nader te bestudeeren. Inderdaad bleek ook bij andere proeven vaak dat belangrijke hoeveelheden voedingsstoffen weer uit de plant kunnen verdwijnen. Tot op heden is men er het echter niet over eens, of deze stoffen weer door de wortels worden afgescheiden of dat deze door verlies van of uitspoeling uit de bovenaardsche deelen in den grond terugkeeren. Het feit, dat deze verliezen gewoonlijk bij veldproeven, die meestal meer dan potproeven aan atmosferische invloeden zijn blootgesteld, grooter zijn, wijst er wel op, dat uitspoelen wel of niet gepaard gaande met mechanische verliezen hierbij zeker van belang zal zijn. Uit onderzoekingen van MASCHHAUPT (17) en KOSTYTSCHEW en ELIASBERG (11) is verder gebleken, dat vooral van het kali in de plant een groot deel is uit te wasschen.

PFEIFFER en RIPPEL (24), die aannemen, dat er hierbij slechts van uitwasschen uit de planten en niet van een physiologische teruggang van voedingsstoffen gesproken kan worden, wijzen er terecht op, dat een dergelijke uitwassching, die aan het einde van den groei een eventueele verdere opname aan voedingsstoffen mogelijkerwijze geheel zal kunnen overdekken, het verloop der opnamecurven kan wijzigen, zoodat dergelijke curven voor theoretische beschouwingen geen waarde meer hebben; hiervoor zou men slechts exacte potproeven kunnen gebruiken, waarbij volgens hun proeven geen verliezen aan voedende bestanddeelen behoeven plaats te grijpen.

SEKERA (36) meent daarentegen, dat een teruggang van voedingsstoffen door de wortels zeer wel mogelijk is vooral, wanneer het gewas door een overvloedigen voorraad in den grond, vooraf een overmaat aan een voedingsstof heeft opgenomen.

Feitelijk heeft geen enkel verder onderzoek een nieuw licht op het vraagstuk der voedselopname geworpen. De verdienste van de latere onderzoekingen is echter vooral het verrichten van uitgebreidere waarnemingen, waarbij de groei is vervolgd door zoo nauwkeurig mogelijke bemonstering op een groot aantal tijdstippen (soms b. v. elke week).

Direct aansluitend aan het onderzoek van LIEBSCHER moet het onderzoek

van FÉST (4) bij boonen in twee jaren eveneens op het E-Feld te Göttingen genoemd worden; verder de uitgebreide onderzoekingen van RÉMY en vele leerlingen in Bonn verricht, waarvan samenvattingen in 1931 verschenen (28).

Aansluitend aan het onderzoek van WILFAHRT is zeer waardevol materiaal verkregen bij onderzoekingen te Halle onder leiding van RÖMER, één der medewerkers aan het onderzoek van WILFAHRT te Bernburg. Te Halle onderzocht SCHLESIER (32) de voedselopname bij negen zomergewassen, waaronder twee tarwe- en twee haverrassen, in drie achtereenvolgende jaren, terwijl QUITZAU (25) eveneens in drie jaren het verloop der voedselopname bij drie wintergranen, elk telkens voor twee rassen naging. Een dergelijke gelijktijdige vergelijking van een aantal gewassen onder dezelfde omstandigheden gedurende eenige jaren, waarbij speciale aandacht aan de klimatologische verschillen in de drie proefjaren is geschonken en waarbij ook nog volledig bemeste met onbemeste gewassen werden vergeleken, geeft meer dan welk ander onderzoek ook een goeden indruk van de variaties, die er in het verloop van de voedselopname kunnen optreden en die wij verderop nog nader zullen bespreken. ~~onbemeste gewassen werden vergeleken, geeft meer dan welk ander onderzoek ook een goeden indruk van de variaties, die er in het verloop van de voedselopname kunnen optreden en die wij verderop nog nader zullen bespreken.~~ Een onderzoek, dat in dezelfde geest als het voorafgaande is opgezet, maar weinig bruikbare gegevens heeft opgeleverd, geschiedde door HASELHOFF, HAUN en ELBERT (7).

Zooals men kan zien, is vrijwel al het tot nu toe genoemde onderzoek, dat voor onze samenvatting van belang is, in Deutsche tijdschriften gepubliceerd. In Nederland heeft MASCHHAUPT (17, 18 en 19) onderzoek over dit onderwerp verricht, waarbij de opname van stikstof en een aantal minerale bestanddeelen is nagegaan bij aardappelen, zomertarwe en suikerbieten; voor elk gewas werd een groot aantal bemonsteringen met kleine tusschenperiodes uitgevoerd. Eveneens over suikerbieten zijn door v. GINNEKEN, RIJKEN en DE HAAN (6) een groot aantal waarnemingen gedaan, waarbij vooral op de ontwikkeling van de biet is gelet. In Ned.-Indië heeft NIJHOLT (21) voor cassave de voedselopname tijdens den groei bestudeerd.

In de Engelse literatuur vindt men enkele onderzoekingen van KNOWLES en WATKIN (12) over wintertarwe en in samenwerking met HENDRY (13) over suikerbieten, waarbij speciaal aandacht wordt geschonken aan de fout, die men bij bemonsteren op verschillende tijdstippen kan maken.

Tenslotte noemen wij nog de Fransche literatuur, waarin behalve de oudere onderzoekingen van ANDRÉ (o. a. 2) speciaal de laatste jaren vrijwat over dit onderwerp is gepubliceerd, vermoedelijk vooral onder invloed van de onderzoekingen van LAGATU c. s. (14), die uit de samenstelling van bepaalde planten-

deelen op verschillende tijdstippen van den groei, conclusies omtrent den voorraad en speciaal ook omtrent de gewenschte verhouding der verschillende voedingsstoffen, die voor de plant in den grond beschikbaar moeten zijn, tracht te trekken. De voor deze samenvatting belangrijkste Fransche onderzoekingen zijn die van VINCENT, HERVIAUX en SARAZIN (38—41), die het groeiverloop en de voedselopname bestudeerden vermoedelijk in eenzelfde jaar bij wintertarwe, zomergerst, haver, aardappelen en voederbieten.

Daarnaast noemen wij het onderzoek van GAROLA (5) en van LEBRUN en RADET (15), die bij granen den invloed van bemesting op de voedselopname nagingen.

Zooals reeds in de inleiding is vermeld, zijn bij deze samenvatting niet de proeven van meer plantenphysiologischen aard betrokken, waarbij in zand- of watercultures of ook in potproeven met grond de verschillende aspecten van de voedselopname is nagegaan. Een aantal van deze onderzoekingen, die direct van beteekenis geacht kunnen worden voor de hier behandelde landbouwkundige zijde van het vraagstuk, mogen hier nog genoemd worden.

De viterst exacte proeven van H. WAGNER (42—44) met verschillende gewassen, geven materiaal van veldproeven voor suikerbieten en van potproeven met grond bij andere gewassen, waarbij door zeer veelvuldige monsternemingen een nauwkeurig verloop der voedselopname mogelijk is. Bij de proeven van BLANCK, GIESECKE en HEUKESHOFEN (3) in zandcultures is vooral ook het wortelonderzoek van beteekenis, terwijl verder bij de onderzoekingen van RACKMANN (26) speciaal op de verhoudingen der verschillende voedingsstoffen wordt gelet.

Tenslotte vermelden wij nog de meer fundamenteele, theoretische beschouwingen van het verloop van de opbrengstcurve als functie van den tijd gedurende de groeiperiode; van de uitgebreide literatuur over dit onderwerp noemen wij slechts de onderzoekingen van MITSCHERLICH (20) RIPPEL (29) en H. WAGNER (42).

B. Samenvattende beschouwing van de gegevens

Bij de bestudeering van de publicaties over het onderwerp der voedselopname tijdens den groei valt het steeds weer op, dat een aantal fundamenteele feiten door verschillende onderzoekers telkens weer opnieuw ontdekt worden, niettegenstaande de eerste onderzoekers deze wetmatigheden reeds hebben beschreven. Men kan het natuurlijk eenerzijds betreuren, dat een aantal landbouwkundige onderzoekers zoo weinig op de hoogte zijn geweest van het werk, dat op hetzelfde gebied door anderen is verricht, — een feit, dat men herhaaldelijk bij landbouwkundig onderzoek opmerkt — anderzijds is dit in

zooverre een voordeel, dat eenzelfde ontdekking, door verschillenden onafhankelijk van elkaar gedaan, ontegenzeggelijk aan waarde en zekerheid wint.

De voornaamste punten, die door de diverse auteurs zijn vastgesteld, zijn wel de volgende:

1. De opname van stikstof en de meeste minerale bestanddeelen, uitgedrukt in verhoudingscijfers, die betrokken zijn op het maximum, loopt gedurende den groei duidelijk vooruit op de productie van de droge stof, eveneens uitgedrukt in relatieve cijfers. In het algemeen is verder de vorm van de relatieve curve, die verkregen wordt bij het uitzetten in een grafische voorstelling van de relatieve opname van een voedingsstof tegen de tijdstippen van bemonstering, min of meer gelijk aan die van de relatieve droge stof-productiecurve. Bij de droge stofcurve treedt na een kort traject na het opkomen van het gewas, waarin de opname betrekkelijk langzaam verloopt, een sterke stijging op, terwijl in het laatste deel van de groeiperiode de opname als regel weer wat vertraagd wordt. Het algemeene beeld van al deze curven is de typische S-vorm.

2. Als regel bereiken de op de droge stofproductie vooruitlopende relatieve curven van de voedingsstoffen, in het bijzonder bij stikstof en kali, ook eerder hun maximum. Zeer vaak treden er dan na het bereiken van dit maximum weer verliezen op, waardoor de door den oogst onttrokken hoeveelheid van deze stoffen kleiner is dan de op een bepaald tijdstip van den groei opgenomen voorraad. Over de wijze, waarop deze verliezen zouden optreden, is veel discussie ontstaan.

3. De factoren, die zoowel het verloop van voedselopname en droge stof-productie als ook de verhouding van de onderlinge ligging der curven kunnen beïnvloeden, werden door velen bestudeerd. Men is het er wel over eens, dat de klimatologische omstandigheden den grootsten invloed hierop kunnen uitoefenen, terwijl de verschillen in voor de plant beschikbare voedselvoorraden uit den bodem, — een factor, waarvan men a priori grooten invloed zou verwachten — natuurlijk wel van beteekenis zijn voor de absolute cijfers van opbrengst en opname van voedingsstoffen, maar minder voor de wijze van opname en voor het verloop der relatieve curven. Hierbij stellen velen zich de vraag, of er voor een bepaald gewas, onafhankelijk van invloeden van buiten af, een karakteristieke wijze van opname van voedingsstoffen bestaat en of een dergelijk karakteristiek verloop van beteekenis is voor de kennis van de meest gewenschte wijze van bemesting van een dergelijk gewas.

Wij willen nu de hier genoemde punten aan een beschouwing onderwerpen.

1. Voor een goed begrijpen van de voedselopnamecurven moet men bedenken, dat de gevonden opbrengstcijfers ontstaan door op verschillende tijdstippen van den groei de opbrengst en de gehalten aan diverse bestanddeelen van het gewas vast te stellen en deze beide grootheden met elkaar te vermenigvuldigen. Voor een goede vergelijking van deze cijfers in verschillende groeistadia betreft men bij voorkeur zoowel opbrengst als gehalten op droge stof.

De waarden voor de relatieve voedselopnamecurven vindt men door vermenigvuldiging van opbrengst en gehalten op een bepaald tijdstip, uitgedrukt resp. in procenten van de opbrengst en in procenten van de gehalten, die gevonden worden op het tijdstip van de maximale onttrekking.

Voor het verdere betoog over de verhouding der droge stof- en voedselopnamecurven werkt het kiezen van een voorbeeld en het invoeren van eenige symbolen verhelderend. Als voorbeeld hebben wij de opname van stikstof bij zomergerst in een bepaald geval gekozen, waarvoor men de ligging der curven en het cijfermateriaal resp. in figuur I en tabel I vindt. Noemen wij O_1, O_2 enz. de opbrengsten op de tijdstippen 1, 2 en N_1, N_2 de bijbehorende stikstofgehalten en $O_{\max}$ en $N_{\max}$ resp. opbrengst en gehalte bij de maximum-stikstofonttrekking, dan wordt het eerste punt van de relatieve droge stofcurve weergegeven door $\frac{O_1}{O_{\max}}$ en het eerste punt van de relatieve

stikstofcurve door $\frac{O_1 N_1}{O_{\max} N_{\max}}$.

Vallen de maxima van droge stof- en stikstofcurve niet samen, dan moet in plaats van $O_{\max}$ in deze laatste formule, de opbrengst die behoort bij de maximum N-onttrekking, aangeduid met $O_{\max N}$, gesubstitueerd worden.

TABEL I

Droge stofproductie en stikstofopname bij zomergerst gedurende een deel der groeiperiode

Monsternamen.	Relatieve droge stofproductie.	Relatief N-gehalte in dr. stof.	Relatieve N-opname.
1. 29 April	$3\frac{1}{2}$	6.0	21
2. 9 Mei	$8\frac{1}{2}$	4.1	35
3. 19 Mei	38	1.8	69
4. 28 Mei	72	1.3	95
max. 8 Juni	100 = 71 q/ha dr. stof	1 = 1.14 % N in dr. stof	100 = 81 kg/ha N

Willen wij nu den voorsprong van de relatieve N-curve op de droge stof-curve aan het begin van den groei, zooals wij dit ook in figuur I zien, verklaren, dan moeten wij bedenken, dat in het begin van den groei de geproduceerde droge stof als regel naar verhouding rijker is aan stikstof, kali en fosforzuur — andere gehalten laten wij hier buiten beschouwing — dan op een later tijdstip van den groei, d.w.z. de gehaltcijfers aan deze bestanddeelen, betrokken op de droge stof, zijn in het begin van den groei vrij wat hooger dan later. Zoo zien wij bij het voorbeeld in tabel I op tijdstip 1 een N-gehalte, dat 6 maal zoo groot is als het N-gehalte bij $N_{\max}$. Het is duidelijk, dat wij de verhouding van de beide curven in punt 1 vinden door de term van de stikstofcurve te deelen door die der droge stof-curve; de verhouding van beide curven wordt dus weergegeven door de factor $\frac{N_1}{N_{\max}}$. In dit geval is deze verhouding

dus 6 en vindt men bij een relatieve waarde van $3\frac{1}{2}$ voor de geproduceerde droge stof, een relatieve stikstofwaarde van 21, of een voorsprong van $18\frac{1}{2}$ van de stikstofcurve op de droge stofcurve, wanneer beide worden uitgedrukt in procenten van het maximum op eenzelfde tijdstip.

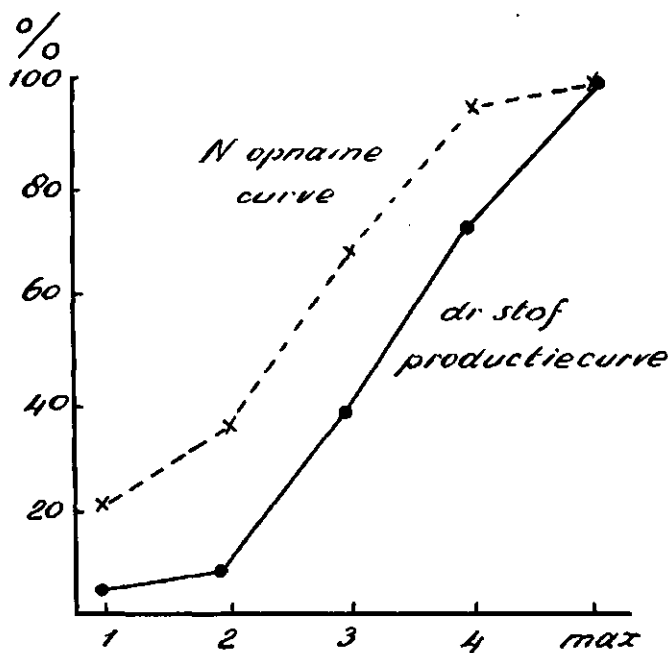


Fig. I

Verloop der relatieve curven van droge stofproductie en N-opname bij zomergerst gedurende een deel der groei-periode (vgl. tabel I).
(Verlauf der relativen Kurven der Trockensubstanzproduktion und N-Aufnahme bei Sommergerste während eines Teiles der Wachstumsperiode).

Het is duidelijk, dat de voorsprong van een opnamecurve op de droge stofcurve des te grooter zal zijn, naarmate de daling van het betreffende gehaltecijfer tijdens den groei sterker is. Van de hier in beschouwing genomen bestanddeelen is de daling in het N-gehalte als regel het grootst, dan volgt K-gehalte en daarna P-gehalte. Gewoonlijk loopt dus de N-curve het meest, de P-curve het minst op de droge stofcurve vooruit. Onder normale omstandigheden, waarbij de dalingen in gehaltecijfers, betrokken op de droge stof, voor deze drie bestanddeelen steeds optreden, zal dus ook het vooruitloopen der curven op de droge stofcurve steeds plaatsgrijpen.

Nadat dus hierboven speciaal het optreden van den voorsprong der voedselopnamecurven op de droge stofcurve aan het begin van de groeiperiode is toegelicht, bespreken wij nu den algemeenen vorm der voedselcurve in vergelijking met de droge stofcurve gedurende de verdere groeiperiode, waarvoor wij weer bij de gegevens van tabel I en grafiek I aanknoopen. Aangezien de afstand tusschen de bemonsteringsdata in grafiek I steeds gelijk is, is de helling van de curven tusschen twee punten in deze figuur alleen een functie van de waarde-verschillen gemeten op de verticale as. Uitgedrukt in symbolen, die wij hierboven hebben ingevoerd, wordt de helling tusschen de punten 1 en 2 van de droge stofcurve gekarakteriseerd door $\frac{O_2 - O_1}{O_{\max}}$ en van de stikstof-

curve door $\frac{O_2 N_2 - O_1 N_1}{O_{\max} - N_{\max}}$. Aan het begin van den groei is nu de waarde

$\frac{O_2 - O_1}{O_{\max}}$ klein, in ons voorbeeld gelijk aan 5; later echter b.v. bij $\frac{O_4 - O_3}{O_{\max}}$

vinden wij een groote waarde, n.l. 34. Daarentegen is in het begin de invloed van de groote relatieve N-gehalten 6.0 en 4.1 op de term $\frac{O_2 N_2 - O_1 N_1}{O_{\max} - N_{\max}}$

vrij groot, waardoor deze term gelijk aan 14 en dus aanzienlijk grooter wordt dan bij de droge stofcurve. De relatieve N-curve loopt dus aan het begin steiler

dan de droge stofcurve. Bij den term $\frac{O_4 N_4 - O_3 N_3}{O_{\max} - N_{\max}}$, die dus de helling der

N-curve tusschen de punten 3 en 4 karakteriseert, zien wij, dat de relatieve N-cijfers kleiner zijn geworden, terwijl de invloed van de groote factor $\frac{O_4 - O_3}{O_{\max}}$

maakt, dat de hellingsterm voor de stikstofcurve met 36 slechts weinig van die van de droge stofcurve verschilt.

Aan het einde van den groei loopt in ons voorbeeld de N-curve vlakker dan de droge stofcurve, omdat de relatieve daling van het N-gehalte $\frac{N_{\max} - N_4}{N_{\max}}$

den term $\frac{O_{\max} N_{\max} - O_4 N_4}{O_{\max} N_{\max}}$ aanzienlijk kleiner maakt dan die der droge stofcurve $\frac{O_{\max} - O_4}{O_{\max}}$.

Hetgeen wij hier voor een speciaal geval met een getallenvoorbeeld hebben aangegeven, geldt in groote trekken voor alle relatieve N-, P- en K-curven in hun verhouding tot de relatieve droge stofproductiecurve. In het begin van den groei stijgen als regel de voedselopnamecurven, in het bijzonder van stikstof en kali, sterker dan bij de droge stof, waardoor het eerste meer horizontale stuk bij de voedselcurven minder geprononceerd is. Dan komt het traject van sterke stijging van de droge stofcurve; door de overheersching van deze stijging in den hellingsterm van de voedselcurven, loopen dan deze curven min of meer parallel met de droge stofcurve. Wanneer de maxima der curven samenvallen, overweegt tegen het einde van den groei de invloed der relatieve daling van de gehaltecijfers over die der stijging van de droge stofcurve, waardoor de voedselopnamecurven in vele gevallen vlakker dan de droge stofcurven gaan verlopen. Wij zien dus in het algemeen, dat de wijze van verloop van de droge stofcurve en het verloop der gehaltecijfers maken, dat voedingscurven en droge stofcurven in het steile gedeelte in normale gevallen min of meer parallel verlopen, terwijl er kans bestaat, dat in begin en einde van den groei deze curven een onderling verschillend beeld zullen vertoonen.

2. Wij bespreken nu het tweede punt, waaraan in vele publicaties een beschouwing wordt gewijd, n.l. het eerder bereiken van het maximum bij vele voedselopnamecurven in vergelijking met de curve van droge stofproductie en de meestal hierna optredende verliezen aan voedende bestanddeelen. Over het algemeen vindt men deze verliezen het meest gedurende de periode, dat de droge stofproductie van het gewas minder intensief begint te verlopen en in het bijzonder gedurende de rijpingsperiode van granen. Men krijgt verder den indruk, dat in sommige gevallen het bereiken van het maximum samenhangt met het optreden der verliezen, d.w.z. dat het maximum der opgenomen voedingsstof pas later bereikt zou zijn, wanneer er geen verliezen zouden zijn opgetreden, die een eventueel nog voortschrijdende voedselopname overdekt hebben.

De factoren, die het optreden van deze verliezen beïnvloeden, en de wijze, waarop zij tot stand komen, kunnen wij beter tegelijk met het volgende punt bespreken. Hier zij er slechts op gewezen, dat de ligging van het maximum en dus vaak ook het optreden van verliezen van invloed is op het verloop van het voorafgaande deel der curven in vergelijking met de droge stofcurve. Ligt het maximum van b.v. de stikstofcurve veel eerder dan van de droge

stofcurve, dan zal de hoeveelheid droge stof, die op het tijdstip van de maximum stikstofopname is geproduceerd, $O_{\max 1}$, meestal duidelijk kleiner zijn dan de maximum hoeveelheid droge stof $O_{\max}$. De verhouding van relatieve N-curve tot relatieve droge stofcurve op een bepaald tijdstip wordt dan weer gegeven door $\frac{O_t N_t}{O_{\max 1} N_{\max}}$ gedeeld door $\frac{O_t}{O_{\max}}$; d.i. $\frac{O_{\max} N_t}{O_{\max 1} N_{\max}}$. Hoe grooter het verschil tusschen $O_{\max}$ en $O_{\max 1}$ is, des te grooter wordt deze term en daarmee de voorsprong van stikstofcurve op droge stofcurve.

3. Wij komen nu tot de bespreking der factoren, die het verloop van de voedselopname en de verhouding daarvan tot de droge stofproductie kunnen beïnvloeden. Na de algemeene regels over verloop en verhouding der relatieve curven, die hierboven zijn toegelicht, moeten wij nu de details bij de afwijkingen hiervan en de oorzaken hiervoor nagaan. Het eenvoudigst geschiedt dit weer aan de hand van een voorbeeld, waarvoor wij de kali-opname bij zomergerst kiezen.

In fig. II vindt men hierover alle beschikbare gegevens in een twaalfstal grafiekjes geteekend. In het eerste grafiekje zijn tien curven voor de droge stofproductie van zomergerst geteekend, ontleend aan verschillende onderzoeken, waarbij de maxima steeds op 100 zijn gesteld. Op dezelfde wijze zijn de gegevens voor de kali-opname van deze onderzoeken in grafiek 2 geteekend. In de grafieken 3 tot 12 zijn telkens de gegevens voor droge stof en kali voor elk onderzoek afzonderlijk gecombineerd. Hiervan heeft alleen grafiek 3 betrekking op gemiddelde cijfers, die door LIEBSCHER (16) uit de literatuur vóór 1887 zijn verzameld; de volgende grafieken hebben betrekking op onderzoek telkens gedurende één jaar van WILFAHRT c.s. (45), VINCENT c.s. (39) en LEBRUN en RADET (15), terwijl de laatste zes grafieken de resultaten van onderzoek van PREIFFER c.s. (23) en van SCHLESIER (32) weergeven, dat door beiden in drie achtereenvolgende jaren werd uitgevoerd.

Wij zien dan in de eerste plaats in het eerste grafiekje de groote verschillen in tijdstadium, waarop het meestal vrij plotseling inzettend steil verloop van de droge stofcurve optreedt. Men zou natuurlijk kunnen probeeren deze curven beter met elkaar tot dekking te brengen door b.v. rekening te houden met de verschillende data van zaaien of opkomen van het gewas, maar een dergelijke werkwijze heeft iets willekeurigs. Een periode van groeistilstand kort na het opkomen zal vermoedelijk een gelijken invloed hebben op het tijdstip, waarop de snellere groei inzet, als een later opkomen tengevolge van later zaaien of van een koudeperiode vóór of tijdens de kiemperiode, van het gewas. Verder is een bezwaar hierbij, dat bij vele onderzoeken op te weinig tijdstippen gedurende den groei bemonsteringen zijn uitgevoerd, om het verloop van de

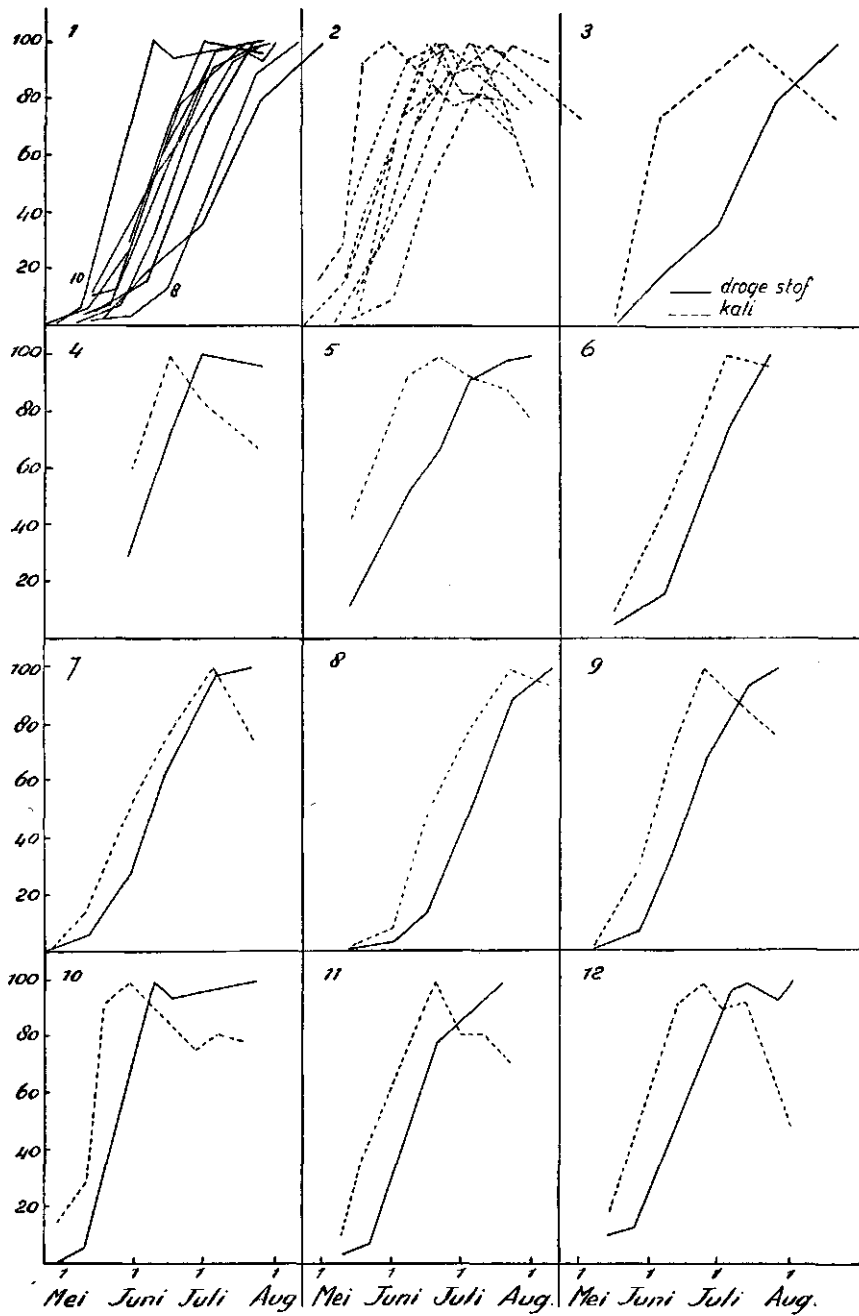


Fig. II

Kali-opname bij zomergerst.
(Kali-Aufnahme bei Sommergerste).

curve met voldoende zekerheid te kunnen vaststellen. Zoolang men het verloop der curven niet zeer nauwkeurig kent en niet op de hoogte is met alle gegevens betreffende klimaat en ontwikkeling van het gewas, lijkt het ons niet mogelijk, om te trachten deze curven beter met elkaar tot dekking te brengen en volstaan wij dus met het uitzetten der gegevens tegen den datum, waarop bemonsterd is.

Dat de spreiding van de curven in de eerste plaats veroorzaakt wordt door verschillen in klimatologische omstandigheden, is te verwachten. Een bewijs hiervoor leveren b.v. de curven uit de grafieken 10 en 8, die in het eerste grafiekje als extremen voorkomen. Grafiek 10 heeft betrekking op een onderzoek van SCHLESIER te Halle in 1921, waarbij uit de bijgevoegde meteorologische gegevens duidelijk blijkt, dat wij hier met een zeer groeizaam voorjaar te maken hebben; grafiek 8 daarentegen heeft betrekking op een onderzoek van PREIFFER te Breslau in 1919, waarbij volgens de gegevens de ongunstige weersomstandigheden verdragend op den groei hebben gewerkt.

Verder is o.a. opmerkelijk de groote overeenstemming in droge stofcurven, die behooren bij de onderzoeken verricht te Sogny (Champagne) in Frankrijk (grafiek 6) en te Breslau in Duitschland (grafiek 9), twee plaatsen, waarvoor men op grond van mogelijke groote verschillen in klimatologische omstandigheden a priori geen gelijk verloop van den groei zou verwachten.

Behalve de weersomstandigheden zullen verder de tijd van zaaien en het ras of de variëteit, die gebruikt werd, wel eveneens van invloed zijn op het verloop der curven als functie van de data. Ziet men af van de onderlinge spreiding der curven in grafiek 1, dan valt het op, dat er overigens veel overeenstemming tusschen de curven bestaat, in het bijzonder in de helling in het steile stuk. Schakelt men grafiek 3 uit, die betrekking heeft op gemiddelden van verschillende oude onderzoeken van vóór 1887, dan ziet men, dat er in het begin en het midden van den groei een vrij goede overeenstemming is in den vorm der curven.

Wat het einde van de groeiperiode betreft, hoe eerder de stijging van de curven optreedt, dus hoe vroeger het gewas in zijn ontwikkeling is, des te eerder wordt ook een punt dicht bij het maximum bereikt, waarna nog maar een geringe stijging of soms ook na het bereiken van het maximum een gelijk blijven of een kleine daling van de geproduceerde droge stof optreedt. Als voorbeeld van vroege gewassen kunnen de curven in grafiek 10 en 4 gelden; een laat gewas vindt men behalve bij 3, ook bij 8.

Wij volstaan hier met deze enkele opmerkingen over de droge stofproductie tijdens den groei, een onderwerp, dat op zichzelf te uitgebreid is, om het in deze beknopte verhandeling nader te bespreken. Voor uitgebreide landbouwkundige gegevens hierover, speciaal wat betreft granen, verwijzen wij naar

een publicatie van HUDIG, MELJER en LEEMHUIS (10), waarin men ook vele literatuuropgaven over dit onderwerp vindt.

Bezien wij nu de K-curven in grafiek 2 van figuur II. Wij vinden dan een beeld, dat, wat de spreiding der curven betreft, veel overeenstemming met de droge stofcurven in grafiek 1 vertoont. De verschillen in helling en dus ook in onderlinge ligging van het maximum zijn hier grooter. In alle gevallen treedt na het bereiken van het maximum weer een grootere of kleinere teruggang van de opgenomen K-hoeveelheid op. Vergelijkt men nu in de grafieken der afzonderlijke onderzoekingen de K- en droge stofcurven, dan blijkt, dat de verhouding in de meeste grafieken weinig afwijkt van de algemeene regels, zooals die bij de vorige punten zijn besproken. Grafiek 5 vertoont weer de grootste afwijking, terwijl ook de helling der K-curven bij 5 en 10 nog al wat van die der droge stoflijn verschilt. Voor het overige is het duidelijk dat de verspreide ligging der K-curven in grafiek 2 in de eerste plaats als gevolg van de uiteenlopende droge stofcurven, zooals wij die in grafiek 1 zien, is te beschouwen. Dit feit is van beteekenis, omdat hieruit blijkt, dat *de K-opname voor het grootste deel afhankelijk is van de wijze, waarop de droge stofproductie verloopt, en als regel geen of slechts een beperkt eigen karakteristiek verloop vertoont.*

Bij onze literatuurstudie is nu wel duidelijk gebleken, dat hetgeen hier over kalium bij zomergerst is uiteengezet, zonder bezwaar ook tot andere bestanddeelen en tot andere gewassen is uit te breiden. Het relatieve verloop van de opname van N, P en K is bij alle gewassen in de eerste en voornaamste plaats afhankelijk van het verloop der droge stofproductie. De oorzaak hiervan is, dat het verloop van de relatieve gehaltecijfers aan een bepaald bestanddeel, dat met de droge stofcijfers het verloop der voedselopnamecurven beheerscht, van geval tot geval veel minder uiteenloopt dan het verloop der droge stofproductie. Men kan hieruit afleiden, dat *de daling van N-, P- en K-gehalte tijdens den groei bij alle gewassen, betrokken op het gehalte bij het tijdstip van maximale onttrekking, veel minder door de klimatologische omstandigheden wordt beïnvloed dan de wijze, waarop de droge stofproductie tijdens den groei verloopt.*

Een vraag, die naar aanleiding van deze uitspraak bij velen zal opkomen is nu: Heeft de voor de plant opneembare bodemvoorraad aan voedende bestanddeelen dan geen overwegenden invloed op het verloop der opname van deze bestanddeelen. Het antwoord hierop kan luiden: De opneembare bodemvoorraad heeft wel grooten invloed op de totale opgenomen hoeveelheid maar vrijwel niet op het verloop van deze opname, wanneer men dit verloop in relatieve cijfers weergeeft. Een voorbeeld hiervan, ontleend aan een onderzoek van HECKE (8) bij aardappelen, hebben wij in de grafiekjes van figuur III weergegeven. Het onderzoek werd in 1893 uitgevoerd op het Göttinger E-Feld, het reeds genoemde langjarige algemeen bemestingsproefveld, waar

toentertijd vooral bij de objecten zonder kali reeds ernstig gebrek aan deze voedingsstof voor de gewassen was opgetreden. Stelt men de oogst aan droge stof van het object NPK gelijk 100, dan bracht het object NP slechts 47 % hiervan op, het object PK 92 %, terwijl het object NK een opbrengstvermeerdering gaf.

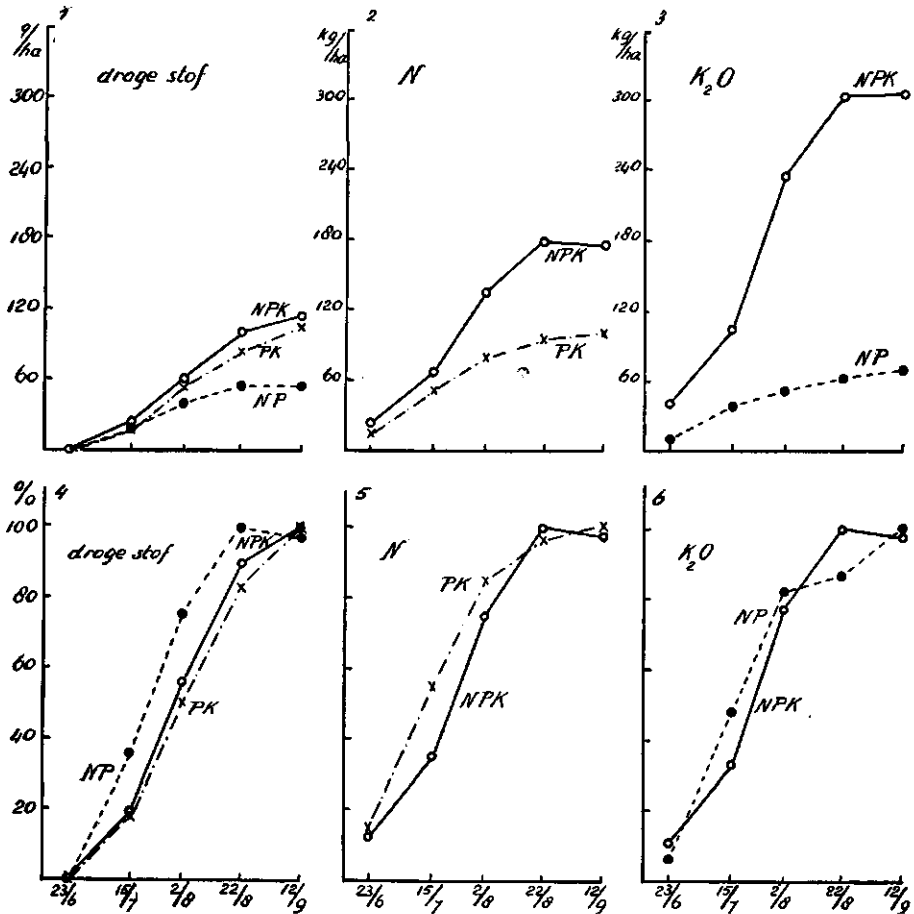


Fig. III

Droge stofproductie, Stikstof- en Kali-opname bij Aardappelen met verschillende Bemesting (HECKE (8))

(Trockensubstanzproduktion, Stickstoff- und Kaliumaufnahme bei Kartoffeln mit verschiedener Düngung)

In de grafieken 4—6 van figuur III zijn nu de relatieve groeicurven voor droge stof en resp. stikstof en kali van de objecten NPK en resp. PK en NP weergegeven. Men ziet, dat bij stikstof de PK-curve en bij K de NP-curve eerst

iets sneller stijgt en pas tegen het einde van den groei tijdelijk iets achter blijft bij de curve van het NPK-object; bij de droge stof heeft de NP-curve eenige voorsprong op NPK en PK. Groot zijn de verschillen bij deze voorstellingswijze in deze gevallen evenwel niet. Geheel anders wordt het beeld, wanneer men de absolute groeicurven teekent, zooals dit in de eerste drie grafieken van deze figuur is gedaan. Men ziet dan bij N en K het enorme verschil tusschen de totale opname bij twee objecten en daarmede ook een geheel verschillend verloop van de gedurende een bepaalden tijd opgenomen absolute hoeveelheid aan deze voedingsstoffen. Vergelijkt men de curven uit grafiek 2 en 3 met die der droge stof in grafiek 1, dan valt hieruit af te leiden, dat het onderscheid tusschen de stikstofcurven in grafiek 2 in de eerste plaats zijn oorzaak vindt in het lagere stikstofgehalte der aardappelen zonder N-bemesting, aangezien de absolute opbrengst met en zonder stikstof niet zooveel uiteenloopt, zooals wij in grafiek 1 zien. Daarentegen is bij kali het groote opbrengstverschil tusschen NPK en NP zoowel als het lagere kaligehalte van de aardappelen zonder kali de oorzaak van het enorme verschil in kali-opname tijdens den groei.

Wij wijzen er hier meteen op, dat de waarde van de uitdrukkingswijze door middel van relatieve groeicurven zeer betrekkelijk is als de op honderd gestelde maxima in verschillende gevallen door abnormale groeiomstandigheden (gebrek, ziekten of misoogst door andere oorzaken) sterk van elkaar verschillen. In het hier geciteerde voorbeeld van sterk kaligebrek bedraagt het op 100 gestelde maximum voor het NPK-object 304 kg en voor het NP-object 69 kg K_2O . Bij de in de vergelijking voor de diverse gewassen betrokken gegevens, die alle afkomstig zijn van proeven onder normale groeiomstandigheden, loopen evenwel de waarden voor de op 100 gestelde maxima nooit zoo sterk uiteen.

Het blijft een merkwaardig feit, dat — zooals wij bij alle groeicurven van één proef met verschillende bemesting vonden —, het verloop der relatieve groeicurven zoo weinig door de voedingsomstandigheden wordt beïnvloed.

Voor één gedeelte van de voedselopnamecurven zal echter de in den grond beschikbare voedselvoorraad vermoedelijk wel van beteekenis geacht moeten worden, namelijk voor het laatste deel van de curven, waarbij in vele gevallen weer verliezen aan voedingsstoffen uit het gewas plaats vinden. Op blz. 24 bij de behandeling van het algemeen verband tusschen voedselopname- en droge stofcurven hebben wij er op gewezen, dat hoe grooter de daling van een gehalte tijdens den groei is, hoe meer de opnamecurven voor dat bestanddeel op de droge stofcurven vooruit zullen loopen. Is deze daling in gehalte ook tegen het einde van den groei nog sterk, dan zal de vooruitlopende opnamecurve ook vrij wat eerder dan de droge stofcurve zijn maximum bereiken, waarmede ook

een grootere kans op verliezen is geschapen. Wanneer zal nu een dergelijke sterke daling in gehalte aan het einde van den groei in de eerste plaats optreden? Voornamelijk, wanneer de plant door een overvloed van beschikbaar voedsel hiermede aan het begin van den groei als het ware overstroomd is en deze overmaat de harmonische voedselopname en ook het normale rijpingsproces zal verstoren; het is b.v. bekend, dat overmaat stikstof en kali het groei- en rijpingsproces kunnen vertragen. Het is te verwachten, dat in een dergelijk geval er veel meer kans op een daling van het gehalte en daarmede het optreden van verliezen bestaat, dan wanneer de voedselvoorziening tijdens den groei zoo is geweest, dat geen overmaat van een of ander bestanddeel kan opgenomen worden.

Het is merkwaardig, dat deze naar onze meening voor de hand liggende gedachtengang over de kans op het optreden van verliezen slechts door één van de vele onderzoekers, die zich o.a. hiermede hebben bezig gehouden, is ontwikkeld en ook experimenteel is bevestigd. In figuur IV vindt men eenige resultaten van dit onderzoek van SEKERA (36) over het verloop van N- en K-opname bij verschillende bemestingen van zomergerst. De waarden der curven zijn in grammen per vak van 4 m² weergegeven. Ten opzichte van de bemesting NPK heeft een bemesting met de dubbele N-gift een opbrengststijging gegeven. Een bemesting met vier maal zooveel stikstof geeft een opbrengstdaling en is dus als onharmonisch te beschouwen; van de maximaal opgenomen stikstof gift gaat weer vrijwat vóór den oogst verloren.

Aan kali heeft de gebruikte grond geen behoefte; zonder bemesting is de opgenomen kalihoeveelheid als overmatig te beschouwen en ziet men een duidelijk verlies vóór den oogst. Een bemesting met alleen stikstof en fosforzuur geeft een hoogere opbrengst dan geen bemesting; dezelfde hoeveelheid opgenomen kali is nu als normaal te beschouwen en het verlies aan kali is nu ook gering. Geeft men daarentegen, naast N en P ook nog een K-bemesting, dan daalt de opbrengst; de maximum opgenomen hoeveelheid kali is overmatig en er treedt weer een aanzienlijk verlies op. Betrekt men de curven uit deze grafiek op een maximum gelijk 100, dan ziet men slechts weer geringe verschillen in het eerste deel van de lijnen, evenals dit het geval was bij de K-gebrekcurven; het verschil in teruggang van de opgenomen N- en K-hoeveelheden, afhankelijk van den bodemvoorraad, komt evenwel ook bij die voorstellingswijze duidelijk naar voren.

Wanneer men naar aanleiding van het bovenstaande de literatuurgegevens nader beschouwt, dan blijkt inderdaad, dat de opgetreden verliezen aan aanvankelijk opgenomen voedingsstoffen des te grooter zijn, naarmate de gehalten in de plant op het tijdstip van de maximale voedselopname hoger zijn. Een overmaat kali in den bodem leidt spoedig tot een teveel aan kali in de plant

en daardoor tot de mogelijkheid op verliezen aan het eind van den groei. Bij fosforzuur is dit in veel mindere mate het geval, aangezien de bewegelijkheid in bodem en plant veel kleiner dan bij kali is; verliezen treden hierbij dan ook zelden op. Overmatige stikstofopname bij grooten voorraad vindt men vooral aan het begin van den groei; hoewel in mindere mate dan bij kali kunnen de verliezen toch aanzienlijk zijn.

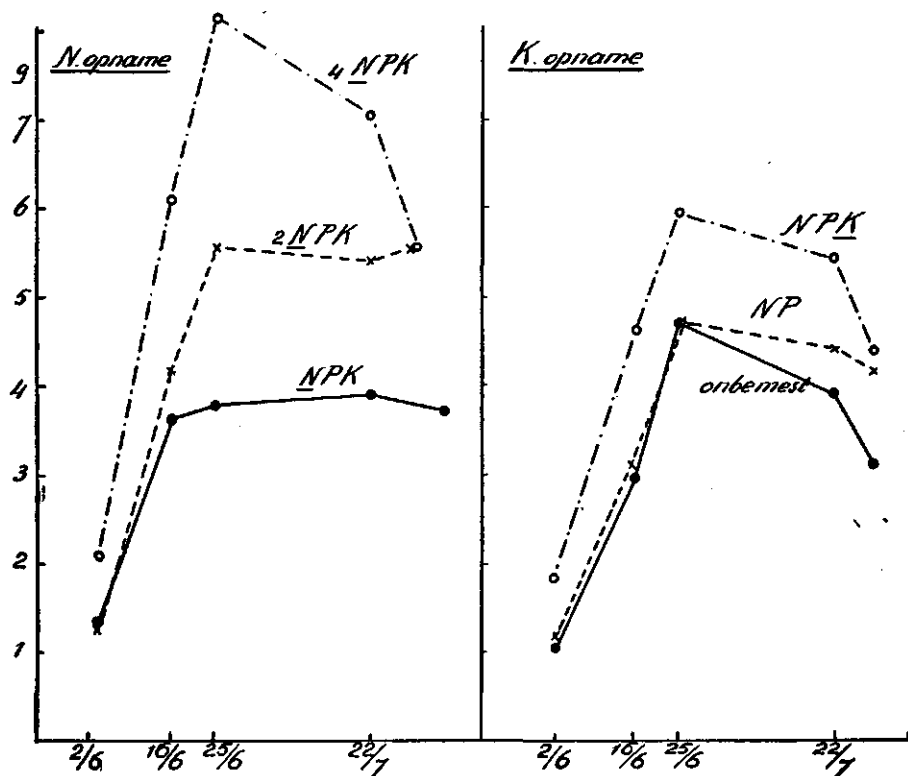


Fig. IV

Stikstof- en Kali-opname bij Zornigerst met verschillende Bemesting (SEKERA (36))
(Stickstoff- und Kali-Aufnahme bei Sommergerste mit verschiedener Düngung)

Bij de bespreking der literatuur hebben wij er reeds op gewezen, dat vele onderzoekers zich hebben bezig gehouden met de vraag hoe deze verliezen aan voedende bestanddeelen teweeg gebracht worden. Het feit, dat bij potproeven, die niet aan atmosferische invloeden zijn blootgesteld en waarbij verliezen door bladafval e.d. worden voorkomen, de teruggang aan N, K of P gewoonlijk geringer is dan bij veldproeven, wijst in de richting van uitspoelen en mechanische verliezen. Anderzijds is een dergelijke teruggang ook geconstateerd

bij veldproeven, waarbij geen regenval in de periode van voedselverlies plaats vond, en bij exacte potproeven, waarbij uitspoeling of bladafval niet kon plaats grijpen. Men zal dus speciaal voor granen, peulvruchten en andere zaadplanten, waarbij deze verliezen in de eerste plaats gevonden worden, wel moeten aannemen, dat naast uitspoeling, die door verschillende onderzoekers is geconstateerd, ook een teruggang van voedingsstoffen door de wortels naar den grond mogelijk is. Het komt ons voor, dat *het wel of niet optreden van uitspoeling of verliezen aan plantendeelen en daarmede aan voedingsstoffen grootendeels door de klimatologische omstandigheden zal beïnvloed worden, terwijl het wel of niet teruggaan van stoffen door de wortels naar den grond vooral afhankelijk zal zijn van de hoeveelheid in de plant aanwezige voedingsstoffen en de verhoudingen hiervan tot de in den grond aanwezige voorraden van de betreffende stof.*

Uit bovenstaande algemeene beschouwingen naar aanleiding van de verzamelde literatuurgegevens is in de eerste plaats naar voren gekomen, dat er een zeer nauw verband bestaat tusschen de relatieve curven der voedselopname en de curven, die de relatieve productie der droge stof aangeven. Aangezien het verloop van deze droge stofcurven een functie is van de wijze van groeien van een gewas, maar tevens zeer sterk beheerscht wordt door de groeiomstandigheden, en in het bijzonder door het klimaat, volgt hieruit, dat ook de relatieve voedselopname-curven grootendeels van deze factoren afhankelijk zijn. De invloed van bemesting en beschikbaren voorraad aan voedingsstoffen in den grond komt in het verloop der relatieve voedselopname-curven slechts in zooverre tot uiting, dat hiermede het tijdstip van het bereiken van een maximum in de opname en de eventueel hierna optredende verliezen samenhangen.

Voor een samenvattende beschouwing, waaruit men gemiddelde lijnen wil afleiden, zooals wij in deze verhandeling doen, is men aangewezen op de relatieve waarden. De absolute cijfers, waarop al deze relatieve curven betrokken worden, zullen van geval tot geval vrijwat uiteen kunnen loopen, waarbij bodemvoorraad en natuurlijk ook het klimaat vooral van beteekenis zijn.

De alles overheerschende invloed van de weersomstandigheden op de wijze van voedselopname tijdens den groei maakt het onmogelijk andere dan globale curven als gemiddelde voor verschillende gewassen aan te geven. In het volgend hoofdstuk zullen deze gemiddelde gegevens voor de voornaamste gewassen afzonderlijk beschouwd worden.

HOOFDSTUK II

Gemiddelde gegevens over de opname van stikstof, fosforzuur en kali
door verschillende gewassen*A. Toelichting bij grafieken en tabellen*

Na hetgeen in hoofdstuk I in het algemeen over het verloop der groei-curven is medegedeeld, worden in dit hoofdstuk de globale gemiddelde gegevens, die voor de verschillende gewassen in grafieken en tabellen zijn weergegeven, nader toegelicht.

Over de wijze van samenstellen van grafieken en tabellen kan het volgende worden opgemerkt.

Voor de samenvatting werden slechts die gewassen uitgekozen, die voor den Nederlandschen Landbouw van voldoende belang geacht kunnen worden en waarvan tevens een voldoende aantal (tenminste 5) onderzoekingen over het verloop der opname van voedende bestanddeelen in de literatuur beschikbaar waren. De meeste gegevens vonden wij voor de gewassen zomergerst en aardappelen. Van de peulvruchten zijn stamboonen het vaakst onderzocht; om de figuren niet te vol te maken, is geen gemiddeld materiaal voor erwten en veldboonen opgenomen, waarvan de curven vermoedelijk geen belangrijke verschillen met die der stamboonen vertoonen. Terwijl van de voornaamste graansoorten met uitzondering van wintergerst vrijwat materiaal is verzameld, vindt men bij de hakvruchten behalve over aardappelen slechts genoeg gegevens voor suikerbieten. Voor groenvoedergewassen in het bijzonder klaver, waarvan wij ook gaarne een voorbeeld in deze grafieken hadden vermeld, bleek maar weinig materiaal ter beschikking te staan, zoodat hiervan afgezien moest worden. In tabel II hebben wij de namen van de auteurs, waarvan de onderzoekingen bruikbaar materiaal voor deze samenvatting leverden.

Alle gegevens van stikstof-, fosforzuur- en kali-opname benevens van de droge stofproductie gedurende den groei zijn nu omgerekend in procenten van de maximum-opname, die steeds op 100 is gesteld. Deze relatieve cijfers van verschillende onderzoekingen zijn voor elk bestanddeel en voor elk gewas afzonderlijk als functie van de data, waarop de monsters voor chemisch onderzoek zijn genomen, in een grafiek uitgezet. Door de lijnen werd nu in elke grafiek een gemiddelde lijn geteekend; hierbij werd rekening gehouden met eventuele abnormale omstandigheden, die in sommige gevallen een ligging van de curven heeft veroorzaakt, die zeer ver buiten het gemiddelde valt; dergelijke abnormaal verloopende curven werden niet in aanmerking genomen bij het teekenen van de gemiddelde lijn. Alle gegevens, die in deze grafieken zijn verwerkt, hebben uitsluitend betrekking op proefobjecten, die normaal met stikstof,

fosforzuur en kali zijn bemest. Alle cijfers zijn verder betrokken op de totale hoeveelheid geoogst materiaal, dus b.v. korrel en stroo bij granen, biet en loof bij bieten; niet geoogste wortelmasa is buiten beschouwing gelaten.

TABEL II

W.rogge.	W.tarwe.	Z.gerst.	Haver.
RÉMY 3 j. (27) SCHULTZE (34) QUITZAU 3 j. (25)	ADORJAN (1) KNOWLES (12) LIEBSCHER (16) (samenenv.) QUITZAU 3 j. (25) SCHULTZE (34) VINCENT (38)	LEBRUN (15) LIEBSCHER (16) (samenenv.) PFEIFFER 3 j. (23) RÉMY (28) (samenenv.) SCHLESIER 3 j. (32) VINCENT (39) WILFAHRT (45)	GAROLA (5) LEBRUN (15) LIEBSCHER (16) (samenenv.) SCHLESIER 3 j. (32) VINCENT (40)

Z.tarwe.	Stamboon.	Aardappelen.	Suikerbieten.
MASCHHAUPT (18) SCHLESIER 3 j. (32) WILFAHRT (45)	FEST 2 j. (4) PFEIFFER 2 j. (24) SCHLESIER 3 j. (32)	HASELHOFF (7) HECKE (8) LIEBSCHER (16) (samenenv.) MASCHHAUPT (17) RÉMY (28) (samenenv.) SCHLESIER 3 j. (32) VINCENT (41) WILFAHRT (45)	KNOWLES (13) MASCHHAUPT (19) SCHLESIER 3 j. (32) WAGNER (43)

Zooals reeds in het vorige hoofdstuk is besproken, loopt de voedselopname van onder normale omstandigheden gegroeide planten bij de verschillende onderzoekingen en ook van jaar tot jaar bij onderzoek op eenzelfde terrein sterk uiteen. Men kan daarom aan de curven, die het gemiddelde weergeven van een vrij heterogeen materiaal, slechts zeer globale waarde hechten en moet erbij bedenken, dat voor een bepaald geval afwijkingen van 10—15 % in de richting van de horizontale as ook onder normale omstandigheden zeer goed mogelijk kunnen zijn. Daarom is er onzes inziens ook geen bezwaar tegen, om de gemiddelde lijnen als regelmatig verloopende, vloeiende curven te trekken. In een speciaal geval zal weliswaar de droge stofproductie en de opname der voedingsstoffen slechts zelden op een dergelijke regelmatige wijze verlopen, als door de gemiddelde lijnen is aangegeven, maar het blijkt onmogelijk te

zijn, om nadere details ook in het verloop van een gemiddelde lijn tot uiting te doen komen.

De gemiddelde relatieve curven, die op deze wijze zijn verkregen, hebben wij afzonderlijk voor droge stof, stikstof, fosforzuur en kali telkens voor alle gewassen tezamen, in vier grafieken V—VIII verzameld. Behalve in deze grafische voorstellingen der relatieve cijfers hebben wij de gegevens ook, uitgedrukt in absolute waarden, op twee wijzen weergegeven, n.l. grafisch in de figuren IX—XVI en in tabelvorm in de tabellen IV—VII (achter deze verhandeling geplaatst). Voor het verkrijgen van de in deze tabellen vermelde cijfers, zijn eerst uit de betreffende publicaties gegevens verzameld over de hoeveelheid droge stof bij den oogst en over de totale opgenomen hoeveelheden aan N, P en K; deze cijfers zijn vergeleken met Nederlandsche gegevens, die o.a. zijn berekend door OTTEN (22). Bij deze berekening is door OTTEN gebruik gemaakt van gemiddelde opbrengstcijfers en van gewasanalyses, die hoofdzakelijk zijn ontleend aan de tabellen, die hierover in 1934 door het RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN zijn uitgegeven (31).

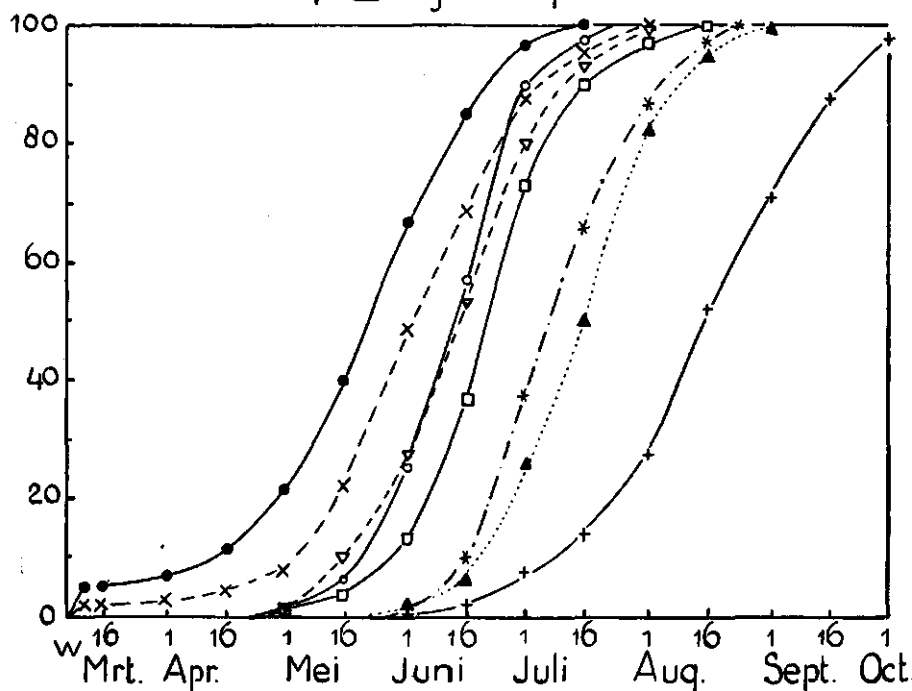
Nadat uit al deze bronnen voor de hier behandelde gewassen voor ons land bruikbare opbrengst- en onttrekkingscijfers zijn vastgesteld, zijn de relatieve waarden, die in de grafieken op de eerste en zestiende van elken maand zijn geteekend, betrokken op deze bij den oogst geldende cijfers en in absolute cijfers omgerekend. Deze waarden vindt men in de tabellen IV—VII.

Om een duidelijk beeld te krijgen van de productie aan droge stof en de opname van N, P en K gedurende de verschillende perioden van den groei, zijn uit de cijfers der tabellen IV—VII de geproduceerde en opgenomen hoeveelheden per halve maand berekend en voor elk der gewassen afzonderlijk in de figuren IX—XVI weergegeven. De punten, die voor droge stof in quintalen per hectare en voor N, P en K in kilogrammen per hectare telkens na een halve maand de toename in dat tijdvak aangeven, zijn hierin ter verduidelijking door lijnen verbonden.

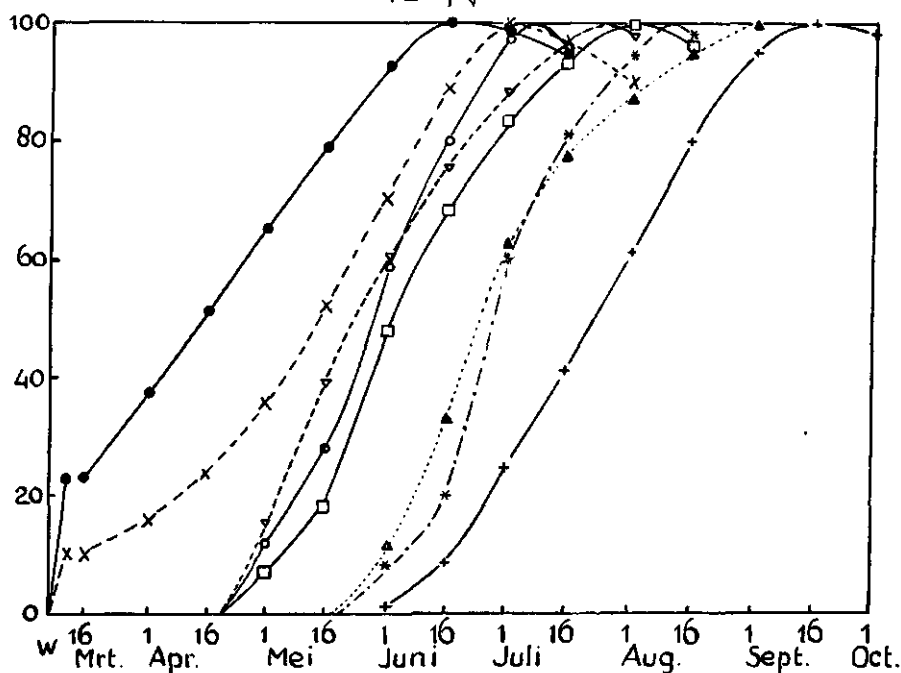
B. Bespreking van de verkregen gemiddelde waarden

Bij een vergelijkende beschouwing van de vier grafieken der relatieve cijfers ziet men duidelijk, dat het verloop van de curven voor de opname van N, P en K voor de verschillende gewassen onderling telkens ongeveer hetzelfde beeld vertoont als het verloop van de droge stofproductie. Na hetgeen over het verband tusschen voedselopname en droge stofproductie in hoofdstuk I is vermeld, zal dergelijke overeenstemming in de curven geen verwondering wekken. Men ziet duidelijk, dat de curven voor stikstof- en kali-opname voor alle gewassen een grooteren voorsprong op de droge stofcurven hebben dan de curve voor fosforzuuropname, maar overigens vindt men het onder-

v Droge Stof



VI N

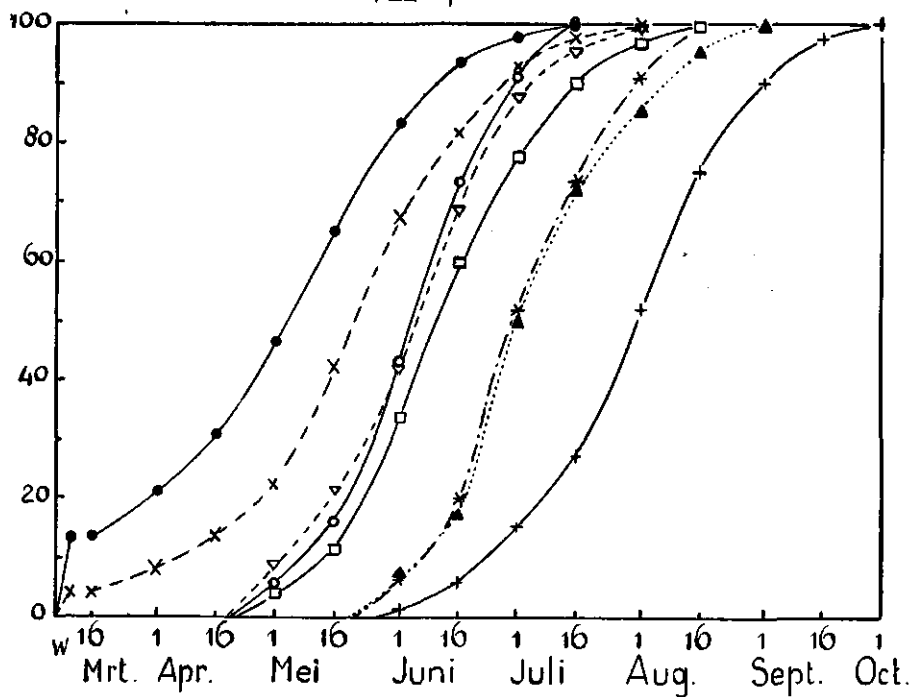


- ————— ● W interrogge (Winterroggen.) ○ ————— ○ Zomergerst. (Sommergerste).
 x - - - - - x Wintertarwe (Winterweizen). ▽ - - - - - ▽ Haver. (Hafer).

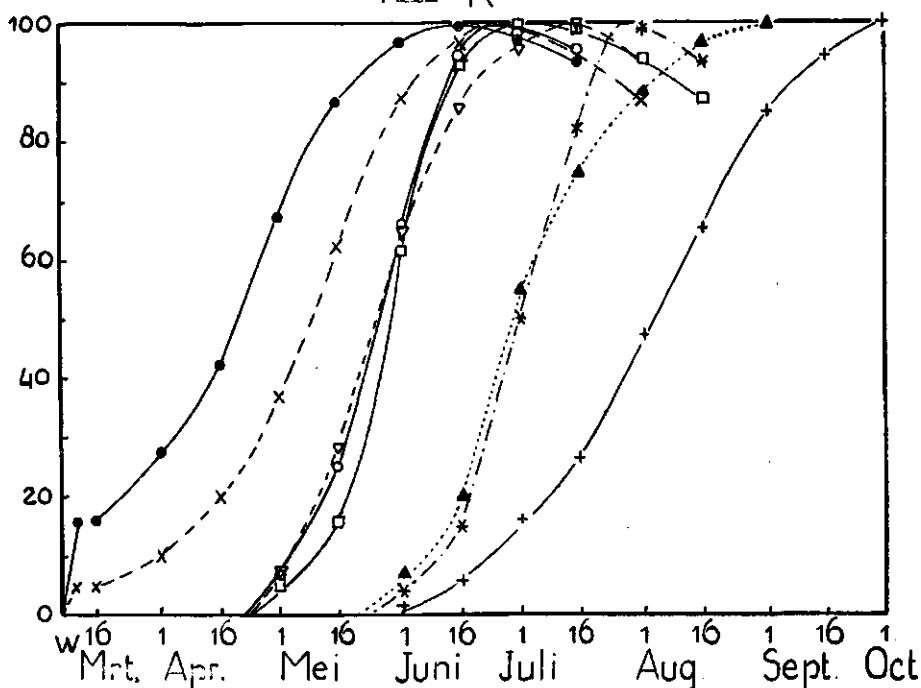
Fig. V—VIII

Relatieve curven voor droge stofproductie en opname van stikstof, fosforzuur en kali.

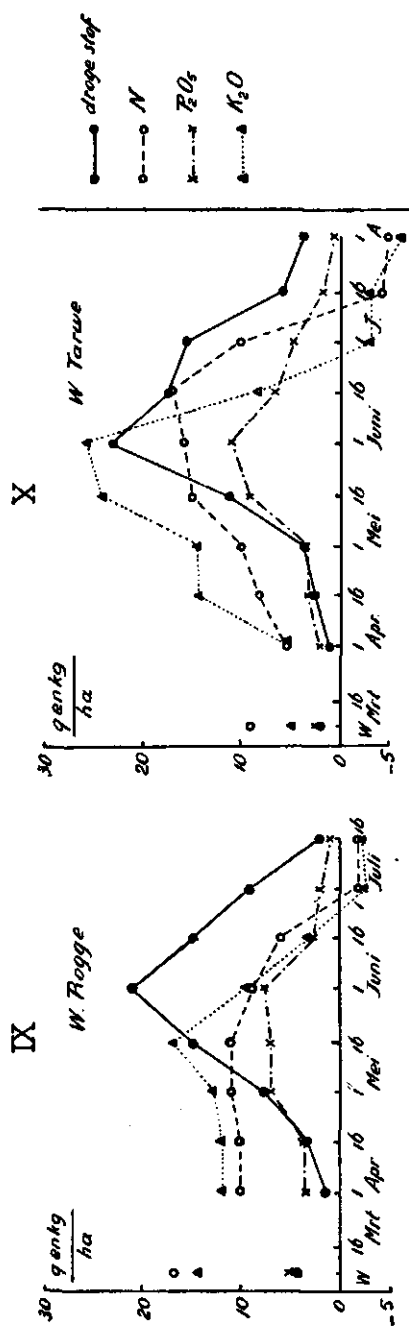
VII P



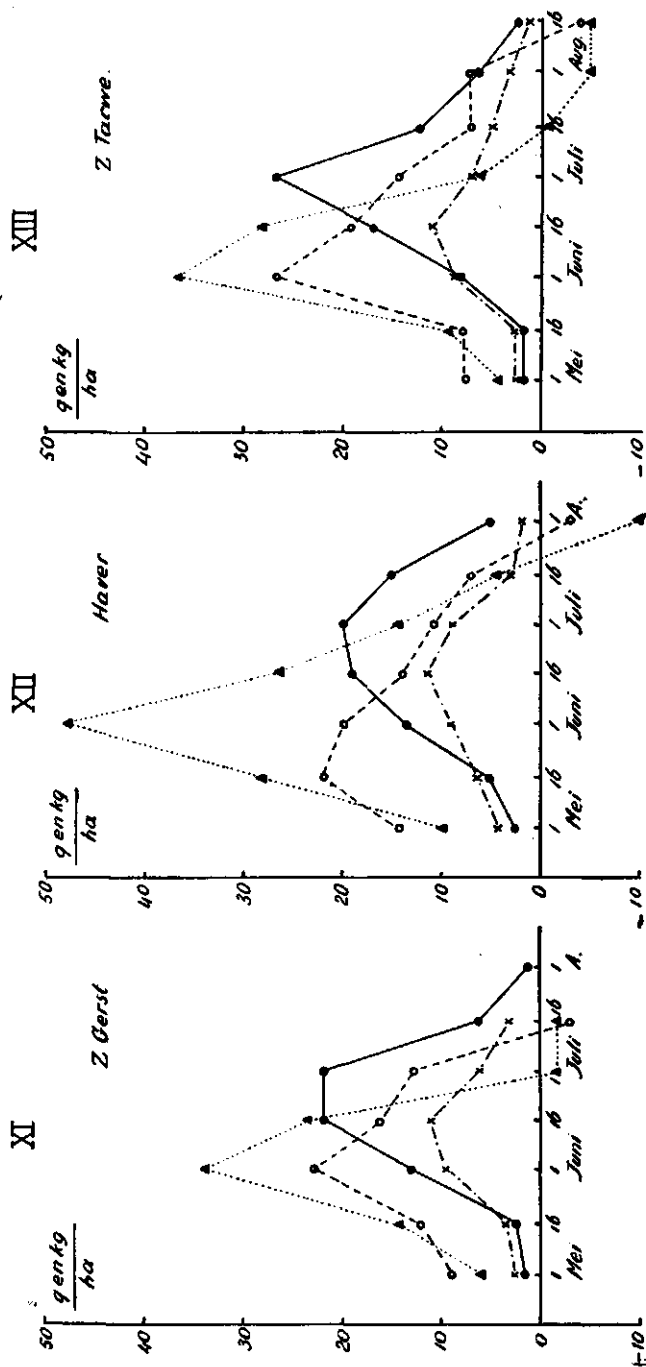
VIII K



- — — — — □ Zomertarwe (Sommerweizen).
 × — — — — × Stamböonen (Stamböonen).
 + — — — — + Aardappelen. (Kartoffeln).
 ▼ — — — — ▼ Suikerbietten. (Zuckerrüben).
 (Relative Kurven für Trockensubstanzproduktion und Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kali-Aufnahme).



(28) A 28



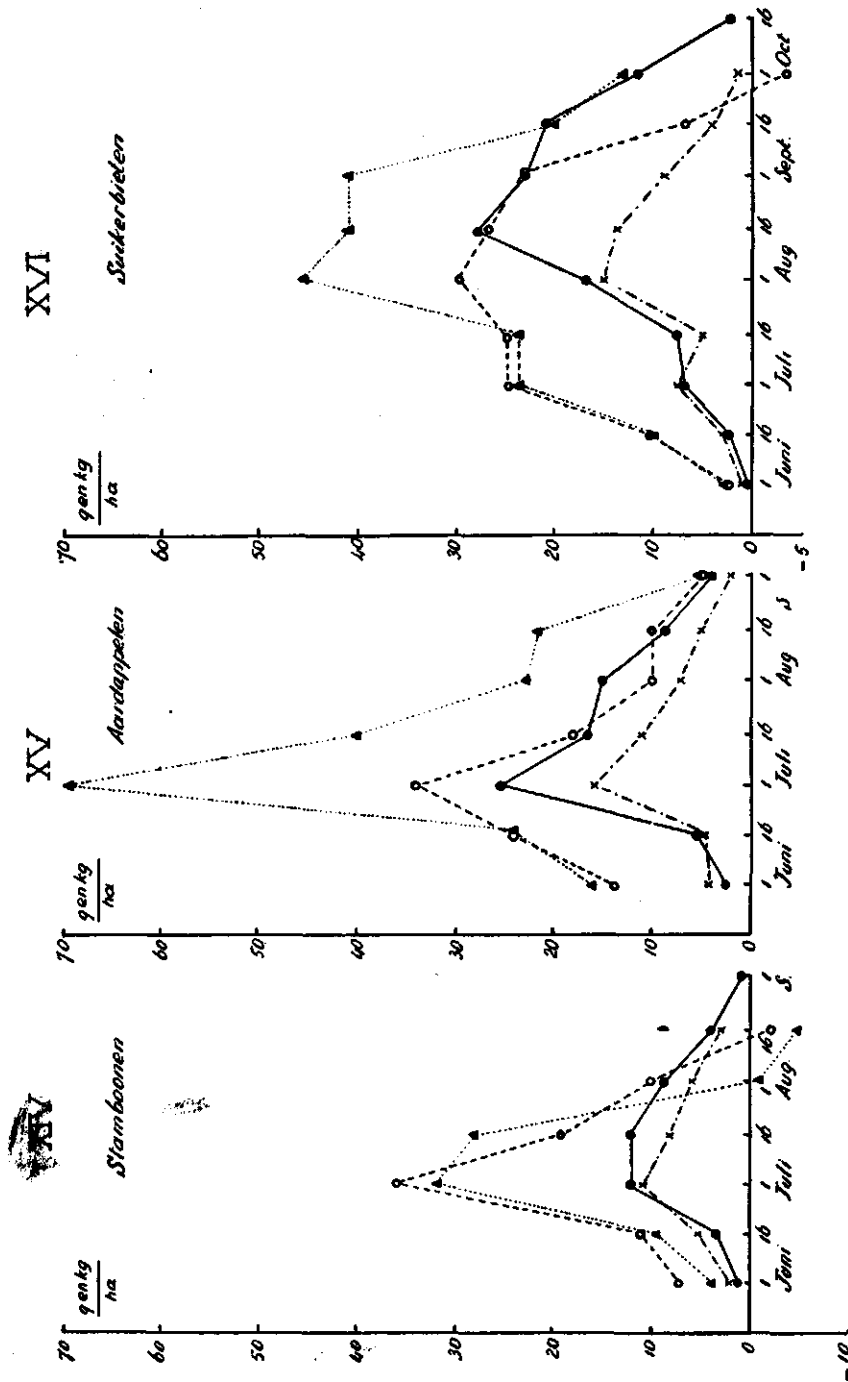


Fig. IX—XVI

Droge stofproductie in q/ha en opname van stikstof, fosforzuur en kali in kg/ha per halve maand gedurende den groei.
 (Trockensubstanzproduktion in dz/ha und Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kali-Aufnahme halbmönatlich während des Wachstums).

scheid in helling van de lijnen in grafiek V van de droge stofproductie eveneens in de andere grafieken in groote trekken weer terug.

Om de samenhang tusschen droge stof en de andere curven duidelijk te doen uitkomen, hebben wij in figuur XVII voor zomergerst en voor aard-appelen de vier relatieve curven voor droge stof, stikstof, fosforzuur en kali nog eens gecombineerd. Men ziet hieruit het beeld, dat zich vrijwel zonder uitzondering bij alle gewassen herhaalt, n. l. dat in het begin van de groeiperiode de stikstofopname den grootsten voorsprong krijgt. Wat later begint bij gerst de kalicurve zoo sterk te stijgen, dat deze over de stikstofcurve heen loopt; bij de granen bereikt als regel eerst de kalicurve en daarna de stikstofcurve het maximum en treedt daarna vaak een duidelijk verlies aan deze bestanddeelen op; bij den aardappel is het vooruitloopen der kalicurve wat minder geprononceerd; er treedt gewoonlijk geen verlies aan kali en stikstof op, terwijl misschien ook daardoor het maximum voor deze bestanddeelen niet eerder wordt bereikt dan van de droge stofcurve. De fosforzuurcurve houdt als regel min of meer het midden tusschen kali- en stikstofcurven eenerzijds en droge stofcurve anderzijds; verliezen aan fosforzuur aan het einde van den groei treden minder vaak op, terwijl het maximum van de opname voor de meeste gewassen ongeveer samenvalt met dat der droge stofproductiecurve.

In het vorige hoofdstuk hebben wij uitvoerig het vraagstuk der verliezen aan voedende bestanddeelen besproken en daarbij de verschillende factoren, die de grootte van deze eventuele verliezen kunnen beïnvloeden. Bij het teekenen van de gemiddelde lijnen stonden wij nu o. a. voor de moeilijkheid, of men het optreden van verliezen als een normaal verschijnsel moet beschouwen en zoo ja, welke grootte men dan gemiddeld aan deze verliezen moet toekennen. Op grond van de gegevens, aan de literatuuropgaven ontleend, krijgt men den indruk, dat over het algemeen bij de fosforzuuropname deze verliezen zelden optreden en bij een eventueel optreden meestal van geringen omvang zijn. In de gemiddelde curven hebben wij daarom geen teruggang van fosforzuur aangegeven. Voor stikstof en kali is de kans hierop blijkbaar veel grooter, waarbij in het algemeen de kaliverliezen die van stikstof overtreffen. Het regelmatigst vindt men deze verliezen bij granen en peulvruchten, veel zeldener bij de hakvruchten; de aangegeven dalingen in de gemiddelde kali- en stikstofcurven zijn met deze ervaringen in overeenstemming gebracht. Tenslotte moeten wij er nog op wijzen, dat bij een aantal onderzoeken ook verliezen in de hoeveelheid geproduceerde droge stof zijn geconstateerd, waarbij in de eerste plaats aan bladafval moet gedacht worden; deze zijn gewoonlijk slechts klein, zoodat wij die bij het teekenen der gemiddelde curven buiten beschouwing hebben gelaten.

Beschouwen wij nu nog de gemiddelde droge stofproductie en voedsel-

opname voor de verschillende gewassen afzonderlijk. Wij doen dit aan de hand van de absolute cijfers, die voor elke halve maand in de figuren IX—XVI zijn weergegeven.

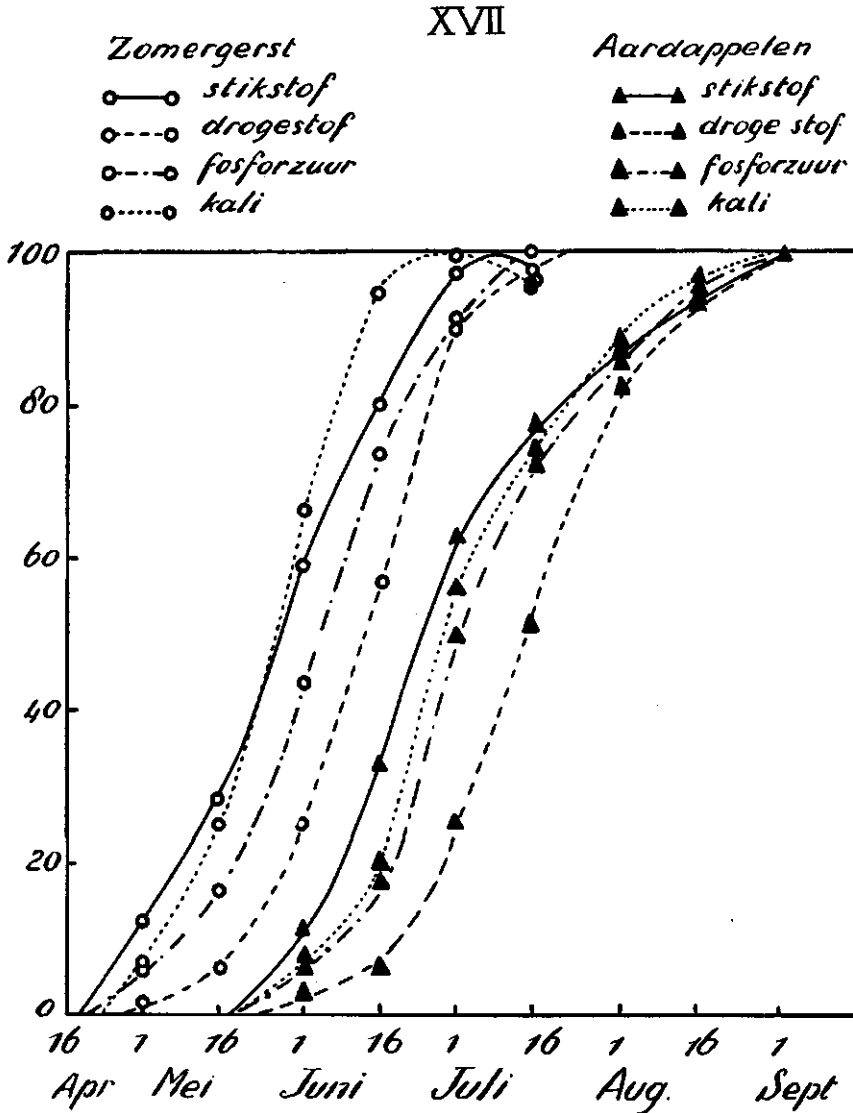


Fig. XVII

Relatieve curven voor droge stofproductie en opname van stikstof, fosforzuur en kali
 (Relative Kurven für Trockensubstanzproduktion und Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kali-Aufnahme bei Sommergerste und Kartoffel)

Bij *winterrogge* ziet men, dat vóór den winter (in de figuur aangegeven door W) reeds een aanzienlijke hoeveelheid vooral van stikstof en kali is opgenomen. Tijdens den groei in het voorjaar, inzettend ongeveer half Maart, verloopt de opname van N, P en K vrij constant; in de eerste helft van Mei bereikt de K-opname een top, terwijl de fosforzuur-opname en droge stof-productie in de tweede helft van Mei het snelst verlopen. Daarna gaat de productie en opname voor alle bestanddeelen in een langzaam tempo, terwijl tegen het einde der groeiperiode veelal verliezen van N en K optreden.

Wintertarwe vertoont in groote trekken wel een zelfde beeld als rogge, maar de ontwikkeling vóór den winter en parallel daarmee de opname der voedingsstoffen is veel geringer; de voorjaarsgroei is van half April dan krachtiger dan bij rogge met een uitgesproken maximum voor droge stof-productie en voor K- en P-opname tegen eind Mei. Daarna zien wij min of meer eenzelfde verloop als bij rogge.

De drie zomergranen *zomergerst*, *haver* en *zomertarwe* kunnen wij gelijktijdig beschouwen. Het karakteristieke beeld voor deze gewassen is de snelle K- en N-opname in de tweede helft van Mei en de snelle productie van droge stof eind Juni. Bij gerst met de kortste groeiperiode neemt de droge stofproductie en de voedselopname na het bereiken van de maxima snel af en bereikt spoedig het einde. Bij haver valt de veel grootere kaliopname in vergelijking met de andere granen op; het kaliverlies aan het einde van den groei kan bij dit gewas aanzienlijk zijn. Evenals bij zomertarwe verloopt het laatste deel van den groei bij haver langzaam.

Bij *stamboonen* ziet men in tegenstelling met de granen, dat de stikstof-opname in de periode van den snelsten groei (eind Juni) de kali-opname overtreft; het maximum in de hoeveelheid geproduceerde stof per halve maand is ten opzichte van de opname van N, P en K laag en weinig uitgesproken.

Bij *aardappelen* ¹⁾ zet de periode van snelsten groei en voedselopname evenals bij boonen in de tweede helft van Juni in; de kali-opname in dezen tijd overtreft de maxima van alle andere gewassen verre; na half Juni verloopt de groei zeer geleidelijk.

Bij *suikerbieten* ziet men een beeld, dat in zijn vorm der lijnen het meest aan die van wintertarwe doet denken; de absolute cijfers zijn hierbij evenwel veel hooger dan bij wintertarwe. Evenals bij wintertarwe is de groeiperiode lang en het groeiverloop geleidelijk met duidelijke toppen in droge stofproductie en kali-opname.

Een belangrijk verschil tusschen de figuren van aardappelen en suiker-

¹⁾ De hier gegeven cijfers en curven hebben betrekking op een niet vroege consumptie-aardappel met hooge opbrengst, zooals b.v. Eigenheimer.

bieten eenerzijds en de granen en boonen anderzijds is gelegen in het verloop van de kali-curve. Terwijl de kali-opname per halve maand bij granen en peulvruchten in de tweede helft van den groei sterk terugloopt en in kilogrammen daalt onder de droge stofproductie uitgedrukt in quintalen, ziet men in het algemeen bij hakvruchten nog een aanzienlijke kali-opname in de tweede helft van den groei. Dit vindt zijn oorzaak in de, in verhouding met de vegetatieve ontwikkeling, grootere productie van reservevoedsel bij de hakvruchten. Tot het einde van den groei worden hierbij aanzienlijke hoeveelheden kali en in mindere mate ook andere voedingsstoffen naar de onderaardsche reserve-organen gevoerd, terwijl bij granen en peulvruchten het transport van reservevoedsel van het stroo naar den korrel in het algemeen van geringeren omvang blijft dan bij de hakvruchten. Verliezen aan voedingsstoffen, speciaal aan kali treden dan ook bij aardappelen en bieten in tegenstelling met de granen en boonen zelden op.

Tenslotte vergelijken wij in het kort de uiteenlopende hoeveelheden, die de verschillende gewassen op een bepaald tijdstip van elk der drie voornaamste voedingsstoffen uit den grond hebben opgenomen. Men raadplege hiervoor de achteraan geplaatste tabellen V—VII (blz. 48 en 49). Een aardig beeld hiervan krijgt men door een „dwarsdoorsnede” door deze tabellen te maken, op b. v. twee data, welke wij hier in tabel III laten volgen.

TABEL III ¹⁾*Opgenomen hoeveelheid N, P en K in kg/ha*

Gewas.	W. rogge-	W. tarwe.	Z. gerst.	Haver.	Z. tarwe.	Stam- boon.	Aard. appelen.	Suiker- bieten.
<i>Tijdstip.</i>								
<i>Stikstof.</i>								
1 Juni . .	68	63	44	56	43	7	14	2½
1 Augustus	(70)	86	(72)	89	90	83	100	93
<i>Fosforzuur.</i>								
1 Juni . .	34	30	15	19	13	2	4	1
1 Augustus	(40)	45	(35)	45	39	32	43	31
<i>Kali.</i>								
1 Juni . .	87	88	54	86	56	3½	16	3
1 Augustus	(85)	88	(76)	120	83	89	172	106

¹⁾ De tusschen haakjes geplaatste cijfers voor w.rogge en z.gerst op 1 Augustus geven aan het gewas dan al geogost is.

Bij de *stikstofopname* ziet men op 1 Juni de wintergranen nog bovenaan, hoewel haver hierbij slechts weinig achterstaat; bij boonen en bieten heeft de opgenomen stikstofhoeveelheid dan nog weinig te beteekenen. Op 1 Augustus

zijn de verschillen merkwaardig gering; de hakvruchten staan nu bovenaan, zomergranen, wintertarwe en boonen bevatten slechts weinig minder stikstof, terwijl de juist geoogste winterrogge en zomergerst wat minder stikstof van het veld hebben medegenomen.

Bij de *fosforzuuropname* is het verschil tusschen winter- en zomergraan op 1 Juni nog aanzienlijk, terwijl boonen en hakvruchten dan practisch nog geen fosforzuur hebben opgenomen; evenals bij stikstof zijn op 1 Augustus de verschillen kleiner geworden, wintertarwe en haver staan met 45 kg bovenaan gevolgd door aardappelen; de andere granen hebben dan 35—40 kg opgenomen, terwijl bieten en boonen met ruim 30 kg achteraan komen.

De *kali-opname* is bij de wintergranen op 1 Juni al grootendeels beëindigd; tusschen 1 Juni en 1 Augustus ligt hierbij een maximum. Bij de zomergranen ziet men bij haver op 1 Juni reeds duidelijk een voorsprong boven de beide andere; bij aardappelen begint op dat tijdstip de kali-opname van beteekenis te worden; bij boonen en suikerbieten is nog weinig opgenomen. Op 1 Augustus staan de aardappelen ver boven de andere gewassen, wat kali-opname betreft, dan volgen haver en vervolgens suikerbieten, die op dit tijdstip nog pas de helft van hun kalivoorraad hebben opgenomen. Boonen en overige granen hebben evenals haver al voor dien tijd hun maximum bereikt en als regel zijn er hierbij op 1 Augustus weer duidelijk verliezen aan kali opgetreden.

Slot

Wij meenen met deze korte toelichting en bespreking van de tabellen en grafieken te kunnen volstaan. Evenals bij tabellen betreffende gemiddelde gehalten aan bepaalde bestanddeelen in verschillende gewassen en over de onttrekking van deze bestanddeelen aan den grond, moet men *de waarde en de beteekenis van de hier gegeven cijfers in de eerste plaats zien als een aanknoopingspunt voor algemeene beschouwingen en berekeningen en niet zoozeer als exacte gegevens, waarop men voor een bepaald geval als vaststaande cijfers mag teruggrijpen.*

In de inleiding hebben wij betoogd, dat het mogelijk leek, om uit de literatuurgegevens cijfers af te leiden omtrent het verloop der opname aan verschillende voedende bestanddeelen uit den grond, die voor ons land één bruikbare, zij het dan ook globale beteekenis hebben. Een hoogere eisch zal men aan dergelijke gemiddelde cijfers niet behoeven en ook nooit kunnen stellen. De afwijkingen van het gemiddelde in elk speciaal geval kunnen, zooals wij gezien hebben, vooral onder klimatologische invloeden zoo groot zijn, dat een nauwkeuriger vaststellen van gemiddelde cijfers niet mogelijk is en ook geen zin heeft. Wil men voor bepaalde omstandigheden nader ingelicht worden,

dan zal er weinig anders opzitten dan een onderzoek op te zetten op de wijze als dit in alle hier verwerkte onderzoeken is geschied, n. l. door het bepalen van de opbrengst en het chemisch onderzoeken van monsters op een aantal perioden tijdens den groei van het gewas.

De beteekenis en de gelegenheid tot gebruik van deze tabellen zal vooral tot uiting komen bij berekeningen en beschouwingen over de wijze van opnemen en over de hoeveelheid opgenomen voedende stoffen onder een bepaalden toestand van voedselvoorziening van de plant door den bodem. Omdat wij gezien hebben, dat het verloop der relatieve curven bij wijzigingen in den voedselvoorraad in den grond slechts weinig behoeft te veranderen, zal men in vele gevallen, wanneer men bij verschillende bemestingen het eventueele onderscheid in de totale hoeveelheid opgenomen voedingsstof kent, door extrapolatie aan de hand van de hier gegeven grafieken, deze hoeveelheid op een bepaald tijdstip van den groei kunnen berekenen. Dergelijke gegevens zullen van nut kunnen zijn bij de berekening van rendement en werking van een bepaalde bemesting.

Tenslotte komt het ons voor, dat *een samenvatting als deze van de belangrijkste gegevens, die in de literatuur zijn verspreid, de waarde van al deze onderzoeken als deel van al het verrichte onderzoek over dit onderwerp kan doen stijgen*. Al te zeer valt het in de landbouwkundige literatuur op, hoe weinig de meeste onderzoekers kennis nemen van de reeds bestaande literatuur over een onderwerp en hoe vaak zij geneigd zijn, een onderzoek in vrijwel identieke vorm en vaak ook met vrijwel gelijk resultaat te verrichten, als reeds eerder door een ander werd gedaan.

TABEL IV

Verloop der droge stofproductie gedurende den groei in quintalen per hectare

Tijdstip van bemonstering.	Gewas.							
	W. rogge.	W. tarwe.	Z. gerst.	Haver.	Z. tarwe.	Stam-boon.	Aard-appelen.	Suiker-bieten.
Begin voor-jaarsgroei	—	—	—	—	—	—	—	—
16 Maart . .	4	1½	—	—	—	—	—	—
1 April . . .	5½	2½	—	—	—	—	—	—
16 April . . .	8½	5	—	—	—	—	—	—
1 Mei	16	8	1½	2½	1½	—	—	—
16 Mei	31	19	4	7½	3	—	—	—
1 Juni	52	42	17	21	11	1	2½	½
16 Juni	67	59	39	40	28	4	7½	2½
1 Juli	76	75	61	60	55	16	33	9½
16 Juli	78	81	67	70	67	28	50	17
1 Augustus . .	geoogst	85	geoogst	75	73	37	65	34
16 Augustus . .	—	geoogst	opbr.	geoogst	75	41	76	62
1 September . .	—	—	68 q	—	geoogst	geoogst	80	85
16 September .	—	—	—	—	—	opbr.	geoogst	106
1 October . . .	—	—	—	—	—	42 q	—	118
16 October . .	—	—	—	—	—	—	—	120
								geoogst

TABEL V

Verloop der stikstofopname gedurende den groei in kilogrammen N per hectare

Tijdstip van bemonstering.	Gewas.							
	W. rogge.	W. tarwe.	Z. gerst.	Haver.	Z. tarwe.	Stam-boon.	Aard-appelen.	Suiker-bieten.
Begin voor-jaarsgroei	—	—	—	—	—	—	—	—
16 Maart . .	17	9	—	—	—	—	—	—
1 April . . .	27	14	—	—	—	—	—	—
16 April . . .	37	22	—	—	—	—	—	—
1 Mei	48	32	9	14	8	—	—	—
16 Mei	59	47	21	36	16	—	—	—
1 Juni	68	63	44	56	43	7	14	2½
16 Juni	74	80	60	70	62	18	38	13
1 Juli	72	90	73	81	76	54	73	38
16 Juli	70	86	72	88	83	73	90	63
1 Augustus . .	geoogst	81	geoogst	89	90	83	100	93
16 Augustus . .	—	geoogst	max. 75	geoogst	86	88	110	120
1 September . .	—	—	vóór 15	max. 92	geoogst	geoogst	115	143
16 September .	—	—	Juli	vóór 1	—	max. 90	geoogst	150
1 October . .	—	—	—	Aug.	—	vóór 15 Aug.	—	147
								geoogst

TABEL VI

*Verloop der fosforzuuropname gedurende den groei in
kilogrammen P_2O_5 per hectare*

Tijdstip van bemonstering.	Gewas.							
	W. rogge.	W. tarwe.	Z. gerst.	Haver.	Z. tarwe.	Stam- boon.	Aard- appelen.	Suiker- bieten.
Begin voor- jaargroei								
16 Maart . . .	5	2	—	—	—	—	—	—
1 April. . . .	8½	4	—	—	—	—	—	—
16 April. . . .	12	7	—	—	—	—	—	—
1 Mei	19	10	2½	4	2½	—	—	—
16 Mei	26	19	5½	10	4½	—	—	—
1 Juni	34	30	15	19	13	2	4	1
16 Juni	37	37	26	31	24	7	9	3½
1 Juli	39	42	32	40	31	19	25	11
16 Juli	40	44	35	43	36	26	36	16
1 Augustus . . .	geoogst	45	geoogst	45	39	32	43	31
16 Augustus . .	—	geoogst	—	geoogst	40	35	48	45
1 September . .	—	—	—	—	geoogst	geoogst	50	54
16 September .	—	—	—	—	—	—	geoogst	58
1 October . . .	—	—	—	—	—	—	—	60
								geoogst

TABEL VII

Verloop der kaliopname gedurende den groei in kilogrammen K_2O per hectare

Tijdstip van bemonstering.	Gewas.							
	W. rogge.	W. tarwe.	Z. gerst.	Haver.	Z. tarwe.	Stam- boon.	Aard- appelen.	Suiker- bieten.
Begin voor- jaargroei								
16 Maart . . .	14	5	—	—	—	—	—	—
1 April. . . .	26	10	—	—	—	—	—	—
16 April. . . .	38	24	—	—	—	—	—	—
1 Mei	61	38	6	10	4½	—	—	—
16 Mei	78	62	20	38	14	—	—	—
1 Juni	87	88	34	86	56	3½	16	3
16 Juni	90	97	77	112	84	13	40	13
1 Juli	87	97	78	126	90	45	110	35
16 Juli	85	94	76	130	89	73	150	59
1 Augustus . . .	geoogst	88	geoogst	120	83	89	172	105
16 Augustus . .	—	geoogst	max. 80	geoogst	79	85	195	146
1 September . .	—	max. 100	vóór 1	—	geoogst	geoogst	200	187
16 September .	—	vóór 1	Juli	—	—	max. 90	geoogst	207
1 October . . .	—	Juli	—	—	—	vóór 1 Aug.	—	220
								geoogst

S A M E N V A T T I N G

Bij een literatuurstudie over het verloop van de opname van voedende bestanddeelen bij verschillende gewassen te velde gedurende den groei bleek ons, dat er voor een aantal gewassen zooveel materiaal beschikbaar was, dat een samenvatting hiervan, rekening houdend met Nederlandsche omstandigheden van groei en bemesting, mogelijk was.

Een gecondenseerde samenvatting van de belangrijkste feiten kon neergelegd worden in acht grafieken en vier tabellen — de tabellen zijn aan het slot van deze verhandeling geplaatst, — waarin resp. relatieve en absolute cijfers voor de opname van stikstof, fosforzuur en kali benevens voor de productie van droge stof gedurende den groei bij acht gewassen zijn vermeld.

Aan deze samenvattende gegevens vooraf gaat een bespreking van de voornaamste literatuur benevens een beschouwing over de belangrijkste punten, die in verband met dit onderwerp door de verschillende onderzoekers ter sprake worden gebracht. Dit zijn voornamelijk de volgende punten.

1. *De verhouding van het verloop der relatieve curven voor de opname der voedingsstoffen tot het verloop der relatieve droge stof-productie curve.*

Het verloop van laatstgenoemde curve wordt in het algemeen als grootendeels afhankelijk beschouwd van de klimatologische omstandigheden, waaronder de groei plaats vindt. Er bestond echter eenig verschil van meening, of het karakteristieke vooruitloopen van de voedselopname-curven op de droge stof-curve bij diverse gewassen verschillen vertoont en of deze verschillen dan een voor elk gewas karakteristiek beeld zouden hebben.

Voortgezet onderzoek heeft geleerd, dat de verhouding van voedselcurven tot droge stof-curve bij alle gewassen een vrijwel gelijk beeld vertoont, aangezien de relatieve gehaltecijfers van N, P en K, waarvan deze verhouding afhankelijk is, bij alle gewassen op gelijke wijze vrij regelmatig dalen. De voedselopname wordt dus in eerste instantie door de wijze van droge stof-productie tijdens den groei beheerscht.

2. *De beteekenis van den voor het gewas beschikbaren voedselvoorraad in den grond op het verloop der voedselopname.*

Men is het er vrijwel over eens, dat de voedselvoorraad en bemestings-toestand van den grond wel een zeer grooten invloed hebben op de absolute hoeveelheid voedingsstoffen, die tijdens den groei worden opgenomen, maar niet op het verloop van het stijgende deel der relatieve curven, wanneer men de betreffende maxima op 100 stelt.

3. *De ligging van het maximum der relatieve voedsel-groecurven en de mogelijke verliezen aan voedende bestanddeelen aan het einde van den groei.*

Algemeen wordt gevonden, dat onder sommige omstandigheden vooral voor stikstof en kali de maxima een tijd voor het einde van den groei kunnen optreden en dat daarna soms aanzienlijke verliezen aan deze voedingsstoffen kunnen optreden. Omtrent de wijze, waarop deze verliezen tot stand komen, loopen de meeningen uiteen. Uitspoeling en verlies door bladafval vindt misschien de meeste aanhangers; anderen meenen, dat terugkeer uit de plant door de wortels naar den grond zeer goed kan optreden. Behalve klimatologische invloeden (regenval gedurende het einde van de groeiperiode) zal hierbij wel de beschikbare voedselvoorraad in den grond van belang zijn; een overmaat van één of andere stof, in het bijzonder kali of stikstof, zal kunnen leiden tot een grootere opname tijdens den groei, een eerder bereiken van het maximum en een grootere kans op verlies van een deel van den opgenomen voorraad, die als luxe-opname is te beschouwen.

Het feit, dat de mogelijkheid bestond, om een aantal onderzoeken, die onder zeer uiteenlopende omstandigheden zijn verricht, op bevredigende wijze tot gemiddelde gegevens samen te vatten, stemt tot voldoening over hetgeen door velen is bereikt bij onderzoeken over dit onderwerp, waarbij E. WOLFF en na hem G. LIEBSCHER — wiens klassieke verhandeling over dit onderwerp juist vijftig jaar geleden is verschenen — als de pioniers zijn te beschouwen.

ÜBER DEN VERLAUF DER AUFNAHME VON STICKSTOFF, PHOSPHORSÄURE UND KALI BEI VERSCHIEDENEN GEWÄCHSEN AUF DEM FELDE

VON

DR. TH. B. VAN ITALLIE

ZUSAMMENFASSUNG

Bei einer Zusammenfassung der Literatur über die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Nährstoffaufnahme während des Wachstums bei einigen wichtigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen stellte es sich heraus, dass das zur Verfügung stehende Material genügend war um eine Zusammenfassung in Form von Tabellen und Linienfiguren zu ermöglichen, welche ein gutes Bild über die Unterschiede in Nährstoffaufnahme bei den verschiedenen Pflanzen vermögen zu geben.

Die in Bezug auf Niederländische Kulturverhältnisse wichtigsten Ergebnisse (siehe Tabelle II auf Seite 36) findet man zuerst in den Figuren V—VIII (siehe Seite 38 u. 39), wo zusammenfassend die relativen Kurven (Maximum auf 100 gestellt) für Trockensubstanzbildung und N-, P- und K-Aufnahme gegeben werden, weiter in den Figuren IX—XVI (siehe Seite 40 u. 41), wo für jedes Gewächs die halbmonatliche Produktion an Trockensubstanz in dz pro Hektare und die aufgenommene Menge an N, P_2O_5 und K_2O in kg pro Hektare sind eingetragen; diese letzteren Zahlen findet man auch gesondert für Trockensubstanz, N, P_2O_5 und K_2O in den Tabellen IV—VII (siehe Seite 48 u. 49). Einen Querschnitt durch diese Tabellen findet man in Tabelle III (siehe Seite 44), wo die Nährstoffaufnahme in zwei Punkten der Wachstumsperiode, 1 Juni und 1 August, verglichen wird, während in Figur XVII (siehe Seite 43) die relativen Werte aus den Figuren V—VIII für Sommergerste und Kartoffel zusammengestellt sind. Anschliessend an diese Figuren und Tabellen findet man im zweiten Abschnitt eine kurze Besprechung von den hier zusammengefassten Ergebnisse.

Im ersten Abschnitt wird zuerst eine Literaturübersicht gegeben und dann eine zusammenfassende Betrachtung über die fundamentalen Beziehungen bei der Nährstoffaufnahme aus dem Boden.

Tabelle I und Figur I (siehe Seite 22 u. 23) geben ein allgemeines Beispiel des Vorseilens der relativen N-, P- und K-Aufnahme auf die Trockensubstanzproduktion. Figur II (siehe Seite 27) gibt den Zusammenhang der relativen Kurven der

Nährstoffaufnahme und Trockensubstanzproduktion, erläutert an Ergebnissen verschiedener Untersuchungen über die K-Aufnahme der Sommergerste.

Es stellt sich heraus, dass der Verlauf der relativen Nährstoffaufnahme in erster Linie vom Verlauf der relativen Trockensubstanzproduktion abhängig ist und somit weniger vom Nährstoffvorrat in Boden (Düngungszustande) als von klimatologischen Verhältnissen beeinflusst wird. Figur III (siehe Seite 30) zeigt aber deutlich, dass auch bei extrem verschiedenen Düngungszuständen (Göttinger E-Feld) zwar die relativen Ertrags-, N- und K-Kurven wenig auseinander gehen (Fig. 4—6), wohl aber die absoluten Aufnahmekurven (Fig. 2 und 3).

Weiter wird noch eingehend die Frage von Verlusten speziell an N und K bei Getreide-arten am Ende der Wachstumsperiode besprochen; aus verschiedenen Untersuchungen (siehe u. a. Fig. IV, Seite 33) geht hervor, dass die Möglichkeit von solchen Verlusten am grössten ist bei reichlicher Versorgung der Pflanzen mit den betreffenden Nährstoffen. Wir glauben, dass in diesem Falle die Verluste sowohl von Ausspülung wie auch von Zurückgang durch die Wurzel in den Boden herrühren können.

In den fünfzig Jahren seit dem Erscheinen der klassischen Verhandlung LIEBSCHERS über den Verlauf der Nährstoffaufnahme und dessen Bedeutung für die Düngerlehre haben manche Forscher Wertvolles auf diesem Gebiete geleistet; es ist eine befriedigende Tatsache, dass eine Zusammenfassung dieser Arbeiten ein einheitliches Bild über den Verlauf der Nährstoffaufnahme gibt, welches für praktische Düngungsfragen nützlich sein dürfte.

LITERATUURLIJST

1. ADORJAN, J., *Journ. für Landw.* **50**, 193 (1902).
2. ANDRÉ, J., *C. R. Acad. Agric.* **154**, 1817 (1912).
3. BLANCK, E., GIESECKE, F. en HEUKESHOVEN, W., *J. f. Landw.* **81**, 81 (1933), **82**, 33 (1934), **83**, 43 (1935);
4. FEST, F., *J. f. Landw.* **56**, 1 (1908).
5. GAROLA, J., *Ann. agron.* **4**, 480 (1934).
6. v. GINNEKEN, P. J. H. en RIJKEN, A. J., *Med. v. h. Inst. v. Suikerb.teelt* **1**, 55 (1931).
7. v. GINNEKEN, P. J. H. en DE HAAN, K., *ibid.* **2**, 77 (1932).
7. HASELHOFF, E., HAUN, F. en ELBERT, W., *Landw. Versuchsstat.* **111**, 11 (1931).
8. HECKE, L., *J. f. Landw.* **43**, 285 (1895).
9. HEUKESHOVEN, W., *Forschungsdienst* **2**, 12 (1936).
10. HUDIG, J., MEIJER, C. en LEEHUIS, H. R., *Versl. Landbouwk. Onderz.* **15**, 7 (1914)
11. KOSTYSCHEW, S. en ELIASBERG, P., *Zeitschr. f. Physiol. Chem.* **111**, 228 (1920).
12. KNOWLES, F. en WATKIN, J. E., *J. agric. Sc.* **21**, 612 (1931).
13. KNOWLES, F., WATKIN, J. E. en HENDRY, F. W. F., *J. agric. Sc.* **24**, 368 (1934).
14. LAGATU, H. en MAUME, L., *Ann. agron.* **2**, 306 (1932), **3**, 1 (1933).
15. LEBRUN en RADET, *Ann. agron.* **6**, 267 (1936).
16. LIEBSCHER, G., *J. f. Landw.* **35**, 335 (1887).
17. MASCHHAUPT, J. G., *Versl. landbouwk. Onderz.* **25**, 131 (1921).
18. MASCHHAUPT, J. G., *Versl. landbouwk. Onderz.* **27**, 126 (1922).
19. MASCHHAUPT, J. G., niet gepubliceerd.
20. MITSCHERLICH, E. A., *Landw. Jahrb.* **53**, 176 (1919), **56**, 61 (1921).
21. NIJHOLT, J. A., *Landbouw*, **10** n°. 9 (1934/'35).
22. OTTEN, J. M. L., *Bemestingsleer*, 6de druk, Groningen 1937.
23. PFEIFFER, TH. en RIPPPEL, A., *Fühlings landw. Z.* **68**, 81 (1919).
24. PFEIFFER, TH. en RIPPPEL, A., *J. f. Landw.* **69**, 137 (1921).
25. QUITZAU, G., *Kühn Archiv*, **30**, 319 (1932).
26. RACKMANN, K., *Z. Pflanzenern. D. und B.* **40**, 148, **41**, 313 (1935).
27. RÉMY, TH., *J. f. Landw.* **44**, 31 (1896).
28. RÉMY, TH., *Mitt. DLG.* **46**, 188 (1931); *Ern. d. Pflanze* **27**, 301 (1931).
29. RIPPPEL, A., *Samenv. en litt. in Honcamp, Handbuch d. Pflanzenern., u. Düngerlehre*, **1**, 619, Berlin, 1931.
30. RÖSING, G., *Landw. Jahrb.* **43**, 472 (1913).
31. RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN, Tabellen v. d. gehalten aan N, P, K en Ca der voorn. Ned. Landbouwgew. Groningen 1934.
32. SCHLESIER, W., *Kühn Archiv*, **30**, 141 (1932).
33. SCHOLZ, J., gecit. door PFEIFFER (24).
34. SCHULTZE, B., *Landw. Jahrb.*, **33**, 405 (1904).
35. SEIDLER, L. en STUTZER, A., *J. f. Landw.* **56**, 273 (1908).
36. SEKERA, F., *Z. f. Pflanzenern., D. u. B. (B)* **7**, 527 en 533 (1928).
37. v. SIGMOND, A., *J. f. Landw.* **48**, 251 (1900).
38. VINCENT, HERVIAUX en SARAZIN, *Ann. Agron.* **3**, 675 (1933).
39. VINCENT, HERVIAUX en SARAZIN, *Ann. Agron.* **4**, 395 (1934).
40. VINCENT, HERVIAUX en SARAZIN, *Ann. Agron.* **4**, 508 (1934).
41. VINCENT, HERVIAUX en SARAZIN, *Ann. Agron.* **4**, 667 (1934).
42. WAGNER, H., *Landw. Jahrb.*, **73**, 453 (1931).
43. WAGNER, H., *Z. Pflanzenern. D. u. B.*, (A) **25**, 129 (1932).
44. WAGNER, H.Z., *Pflanzenern. D. u. B.*, (A) **25**, 48 (1932), **26**, 8 (1932) **30**, 232 (1933).
45. WILFAHRT, H., RÖMER, H. en WIMMER, G., *Landw. Versuchsstat.* **63**, 1 (1905).