

OPNAME, VORMING
EN VERDELING VAN DE STOF DOOR DE
AARDAPPELPLANT BIJ GEVARIEERDE
FOSFAATVOEDING

WITH A SUMMARY :

ABSORPTION OF PHOSPHATE
AND NITROGEN, ASSIMILATION AND STRUCTURAL
DISTRIBUTION IN POTATOES GROWN UNDER
VARIED PHOSPHATE CONDITIONS

Dr. F. VAN DER PAAUW



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

INHOUD

	Blz.
I. INLEIDING	3
1. <i>Litteratuur</i>	3
2. <i>Beschrijving van het proefveld en de uitvoering van de periodieke bemonsteringen</i>	5
3. <i>Ontwikkeling van het gewas en de verkregen opbrengsten</i>	7
II. UITKOMSTEN VAN HET ONDERZOEK	12
1. <i>Inleiding</i>	12
2. <i>De vorming van de stof bij verschillende fosfaatbemesting in afhankelijkheid van de tijd</i>	12
a. De vorming van bladsubstantie	15
b. De vorming van stengelsubstantie	16
c. De vorming van knolsubstantie	17
d. De vermindering van stof in de moederknol	18
3. <i>De verdeling van de gevormde stof over blad, stengel en knol</i>	19
4. <i>De opname van P_2O_5 en N bij verschillende fosfaatbemesting in afhankelijkheid van de tijd</i>	22
a. Het verloop van de absolute opname	22
b. Het verloop van de relatieve opname	25
c. De opname van P_2O_5 in het blad	26
d. De opname van P_2O_5 in de stengel	28
e. De opname van P_2O_5 in de knollen	29
f. De afvoer van P_2O_5 uit de moederknol	30
g. De opname van N in de verschillende plantendelen en de afvoer uit de moederknol	31
5. <i>De verhouding tussen P_2O_5-opname en stofvorming</i>	32
6. <i>De verhouding tussen N-opname en stofvorming</i>	33
7. <i>De verhouding tussen de opname van P_2O_5 en van N</i>	34
8. <i>De verhouding tussen P_2O_5 en droge stof van de knollen</i>	36
9. <i>De verhouding tussen droge stof en vocht van de knollen</i>	37
10. <i>De stofproductie per eenheid bladgewicht</i>	38
11. <i>Verschiedende fasen in de ontwikkeling van de aardappelplant</i>	39
12. <i>Enige uitkomsten van praktisch belang voor de aardappelcultuur</i>	41
SAMENVATTING	41
SUMMARY	44
LITTERATUUR	45
TABELLEN	46

I. INLEIDING

1. LITTERATUUR

Reeds lang geleden zijn pogingen gedaan om uit de opname van voedende bestanddelen gevolgtrekkingen te maken over de uiteenlopende meststof-behoefte der verschillende gewassen. Het bleek hierbij spoedig, dat de uiteindelijke chemische samenstelling der oogstprodukten geen voldoende inzicht vermocht te leveren. Gewassen met zeer grote opname van een bepaald bestanddeel, zoals b.v. bieten, die zeer veel kali opnemen, bleken soms weinig dankbaar voor een kalibemesting. Onder de granen kennen wij de opvallende tegenstelling tussen het sterk kalibehoefte kanariezaad, dat echter slechts betrekkelijk weinig kali opneemt, en de op kaliarme gronden nog goed groeiende haver, welk gewas vrij grote hoeveelheden kali tot zich neemt. Een grote in het oogstproduct aangetroffen hoeveelheid van voedingsbestanddelen behoeft dus niet zonder meer te betekenen, dat dit gewas een grote behoefte aan deze stof heeft, maar kan er ook op wijzen, dat het opnemend vermogen voor dit bestanddeel groot is.

In plaats van alleen de in totaal opgenomen hoeveelheid te bepalen, is ook het verloop van de opname van de stof tijdens de gehele ontwikkelingsperiode van het gewas nagegaan. Hierin voorgaand door de in dit opzicht klassieke onderzoeken van LIEBSCHER (11) is een reeks van onderzoeken aan het vraagstuk van de voedselopname door de verschillende gewassen gewijd. Een samenvatting hiervan is door HEUKESHOVEN (5) gegeven. VAN ITALLIE (8) heeft een poging ondernomen om de voornaamste resultaten, welke deze onderzoeken hebben opgeleverd, in enkele conclusies bijeen te brengen en het gemiddelde verloop van de opname in grafische voorstellingen weer te geven.

Als een van de voornaamste resultaten mag genoemd worden, dat de opname van de voor de plantengroei belangrijke elementen N, P en K gewoonlijk vooruitloopt op de vorming van de organische stof. In het bijzonder is dit het geval bij zomergranen, waarbij een belangrijk deel van de op te nemen stoffen reeds in een vroeg stadium van de ontwikkeling opgenomen wordt. Uit dit gedrag werd reeds door LIEBSCHER afgeleid, dat dergelijke gewassen al vroeg een grote behoefte aan gemakkelijk opneembare voedingsstoffen hebben; andere gewassen, zoals b.v. de aardappel, waarbij de opname over de gehele groeiperiode gelijkmatiger verdeeld is, zouden dankbaar zijn voor geleidelijk ter beschikking komende meststoffen, wat met de voorkeur van de aardappel voor een stalmentbemesting te rijmen zou zijn.

In het midden latend of deze verschillen bij later onderzoek steeds even duidelijk aan de dag traden (o.a. doordat de weersomstandigheden een zeer belangrijke invloed hebben op het verloop van de opname (RÉMY, 14), zoals duidelijk tot uiting komt uit fig. 17 in de publicatie van VAN ITALLIE (8, blz. 43), waarin de gemiddelde opname bij zomergerst en bij aardappelen vergeleken wordt) zijn bij deze wijze van werken slechts vrij grove, kwalitatieve verschillen aan te tonen, welke feitelijk slechts als voorlopige aanwijzing betekenis hebben. Het feit namelijk, dat een bepaald gewas in een

vroege periode een grote hoeveelheid stof opneemt, mag weliswaar in de richting wijzen, dat dan een goede beschikbaarheid van dit bestanddeel gewenst kan zijn, maar geeft hiervoor evenmin een bewijs, als de vaststelling van een grote totale opname. Zowel een sterk opnemend vermogen van het gewas als een goede beschikbaarheid van het betreffende bestanddeel in de grond in de periode, waarin versterkte opname plaats vindt, kan aan de geconstateerde grote opname ten grondslag liggen.

De toepassing van de resultaten van deze onderzoeken voor de bemestingspraktijk heeft daarom de nadere bevestiging van voor dit doel opzettelijk uitgevoerde proefnemingen nodig. Bij deze proeven zou een vergelijking moeten worden gemaakt tussen vroegtijdige en geleidelijke over de gehele groeiperiode verdeelde toediening van de meststoffen met geregelde bepaling van de opgenomen hoeveelheden. Dergelijke proefnemingen stellen echter zeer hoge eisen aan de uitvoering.

Door het vaststellen van het verloop van de opname bij verschillende voedingstoestand van de grond op proefvelden, waarvan de objecten op verschillende wijze eenzijdig waren bemest, heeft men gepoogd verder in het probleem door te dringen. Op grond van een dergelijk onderzoek bij aardappelen meende HECKE (4) te kunnen vaststellen, dat stikstof voornamelijk in een vroege, kali in een latere periode van de groei nodig zou zijn. Over het algemeen verschilt de opname bij goede en slechte voeding in absolute maat weliswaar belangrijk, maar relatief, uitgedrukt in procenten van de totale opname (een wijze van uitdrukken welke van LIEBSCHER afkomstig is en sedertdien door de meeste onderzoekers is gevolgd), was het verschil van vrij geringe omvang. De pogingen om op deze wijze iets naders over de meststofbehoefte te weten te komen, zijn daardoor nog niet zeer succesvol geweest.

Het zou echter onjuist zijn de betekenis van de vele op dit gebied verrichte onderzoeken om deze redenen te willen miskennen. Reeds de vaststelling van de hierboven genoemde feiten betekent een belangrijk onderdeel in onze kennis van de stofwisseling van de belangrijkste cultuurgewassen onder de te velde heersende omstandigheden. Ook zijn globale conclusies over de meststofbehoefte wel toelaatbaar, doch de aanvankelijke verwachtingen betreffende het directe praktische nut waren eigenlijk te hoog gesteld. De directe betekenis ligt eerder op het gebied van de fysiologie van de landbouwgewassen; resultaten voor de bemestingsleer kunnen hieruit slechts indirect voortkomen.

De stand van het vraagstuk is thans zo, dat voor verschillende der belangrijkste landbouwgewassen een vrij groot feitenmateriaal verkregen is, zodat de voornaamste conclusies getrokken kunnen worden (zie VAN ITALLIE, 8). Nader onderzoek in deze richting zou o.i. alleen te motiveren zijn bij gewassen, waarbij nog geen of zeer weinig onderzoek is verricht, of door de doelstelling te verruimen.

Een reden om het onderzoek van de opname van minerale bestanddelen door de aardappel opnieuw ter hand te nemen, was gelegen in de onderzoeken van VAN DE SANDE BAKHUYZEN welke, eerst in boekvorm (1) de tarwe betreffend, later in een beknopter artikel (2), dat over meer gewassen handelde, voor enige jaren de aandacht trokken.

Volgens VAN DE SANDE BAKHUYZEN, die hierin aansluiting zoekt bij de Russische school van LYSENKO, zijn er in de ontwikkeling van de plant enige scherp onderscheiden fasen waar te nemen, welke in kwalitatief opzicht belangrijke verschillen vertonen. Kenmerkend voor een fase is o.a., dat processen als de stofopname, de vorming van de organische stof en de verdeling van de stof over verschillende organen van de plant binnen deze fase, aan vaste regels gebonden zijn, welke in sterke mate onafhankelijk zijn van uitwendige omstandigheden. Het is aan VAN DE SANDE BAKHUYZEN gebleken, dat het aandeel van de gevormde stof, dat aan een bepaald orgaan wordt toegemeten, gedurende een dergelijke fase zeer constant is. Het optreden van scherpe wijzigingen in deze verhoudingen is een van de verschijnselen, die zich bij het intreden van een nieuwe fase kunnen voordoen.

Bovendien is door hem de mening uitgesproken, dat de plant tijdens deze overgang, waarin zich belangrijke physiologische wijzigingen voltrekken, zeer gevoelig zou kunnen zijn voor de inwerking van uitwendige factoren.

Een bemestingsproefveld, waarop uiteenlopende bemestingstoestanden verwerkelijk waren, stelde ons in de gelegenheid een onderzoek te verrichten, waarin de opvattingen van VAN DE SANDE BAKHUYZEN over de vorming en verdeling (distributie) van de stof konden worden getoetst. Het was een gelukkige omstandigheid dat op het in aanmerking komende proefveld aardappelen werden verbouwd, met welk belangrijk landbouwgewas in dit opzicht slechts weinig ervaringen verkregen waren, al zijn er al wel enige onderzoekingen over het groeiverloop en de stofopname bij dit gewas verricht (HECKE, 4, H. WAGNER, 15, WILFARTH, RÖMER en WIMMER, 16, MASCHHAUPT, 12, LAGATU en MAUME 9, 10). Hiervan is het onderzoek van WAGNER het uitvoerigste, het aantal waarnemingen is echter nog vrij beperkt geweest, terwijl dit onderzoek niet te velde, maar in potten is uitgevoerd.

Door de aandacht niet uitsluitend tot de vorming en de verdeling van de gevormde organische stof over de verschillende delen van de plant te beperken, maar ook de opname en verdeling van P_2O_5 , welk bestanddeel als proeffactor op dit proefveld werd gevarieerd, en verder die van N in het onderzoek te betrekken, hoopten wij nieuwe inzichten te kunnen verkrijgen in de wetmatigheden, welke de opname van deze stoffen en hun verdeling over de diverse plantendelen beheersen. De mogelijkheid wellicht op het spoor te komen van kritische perioden, waarin de latere opname en verdeling bepaald zouden worden, leek ons verder van belang.

Het plan tot dit onderzoek werd destijds ontworpen in overleg met Prof. Dr O. DE VRIES en wijlen Dr TH. B. VAN ITALLIE.

2. BESCHRIJVING VAN HET PROEFVELD EN DE UITVOERING VAN DE PERIODIEKE BEMONSTERINGEN

Het proefveld Pr 280, op de boerderij van E. Sijbring te Midlaren (Dr.), is gelegen op een voor ongeveer 30 jaar uit bos ontgonnen zandgrond, waarvan de bemestingstoestand zeer verwaarloosd is. Het proefveld is in de twee eerste proefjaren geëxploiteerd als een fosfaatsoorten-hoeveelheden-proefveld,

waarop 5 fosfaatmeststoffen, namelijk mono- en dicalciumfosfaat, mono- en diammoniumfosfaat en de handelsmeststof Thomasslakkenmeel, in 7 hoeveelheden naar resp. 0, 15, 50, 70, 100 en 140 kg/ha P_2O_5 werden toegediend. De uitkomst van deze proefnemingen is meegedeeld in een vroegere publicatie (VAN DER PAAUW, 13), waarnaar voor nadere bijzonderheden betreffende de grondsoort en de uitkomst van de proef kan worden verwezen. Hier kan worden volstaan met de vermelding, dat de grote fosfaatarmoede van het perceel door de reactie van het gewas op de fosfaatbemesting kon worden bevestigd: zonder fosfaat bedroeg de knolopbrengst van de in 1936 verbouwde Triumfaardappelen slechts 74% van de hoeveelheid, die gemiddeld met de hoogste fosfaatbemesting verkregen is, in 1937 bracht de rogge op dit object 70% van de hoogste opbrengst op. De verschillen tussen de toegepaste fosfaatmeststoffen waren in beide jaren vrij gering. Het is aannemelijk, dat de naar vorm verschillend, maar in hoeveelheid gelijk bemeste veldjes, aan het einde van het tweede proefjaar praktisch vergelijkbaar waren wat de fosfaattoestand betreft.

In 1938 werd het doel van het proefveld gewijzigd: in plaats van een vergelijking van fosfaatsoorten kwam een vergelijking van verschillende fosfaattoestanden, welke door voorraadbemesting van uiteenlopende grootte verkregen waren. Het plan was verder om na verloop van enige jaren bij de op het proefveld aanwezige fosfaattoestanden verschillende fosfaatbemestingen te geven, opdat de uitwerking van een bemesting met fosfaat bij verschillende fosfaattoestand van de grond vergeleken zou kunnen worden.¹⁾

Ter voorbereiding van een dergelijk fosfaattoestanden-hoeveelheden-proefveld zijn in 1938 voorraadbemestingen gegeven. De in 1936 en 1937 onbemeste, en de naar 15 kg/ha P_2O_5 bemeste veldjes, bleven onbemest, de 2 maal naar 30 kg bemeste veldjes ontvingen 60 kg/ha, de naar 50 kg bemeste 140 kg, de naar 70 kg bemeste 260 kg, de naar 100 kg bemeste 400 kg en de naar 140 kg bemeste 600 kg/ha P_2O_5 . De totaal in de jaren 1936/38 toegediende hoeveelheden bedroegen dus resp. 0, 30, 120, 240, 400, 600 en 880 kg/ha P_2O_5 . Als gevolg van deze behandelingen liep het P-citr cijfer in het najaar van 1938 uiteen van 19 op de allerarmste tot 63 op de fosfaatrijkste veldjes, het P-getal van 0 tot 4. De fosfaatvoorziening van het gewas op de bemeste veldjes is echter waarschijnlijk belangrijk gunstiger geweest, dan uit de hoogte van de analysecijfers kan worden afgeleid. Het is immers thans op grond van onze proefnemingen wel als vrij zeker te beschouwen, dat een kort tevoren gegeven fosfaat bemesting een sterkere uitwerking heeft dan naar aanleiding van de toegegebrachte stijging der grondanalysecijfers verwacht zou mogen worden. Het fosfaat is gegeven in de gemakkelijk voor het gewas beschikbare vorm van dubbelsuperfosfaat.

Aangezien de objecten van het proefveld in 1936 in duplo waren aangelegd, behalve het door 6 veldjes vertegenwoordigde nul-object, waren er in 1938 6 groepen, elk van tenminste 10 veldjes, aanwezig, die een gelijke fosfaatbemesting hadden ontvangen. Daardoor konden er, zonder het bezwaar het eindresultaat van het proefveld door de uitvoering van een periodieke bemonstering te bederven, enige veldjes van het proefveld voor dit doel opgeofferd worden. Wij kozen hiervoor telkens 2 veldjes van een viertal objecten, ten eerste het object dat in totaal slechts 30 kg P_2O_5 ontving en dat in 1938 niet met fosfaat werd bemest, zodat het praktisch als een onbemest object kon gelden (in het vervolg object 1 genoemd), verder het zeer matig, in totaal met 120 kg bemeste object 2, waar ongetwijfeld nog fosfaatgebrek te verwachten zou zijn, het in zeer behoorlijke fosfaattoestand verkerende object 3, dat in totaal met 400 kg was bemest, en het waarschijnlijk overbemeste object 4, waarop 880 kg was toegediend.

De grootte van deze veldjes bedroeg 6.50×8 meter. Aangezien de randrijen niet voor oogsten in aanmerking kwamen en de planten in vierkantsverband bij een plantwijdte van 0.50 m waren geplaatst, was er per object een oppervlakte van $2 \times 6.50 \times 7 \text{ m}^2 = 77 \text{ m}^2$ met 308 planten voor tussentijdse be-

¹⁾ vanaf 1940 in uitvoering gebracht.

monstering beschikbaar.

Bemonsteringen van het gewas zijn uitgevoerd op 24 en 30 Mei, 4, 9, 14, 20, 25 en 30 Juni, 6, 12, 19 en 26 Juli, 2, 9 en 16 Augustus. Op laatstgenoemde datum was het gewas, tamelijk vroegtijdig, bovenaards grotendeels afgestorven.

Bij de eerste bemonstering zijn per veldje 6 planten geoogst, bij de drie daaropvolgende bemonsteringen 4 planten, vervolgens steeds 3 planten. De monsters van tot hetzelfde object behorende veldjes zijn verenigd tot mengmonsters, welke dus resp. uit 12, 8 en 6 planten hebben bestaan. De keuze van de planten werd zoveel mogelijk aan het toeval overgelaten. Er werd echter wel op gelet, of de planten normaal ontwikkeld waren en ongeveer met de gemiddelde grootte overeenkwamen; afwijkende planten werden overgeslagen. Daar het gewas regelmatig ontwikkeld was, leverde dit weinig moeilijkheden op. Bovendien zijn nooit planten geoogst, welke grensden aan open plekken, waar tevoren reeds een plant was weggenomen.

De planten werden in zakken verpakt meegenomen naar het Landbouwproefstation, waar zij onmiddellijk verder behandeld werden. Loof en stengels, oude en nieuw gevormde knollen werden gescheiden en afzonderlijk gewogen. Vervolgens werden de monsters gedroogd en opnieuw gewogen. Het aantal nieuwe knollen werd steeds geteld.

In enkele gevallen werden de planten afzonderlijk geoogst en behandeld met het doel de voorkomende variatie te bepalen en een indruk te krijgen van de nauwkeurigheid van de bepalingen. Dit is alleen gebeurd met het niet en met het zwaarst bemeste object en wel op 9 Juni, toen de monsters gescheiden werden in loof, stengel en moederknol, op 25 Juni toen nieuwe knollen aanwezig waren; en nog eens uitsluitend voor de knollen op 12 Juli en 16 Augustus. De hiermee berekende fouten van de bepalingen zijn in tabel 1 vermeld; op de nauwkeurigheid der bepalingen wordt nader ingegaan op blz. 12.

Bij de drie laatste bemonsteringen is het loofmonster in 2 monsters van levend en van vergeeld en afgestorven loof gesplitst, welke afzonderlijk zijn behandeld. Uiteraard is deze verdeling iets willekeurig geweest.

De gedroogde monsters zijn tenslotte gemalen en gebruikt voor de chemische bepaling van het P_2O_5 en het N-gehalte van de droge stof. Het eerste werd bij alle monsters bepaald, het laatste alleen bij het niet en bij het zwaarst met fosfaat bemeste object.

3. ONTWIKKELING VAN HET GEWAS EN DE VERKREGEN OPBRENGSTEN

Evenals in het eerste proefjaar werden Triumf-aardappelen verbouwd.

Als pootgoed werden, met Aretan ontsmette, A-poters gebruikt, maat 45/50. Het gemiddelde gewicht van de poter bedroeg ongeveer 79 gram.

De fosfaatvoorraadbemesting in de hierboven genoemde hoeveelheden in de vorm van dubbelsuperfosfaat is reeds op 9 November toegediend over de ruwe voor, waarna de meststof is ingeëgd, kali werd gegeven op 4 Maart in de vorm van patentkali naar 222 kg/ha K_2O , stikstof op 15 April in de vorm van kalkammonsalpeter naar 120 kg/ha N.

De aardappelen werden op 30 Maart gepoot. Ongeveer 20 Mei begonnen de planten boven de grond te komen. Hierna ontwikkelden zij zich regelmatig tot een goed gewas. Op 24 Mei konden nog geen verschillen worden waargenomen, maar reeds op 30 Mei bleek de stand bij zware fosfaatbemesting duidelijk beter te zijn. Opvallend is dat het gewas op het allerzwaarst bemeste object inderdaad het beste stond, hoewel de andere bemestingen

toch ook gedeeltelijk zeer zwaar zijn geweest. Omstreeks midden Juni vielen de planten zonder fosfaatbemesting op door kleinheid, kleiner blad en dofgroene looftint, ook het in 1938 naar slechts 60 kg P_2O_5 bemeste gewas toonde een duidelijke achterstand, terwijl het naar 140 kg bemeste object nog zichtbaar minder was dan de zwaarder bemeste objecten. Het drietal zeer zwaar bemeste objecten toonde nog enige, maar geen grote onderlinge verschillen. Het loof werd op deze objecten zeer geil.

De op 21 Juni in een 10-delige schaal gegeven standcijfers verschaffen een beeld van de ontwikkeling:

0 P_2O_5 in 1938	$3\frac{1}{4}$	260 P_2O_5	$8\frac{1}{2}$
60 „	$5\frac{1}{2}$	400 „	$8\frac{3}{4}$
140 „	$7\frac{1}{2}$	600 „	10

De tweede helft van Juni was voor deze grondsoort te droog en op het einde van deze maand was er veel wind. Hiervan leden de zwaar ontwikkelde veldjes, het loof zag er wat verflenst en verwaaid uit, de kleur was minder fris groen, hoewel er geen afsterven plaats vond.

Zonder fosfaatbemesting bleef het veel lichtere gewas fris, hoewel dof-groen getint, terwijl hier en daar bladen, vooral de bladtoppen, zwart afstierven, ten teken van ernstig P-gebrek.

Na het intreden van regenweer is het uiterlijk van het gewas op de zwaar bemeste veldjes weer normaal geworden.

Einde Juni verschenen de eerste bloemen. De bloei bleef echter tot enkele planten beperkt.

Reeds op 26 Juli werd er op de welig ontwikkelde veldjes enige vergeling van het loof en een begin van afsterving geconstateerd, een gevolg van

FIG. 1. Afsterven van blad in afhankelijkheid van P_2O_5 -bemesting op 3 data, genoteerd in een 10-delige schaal (10 = volledig groen blad, 0 = volledig afgestorven).

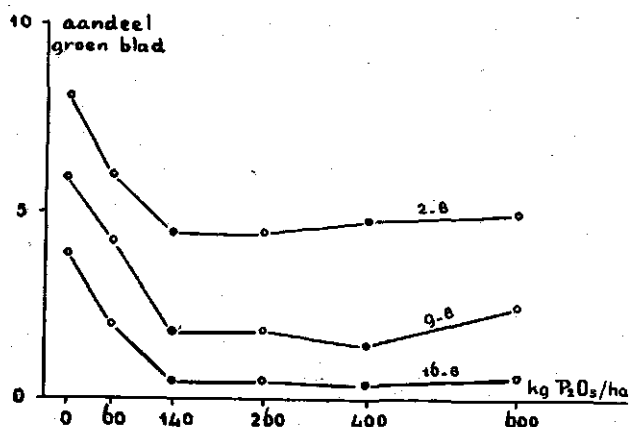


FIG. 1. Withering of leaf in connection with P_2O_5 manuring, noted in a scale 0-10 (10 = full green, 0 = completely decayed).

droog warm weer in de 2e helft van Juli. Op 2 Augustus was het loof op deze veldjes naar schatting reeds ongeveer voor de helft afgestorven. Wij hebben de mate van afsterving uitgedrukt in een 10-delige schaal, waarin 0 volledig afgestorven, 10 een geheel groen gewas betekent. In fig. 1 is het resultaat van deze waarnemingen op 3 verschillende data afgebeeld. Het blijkt dat het gewas zonder, of met een slechts matige fosfaatbemesting, belangrijk langer groen is gebleven. Bij zeer zware fosfaatbemesting leek dit ook in zwakke mate het geval te zijn. De voor de periodieke bemonstering gebruikte objecten zijn in de figuur door een cirkeltje aangegeven.

De scheiding van het loof van de monsters in levend en afgestorven loof gaf overeenkomstige resultaten. Hierbij bleek nog iets duidelijker, dat de zeer zwaar met fosfaat bemeste planten inderdaad iets langer groen zijn gebleven dan de vrij zwaar bemeste. Op 16 Augustus was het gewas reeds grotendeels bovenaards afgestorven.

De eerste knollen werden bij enkele planten reeds op 9 Juni waargenomen. Vanaf 14 Juni werd het aantal geteld en begon ook de opbrengstbepaling. Aangezien de verschillen tussen de objecten in dit opzicht niet zo groot waren, hebben wij de bij het matig bemeste (eveneens duidelijk fosfaatgebrek vertonende) object 2 gedane waarnemingen op die van het onbemeste object 1, en die van het vrij zwaar, bijna voldoende bemeste object 3, op de waarnemingen van het zeer zwaar bemeste object 4 herleid. Dit gebeurde door de op beide objecten verkregen uitkomsten grafisch tegen elkaar uit te zetten en het verband tussen beide te bepalen. Met behulp van de hieruit afgeleide verhoudingsfactor zijn de uitkomsten op elkaar omgerekend. Deze uitkomsten zijn in fig. 2 grafisch voorgesteld. Het voordeel van deze herleidingen is, dat het verschil tussen het iets met fosfaat bemeste en het zeer zwaar bemeste gewas duidelijker naar voren komt, en de spreiding der stippen een indruk over de nauwkeurigheid van de bepalingen verschaft.

Uit fig. 2 blijkt, dat het aantal knollen, of liever knolbeginsels, want

FIG. 2. Vorming van nieuwe knollen zonder (1) en met overvloedige fosfaatbemesting (4).

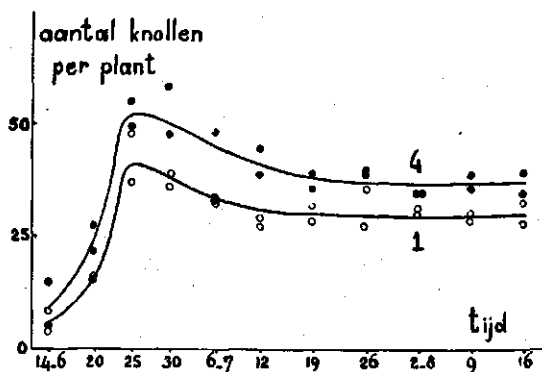


FIG. 2. Formation of tubers without (1) and with abundant phosphate dressing (4)

kleine verdikkingen van de stolonen werden als knollen geteld, aanvankelijk toeneemt, om zowel met als zonder fosfaat einde Juni een maximum

FIG. 3. Verband tussen fosfaatbemesting en opbrengst van knollen (onder) en onderwatergewicht resp. zetmeelgehalte (boven).

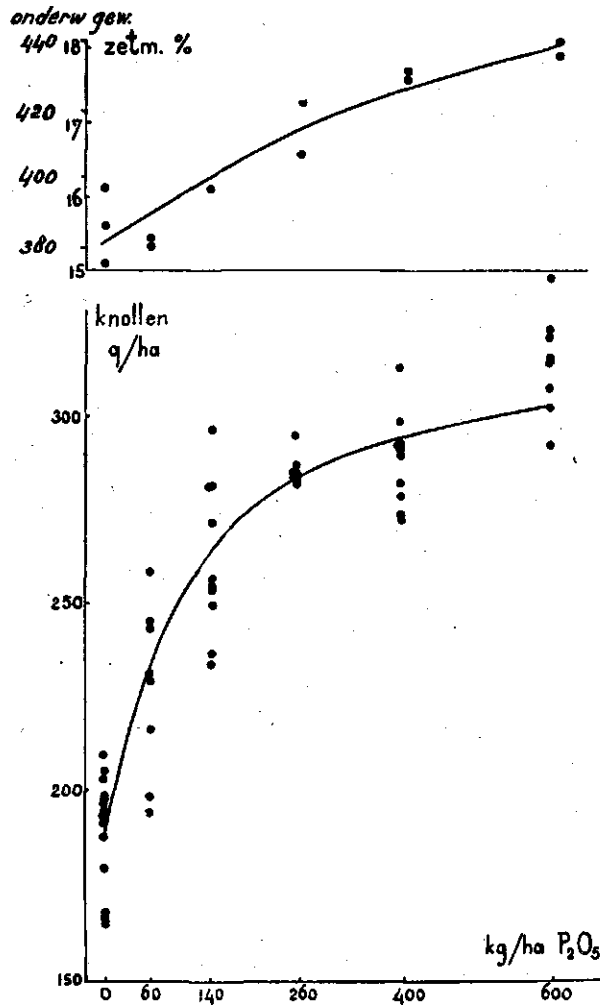


FIG. 3. Connection between phosphate dressing and yield of tubers (lower part) and specific weight and starch content respectively.

te bereiken. Hierna neemt het aantal geleidelijk weer af, omdat later alleen knollen en knolletjes zijn geteld, en de beginsels, welke zich niet tot een knol ontwikkeld hebben, niet meer meegeteld werden. De zware fosfaat-

bemesting blijkt duidelijk het aantal knollen te hebben vergroot, hoewel niet in zeer belangrijke mate. Het verschil is van het begin af duidelijk geweest. Het aantal knollen is dus reeds vrij vroeg bepaald. ZIJLSTRA (18) kwam bij een onderzoek met Eersteling tot eenzelfde conclusie.

Maximaal zijn gemiddeld per plant met fosfaatbemesting ongeveer 52 knollen of knolbeginsels geteld, zonder fosfaat 42. Het aantal gerijpte knollen bedroeg volgens fig. 2 in beide gevallen per plant 37, resp. 30.

Bij de oogst waren de knollen, vermoedelijk als gevolg van de vroegtijdige afsterving, over het algemeen klein van stuk. Een indruk hierover verschaft het gewichtspercentage grote knollen, dat een 42 mm zeef niet passeert. Dit percentage bedraagt gemiddeld slechts 9%. Fosfaatbemesting heeft op het aantal grote knollen geen invloed van betekenis gehad. Zonder fosfaatbemesting bedroeg het percentage gemiddeld 8% en met de zwaarste bemesting 7%. Aangezien verzuimd is fijnere zeven te gebruiken, is geen nader inzicht verkregen in de invloed van de bemesting op de sortering van de knollen.

Zowel de opbrengsten als het zetmeelgehalte zijn op duidelijke wijze door de fosfaatbemesting bepaald, hetgeen blijkt uit fig. 3.

In het onderste gedeelte van deze figuur zijn de op de afzonderlijke veldjes verkregen opbrengsten uitgezet tegen de in 1938 toegediende P_2O_5 -giften. Ondanks de geile stand van het gewas op de zeer zwaar bemeste veldjes, is het toch wel zeker, dat de opbrengsten tot de zwaarste giften toegenomen zijn. De bij zware bemesting verkregen opbrengst, welke gemiddeld op 303 q/ha te stellen is, is nog als vrij behoorlijk te beschouwen. Zonder fosfaatbemesting was de opbrengst echter gemiddeld slechts 187 q/ha, ofwel niet meer dan 62% van de maximaal bereikte opbrengst.

In het bovenste gedeelte van de figuur zijn de gemiddelde zetmeelgehalten (welke met behulp van de zogenaamde Groninger tabel uit de bepaalde onderwatergewichten zijn afgeleid; deze laatste zijn eveneens op de ordinaat aangegeven) van de veldjes, welke gelijke bemesting ontvingen, tegen de P_2O_5 -bemesting uitgezet. Ook het zetmeelgehalte is tot de hoogste bemestingstrap toegenomen. De zetmeelopbrengst heeft dus blijkbaar meer geleden van het fosfaatgebrek dan de knolopbrengst. Zonder fosfaat bedroeg de eerste slechts 53% van de maximale opbrengst.

Ook op het matig bemeste object 2 (60 kg/ha P_2O_5) was het fosfaatgebrek blijkbaar nog zeer ernstig, terwijl ook het zwaar bemeste object 3 (260 kg/ha) volgens deze uitkomsten en die van het hieronder te bespreken chemische gewasonderzoek nog geenszins in een ruime fosfaattoestand verkeerde. Alleen bij het zeer zwaar bemeste object 4 (600 kg/ha) was deze ruim voldoende.

Volledigheidshalve zij nog vermeld, dat de schurftaantasting van de aardappelen gering was en geen invloed van de fosfaatbemesting heeft ondergaan.

II. UITKOMSTEN VAN HET ONDERZOEK

I. INLEIDING

De verkregen uitkomsten zijn in de tabellen 1-3 gerangschikt (blz. 47-49). De opbrengsten zijn weergegeven in grammen luchtdroge stof per 6 planten (tabel 1).

De nauwkeurigheid van de opbrengstbepalingen kan afgeleid worden uit de in een aantal gevallen berekende en in tabel 1 vermelde middelbare fouten. Deze zijn berekend door de planten van eenzelfde bemonstering afzonderlijk te oogsten en in onderdelen te splitsen. Het blijkt, dat met een waarnemingsfout van 10 à 15% wel te rekenen valt. De opbrengsten van nieuw gevormde knollen schijnen echter per plant minder te variëren; de gevonden fouten lopen uiteen van 3 tot 10%. De zeer grote fout (27.7%), welke bij de bemonstering op 25 Juni bij de nieuwe knollen gevonden werd, is aan een niet gelijktijdig beginnen van de knolzetting bij de verschillende ~~nauwkeurigheid~~ planten toe te schrijven.

Deze berekende fouten zijn vrij aanzienlijk. Herhaaldelijk krijgt men evenwel uit verschillende hieronder afgebeelde grafieken de indruk van kleinere waarnemingsfouten. Het is uiteraard niet uitgesloten, dat voor dit doel toevallig enige nogal heterogene monsters onderzocht zijn, en de nauwkeurigheid in het algemeen iets groter is.

Het bovenstaande betreft alleen de fouten van de opbrengsten aan droge stof. Voor zover verhoudingen tussen plantendelen (b.v. tussen bladsubstantie en totale stof) beschouwd worden, zijn veel kleinere fouten gemaakt (vgl. b.v. de geringe spreiding der stippen in fig. 8).

2. DE FORMING VAN STOF BIJ VERSCHILLENDE FOSFAATBEMESTING IN AFHANKELIJKHEID VAN DE TIJD

Het verloop van de vorming van droge stof bij het viertal bemonsterde objecten is afgebeeld in fig. 4. Opgegeven wordt de totale stofproductie, d.w.z. de som van stengel, blad en knol, met uitzondering dus van het aandeel van wortels en stolonen, waarvan de bepaling onuitvoerbaar was.

De afzonderlijke waarnemingen zijn door aparte tekens in de figuur weergegeven. Wij trokken hierdoor uit de hand vloeiende lijnen, welke het verloop van de stofproductie bij de verschillende objecten weergeven.

Bij de droge stof is in dit geval ook de in de moederknol aanwezige stof gerekend. Doordat deze stof verbruikt wordt en dit verbruik niet geheel door nieuwe vorming werd gecompenseerd, zien wij de lijn eerst iets dalen. Duidelijke verschillen tussen de objecten zijn er in dit stadium nog niet. Om zich ook een indruk te kunnen vormen van de nieuw gevormde stof, is deze bij de objecten 1 en 4 door stippellijnen weergegeven. Hieruit blijkt, dat de bij verschillende fosfaatvoeding in blad en stengel opgehoopte stof reeds in een zeer vroeg stadium, als de plant voor een deel nog op de moederknol leeft, uiteenwijkt.

Het grote verschil tussen object 1 en 4 handhaaft zich gedurende het gehele verloop van de ontwikkeling. De verhouding tussen de productie op beide objecten blijft vrij constant, hoewel er waarschijnlijk wel enige schommelingen voorkomen. Terwijl het verloop van de stofvorming bij

FIG. 4. Verloop van de vorming van droge stof bij verschillende fosfaat-bemesting (met inbegrip van moederknol, alleen bij object 1 en 4, zonder moederknol) ., +, × en o, resp. 0, 60, 160, 600 kg/ha P_2O_5 .

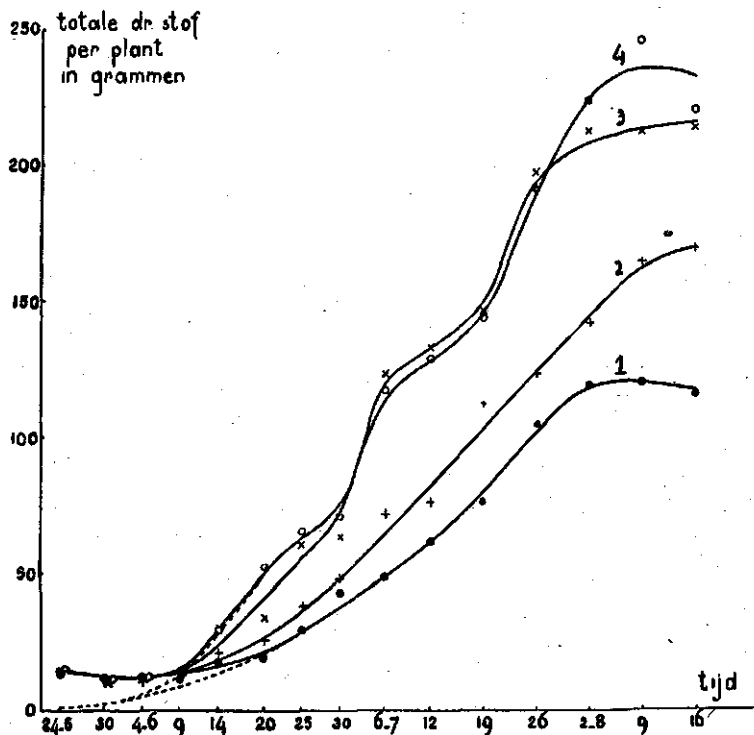


FIG. 4. Course of formation of dry matter with different phosphate dressing. (seed potato included, in two cases without seed potato) ., +, ×, o, dressing of 0, 60, 260, 600 kg/ha P_2O_5 respectively.

object 1 zeer regelmatig is — wij zien alleen een iets sterkere toename in de tweede helft van de groeiperiode en een vermindering tegen het eind — en ook het object 2 een vrij regelmatige groei vertoont, die zelfs over een vrij lang gedeelte vrijwel door een rechte lijn kan worden voorgesteld, vinden wij bij de objecten 3 en 4 veeleer een golfvormig verloop van de productie. Uiteraard kan de vraag gesteld worden of deze golvingen werkelijk zijn voorgekomen, ofwel een gevolg zijn van toevallige bepalingfouten. Het overeenstemmende verloop bij beide objecten, en de geringe spreiding

bij de objecten 1 en 2, geeft aanleiding deze schommelingen voor werkelijk te houden, hoewel dit, de grootte van de bepalingfout in aanmerking genomen (blz. 12), niet met zekerheid te zeggen valt.

Het ligt voor de hand deze golvingen in het verloop van de stofvorming in verband te brengen met de groeiomstandigheden. In het voorgaande werd vermeld, dat de periode 20-30 Juni ongunstig was voor het gewas op de goed ontwikkelde veldjes, waarop het schade ondervond van droogte en hevige wind, wat aan het uiterlijk van het gewas te constateren was, terwijl dit daarentegen bij het veel lichtere gewas op de onvoldoende bemeste veldjes geen uiterlijk nadeel heeft berokkend. In deze dagen nam de droge stof slechts langzaam toe. Daarna zou een sterke productie hebben plaatsgevonden, welke in overeenstemming te brengen zou zijn met het herstel, dat in het uiterlijk van het gewas is waargenomen. Aangezien voor het golvende verloop van de groei een aannemelijke verklaring te geven is, bestaat er dus reden om aan te nemen, dat dit geen gevolg van toevallige waarnemingsfouten is, maar inderdaad een wisselende groeisnelheid aan geeft.

Opvallend is de grote overeenstemming in het beloop van de lijnen 3 en 4. Terwijl aanvankelijk het object 4 een voorsprong had, welke ook in het uiterlijk zichtbaar was, zoals door de gegeven standcijfers wordt aangetoond (blz. 8), krijgt het object 3 in het begin van Juli een kleine voorsprong, mogelijk een gevolg van geringere schade in de droge en winterige periode. In hoeverre dit verschil betrouwbaar is, valt moeilijk te beoordelen; het feit echter, dat de opbrengst van object 3 die van object 4 in 4 opeenvolgende bepalingen overtreft, geeft enige zekerheid. Tegen het einde van de ontwikkeling blijft echter de productie op het 4e object langer voortgaan, zodat uiteindelijk een grotere opbrengst is verkregen, zoals ook door de definitieve opbrengstcijfers (blz. 11 en fig. 3) bevestigd wordt. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het langer groenblijven van het gewas op object 4, dat op blz. 9 al vermeld werd (ook fig. 1).

Het golfvormig verloop van de stofproductie is ook door andere onderzoekers gevonden. HUDIG, MEYER en LEEHUIS (6) hechten er zelfs principiële betekenis aan. Volgens hen zouden bij graangewassen, onafhankelijk van de weersomstandigheden, perioden van groeistilstand voorkomen. Zij denken hierbij aan physiologische rustpunten op belangrijke momenten van de ontwikkeling, zoals het begin van aarvorming. Hoewel de wijze waarop zij de realiteit van deze verschijnselen wiskundig hebben trachten te funderen, aanvechtbaar lijkt, zijn er verschillende argumenten in het door deze onderzoekers bijeengebrachte feitenmateriaal te vinden, die voor de opvatting, dat schommelingen in het groeiverloop voorkomen, pleiten. Het zou mogelijk zijn de door ons gevonden golvingen eveneens met de physiologische ontwikkeling van het gewas in verband te brengen. Op 20 Juni, als de verlangzaming van de stofproductie aanvangt, begint pas goed de vorming van knollen, omstreeks 30 Juni begint de (zeer spaarzame) bloei, omstreeks 10 Juli eindigt de vorming van bladsubstantie, enz. Deze mogelijkheid lijkt ons in dit geval echter weinig aannemelijk, daar bij de aan fosfaattekort lijdende planten geen spoor van een dergelijke periodici teit in de stofproductie te bekennen is. Een verklaring door middel van

de variaties in de uitwendige omstandigheden, welke in bepaalde perioden op het welig ontwikkelde, goed met fosfaat bemeste gewas veel ongunstiger inwerkten dan op het lichte gewas, dat met een fosfaattekort te kampen had, lijkt eerder aanvaardbaar.

Bij het onderzoek van WAGNER (15) werd ongeveer 110 dagen na de opkomst een maximum bereikt, waarna een merkbare achteruitgang van de droge stof-opbrengst is opgetreden. Deze is door ons niet geconstateerd, maar zou uiteraard in nog latere stadia gevonden zijn, als het geheel vergane loof niet meer oogstbaar zou zijn geweest.

a. De vorming van bladsubstantie

De vorming van de bladsubstantie is weergegeven in fig. 5. Reeds vrij vroeg wijken de lijnen, welke de productie bij verschillende fosfaatvoeding Fig. 5. Verloop van de vorming van bladsubstantie bij verschillende fosfaatbemesting (6 planten).

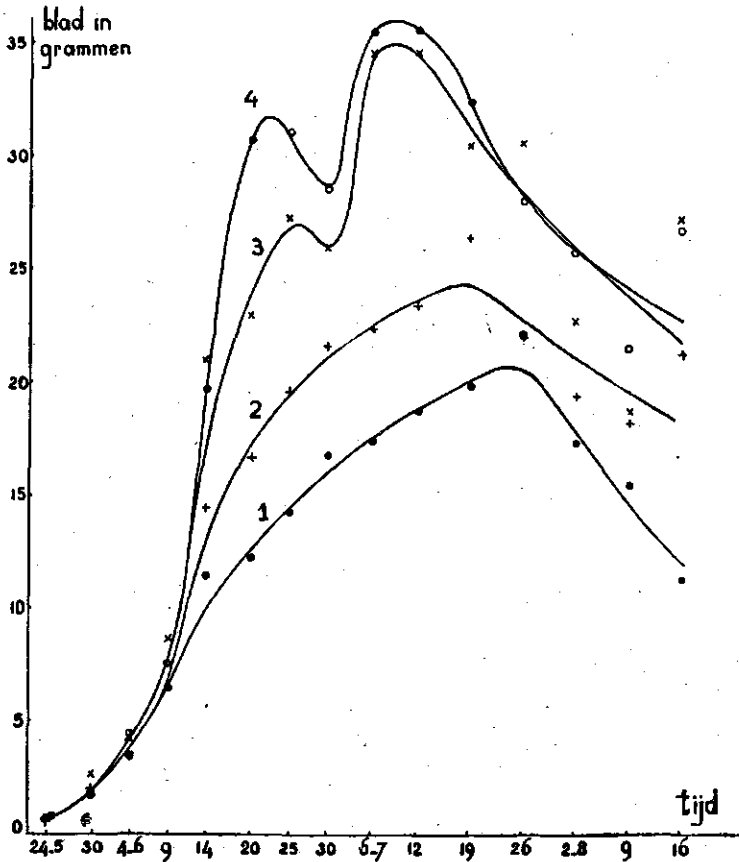


FIG. 5. Course of formation of leaf dry matter with different phosphate dressings (6 plants).

voorstellen, uiteen, doch grote verschillen treden pas omstreeks midden Juni duidelijk voor den dag.

Het verloop van de bladvorming is bij onvoldoende fosfaatvoeding zeer gelijkmatig; bij het object 1 kan het voor een vrij lange periode door een bijna rechte lijn voorgesteld worden; bij object 2 is de bladstofvorming in het begin sterker en neemt geleidelijk in omvang af.

Bij het zwaar met fosfaat bemeste object 4 is er tot 20 Juni een zeer snelle vorming van bladsubstantie, waarna een stilstand en niet onwaarschijnlijk zelfs een teruggang volgt. Hierna treedt weer nieuwe productie op. Bij object 3 zien wij iets dergelijks in minder sterke mate.

Het is uiteraard aan twijfel onderhevig of deze sterke schommelingen werkelijk zijn voorgekomen of dat toevallige bepalingfouten hier invloed doen gelden. Het eerste is waarschijnlijk het geval; hetzelfde argument, als hierboven bij de bespreking van het golfvormig verloop van de totale productie genoemd is, kan hier gelden. Het verloop van de waarnemingen bij de objecten 1 en 2 is zeer regelmatig, de voorkomende afwijkingen zijn gering, waaruit een behoorlijke betrouwbaarheid van de waarnemingen blijkt. Bovendien wijst de overeenstemming tussen de bladvorming bij object 3 en die van object 4 in dezelfde richting. Dat deze golfing bij object 3 minder sterk is, is in overeenstemming met de verwachting, dat de schade op dit object, waar het gewas iets minder welig was, geringer zal zijn. Dit laatste wordt ook bevestigd door de voorsprong in totale stofproductie, die dit object vanaf deze datum op het zwaarder bemeste object heeft verkregen (vgl. fig. 4).

Vanaf een bepaalde datum eindigt de vorming van bladsubstantie en begint vrij plotseling een tamelijk snelle afname. Opmerkelijk is het, dat deze vermindering optreedt, *voordat enige uiterlijke kentekenen van het gewas dit doen verwachten*. Vergelingen werden in enigszins duidelijke mate pas op 26 Juli voor de eerste maal geconstateerd, terwijl de bladvorming reeds op ongeveer 10 Juli tot stilstand moet zijn gekomen en spoedig hierna in een regelmatige teruggang is overgegaan.

De snelle overgang wordt bij alle objecten aangetroffen, maar op zeer ongelijke data. Bij onvoldoende fosfaatbemesting gaat de groei aanmerkelijk langer voort en treedt de overgang eerst ruim 2 weken later op dan bij zeer ruime fosfaatvoeding. Dit zou het vrij aannemelijk maken, dat uitwendige omstandigheden dit tijdstip niet direct bepaald hebben, maar dat de goed en slecht gevoede gewassen in een ongelijk stadium van rijpheid verkeerden. Toch mag een andere mogelijkheid, dat namelijk een ongelijke watervoorziening, als gevolg van een sterkere uitputting van de watervoorraad door het weliger gewas, de oorzaak van een vervroegd afsterven is, niet uitgesloten worden geacht.

Na het passeren van deze overgang vertonen de bepalingen een wat grotere spreiding. Dit is een gevolg van het beginnende afsterven, dat een nauwkeurige monsterneming bemoeilijkt.

b. De vorming van stengelsubstantie

Het verloop van de vorming van stengelsubstantie is bij object 1 weer zeer regelmatig (fig. 6). Vanaf einde Juni wordt de stofvorming geleidelijk

geringer. In de tweede helft van Juli treedt een vermindering op, welke echter van veel geringere omvang is dan de teruggang van bladsubstantie (fig. 5). Bij object 2 en 3 wordt ongeveer hetzelfde verloop gevonden, hoewel de productie van het begin af aanmerkelijk groter is. Bij het zwaarst met

FIG. 6. Verloop van de vorming van stengelsubstanties bij verschillende fosfaatbemesting.

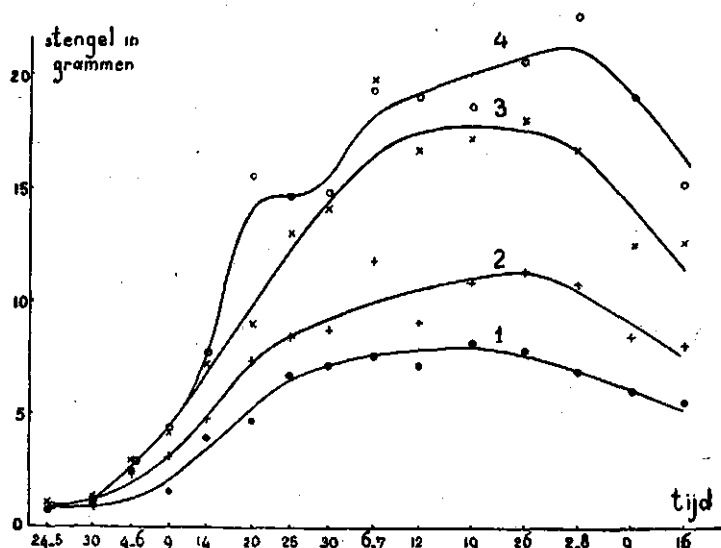


FIG. 6. Course of formation of stem dry matter with different phosphate dressings.

fosfaat bemeste object wordt een overeenkomstige aanduiding van een stilstand in de stengelvorming aangetroffen, als bij de vorming van de bladsubstantie werd gevonden. Het is mogelijk, dat de schommeling in de productie zelfs nog iets groter is dan door de betreffende lijn in fig. 6 is aangegeven en dat er in latere perioden nog golvingen in het verloop zijn voorgekomen. Het is echter niet gemakkelijk te beoordeelen of deze afwijkingen van betekenis of een gevolg van toevallige fouten zijn.

De teruggang in stengelsubstantie treedt bij alle objecten pas tegen het einde van de groei op. Als de bladsubstantie reeds afneemt, neemt de stengelsubstantie bij het goed met fosfaat gevoede gewas zelfs nog iets toe, wat zowel een gevolg zou kunnen zijn van het transport van afbraakproducten uit de bladeren, dat door de stengels naar de knollen plaatsvindt, als van optredende verhoutingen.

c. De vorming van knolsubstantie

De knolvorming begint ongeveer in het midden van Juni (fig. 7). De hoeveelheid stof neemt zeer geleidelijk toe, hoewel de groei ongeveer van

midden Juli af iets versneld is, mogelijk als gevolg van een verhoogde afvoer uit het blad.

Reeds vroeg in de ontwikkeling is er bij goede fosfaatvoeding een voorsprong verkregen, die zich vrijwel tot het einde handhaaft.

Bij de objecten 3 en 4 vinden wij een vertraagde stofvorming in de periode 25-30 Juni, welke door een snellere groei gevolgd wordt. Tussen 6 en 19

FIG. 7. Verloop van de vorming van nieuwe knollen bij verschillende fosfaatbesteding.

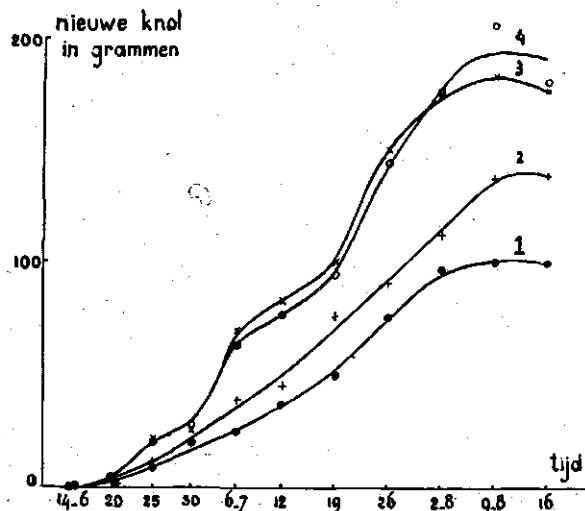


FIG. 7. Course of formation of dry matter of tubers with different phosphate dressings.

Juli wordt weer een periode van verlangzaamde groei aangetroffen. Aangezien beide objecten hetzelfde beeld geven, is het waarschijnlijk, dat deze golvingen, die bij de objecten 1 en 2 om eerder genoemde redenen niet voorkomen, niet een gevolg van waarnemingsfouten zijn, maar inderdaad zijn voorgekomen.

De reeds in fig. 4 aangetroffen voorsprong van object 3 op object 4 blijkt op een verschil in knolvorming te berusten. Bij het zeer zware, geïlle gewas van object 4 is deze blijkbaar sterker vertraagd, wat, zoals hierboven reeds gezegd is, vermoedelijk een gevolg is van een ernstiger schade door droogte en wind. Bij de twee laatste waarnemingen zijn echter op het object 4 de hoogste opbrengsten verkregen, wat in overeenstemming is met het uiteindelijke oogstresultaat (vgl. fig. 3).

d. De vermindering van stof in de moederknol

Het gewicht van de moederknollen blijft aanvankelijk vrij constant, maar het gehalte aan droge stof loopt snel terug. Bij de eerste bemon-

stering op 24 Mei heeft de vermindering in droge stof nog niet veel te betekenen, maar hierna neemt deze snel af, zodat 9 dagen later (1 Juni) reeds de helft verdwenen is, terwijl weer 9 dagen later (10 Juni) nog slechts $\frac{1}{4}$ gedeelte is overgebleven (tabel 1). Omstreeks midden Juni waren de knollen nog vrij gaaf, doch het weefsel was zeer waterig en het droge stofgehalte was tot bijna 3% gedaald. Bij de bemonstering op 20 Juni verkeerden de meeste knollen reeds in staat van rotting of waren niet meer terug te vinden.

3. DE VERDELING VAN DE GEVORMDE STOF OVER BLAD, STENGEL EN KNOL

Teneinde een inzicht te verkrijgen in de verdeling van de nieuw gevormde stof over de verschillende delen van de plant, hebben wij, op dezelfde wijze als dit door VAN DE SANDE BAKHUYZEN (2) wordt gedaan, de bij opeenvolgende bemonsteringen bepaalde substantie van een zeker plantendeel grafisch uitgezet tegen de op gelijke data in totaal gevormde stof (uiteraard met aftrek van de niet bepaalde wortelsubstantie en de zeer sporadisch opgetreden bloemen en vruchten) of tegen de substantie van een ander plantendeel. Het is mogelijk om op deze wijze na te gaan, of de verdeling van de gevormde stof over blad, stengel en knol inderdaad volgens vaste verhoudingen plaats vindt, die alleen op bepaalde tijdstippen in de ontwikkeling gewijzigd kunnen worden, en in welke mate deze onafhankelijk zijn van de uitwendige omstandigheden (VAN DE SANDE BAKHUYZEN). Een verandering in de verdeling (distributie) is volgens deze auteur een van de kentekenen van het optreden van een nieuwe fase in de ontwikkeling en valt dus samen met belangrijke physiologische wijzigingen in de ontwikkeling van de plant, zoals b.v. het begin van schieten of in bloeikomen van granen.

In fig. 8 is de gevormde bladsubstantie uitgezet tegen de totaal gevormde stof. Om evenwel een duidelijker beeld van de nauwkeurigheid van de verrichte bepalingen te verkrijgen, hebben wij op dezelfde wijze, als we hierboven reeds beschreven (blz. 9), de bepalingen van object 2 herleid op die van object 1 en die van object 3 op die van object 4. De figuur geeft daardoor alleen een beeld van het gedrag zonder, resp. geringe fosfaatbemesting en bij overvloedige fosfaatvoeding.

Uit deze figuur blijkt, dat de verhouding, waarin de stof over blad- en stengel (aanvankelijk is de totale droge stof de som van blad + stengel) verdeeld wordt, inderdaad vrij constant is en zowel bij fosfaatgebrek als bij ruime fosfaatvoeding, bij benadering door een rechte lijn kan worden voorgesteld. In hoeverre bij fosfaatgebrek het bladaandeel iets groter is, zoals door het verloop van de lijnen lijkt te worden aangeduid, kan niet met zekerheid worden vastgesteld. Bij het begin van knolvorming treedt een belangrijke wijziging op, hierna komt aan het nieuwe blad een veel kleinere portie van de in totaal gevormde stof toe. Bij object 1 en 2 is de overgang vrij plotseling, zodat inderdaad de aanwijzing voor het intreden van een nieuwe fase in de ontwikkeling wordt verkregen, die niet zozeer

gepaard gaat met het optreden van knollen (deze werden reeds op 14 Juni waargenomen, terwijl de eigenlijke overgang pas ongeveer op 20 Juni plaats vond), als wel met de sterke ontwikkeling van deze knollen tot reserve-orgaan.

Bij object 3 en 4 is een teruggang van de droge stof van het blad opgetreden, welke reeds eerder is vermeld, en die nu ook in de verhouding

FIG. 8. Verhouding tussen droge stof van blad en de totale droge stof zonder (X) en met overvloedige fosfaatbemesting (.).

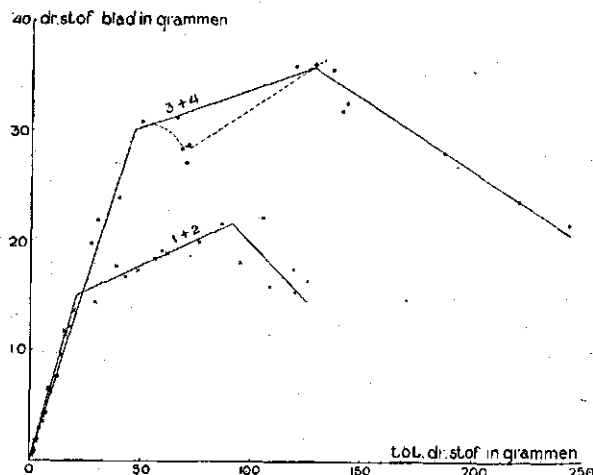


FIG. 8. Relation between dry matter of leaf and total dry matter, without (X) and with abundant phosphate dressing (.).

tot de totale droge stof tot uiting komt. Zoals werd opgemerkt, is deze afwijking waarschijnlijk niet van toevallige aard, maar onder invloed van ongunstige groeiomstandigheden inderdaad opgetreden. Het blijkt hieruit, dat een wijziging in de distributie onder afwijkende groeivoorwaarden kan optreden.

Een tweede belangrijke wijziging treedt op, als de afvoer uit het blad op de stofvorming gaat overwegen. Deze overgang is in beide gevallen vrij scherp, evenwel niet gelijktijdig. Bij goede fosfaatvoeding wordt het hoogste punt reeds tussen 6 en 12 Juli bereikt, zonder fosfaat echter pas omtrent 19 Juli. De vroegere overgang bij de objecten 3 en 4 kan een gevolg zijn van droogte, waarvoor het weliger gewas veel gevoeliger is. Anderzijds bestaat de mogelijkheid, dat deze omstandigheden slechts een stadium van rijpheid van het gewas inluiden, en dat dit stadium bij de slecht met fosfaat gevoede planten inderdaad pas later intreedt. Nogmaals kan er op gewezen worden, dat het uiterlijk van de planten geen inwendige verandering verried; een vergeling van het loof is pas geruime tijd later opgetreden.

In fig. 9 is het gewicht van de nieuwe knollen tegen het totale gewicht uitgezet. Nadat de knollen volledig zijn aangelegd, zijn er bij de objecten 2, 3 en 4 duidelijk 2 perioden te onderscheiden : een eerste, waarin 85-90% van de gevormde stof zich naar de knollen, het overige deel zich naar de bovenaardse delen begeeft, en een tweede, die bij object 3 en 4 bij de 9e,

FIG. 9. Verhouding tussen droge stof van de knollen en de totale droge stof.

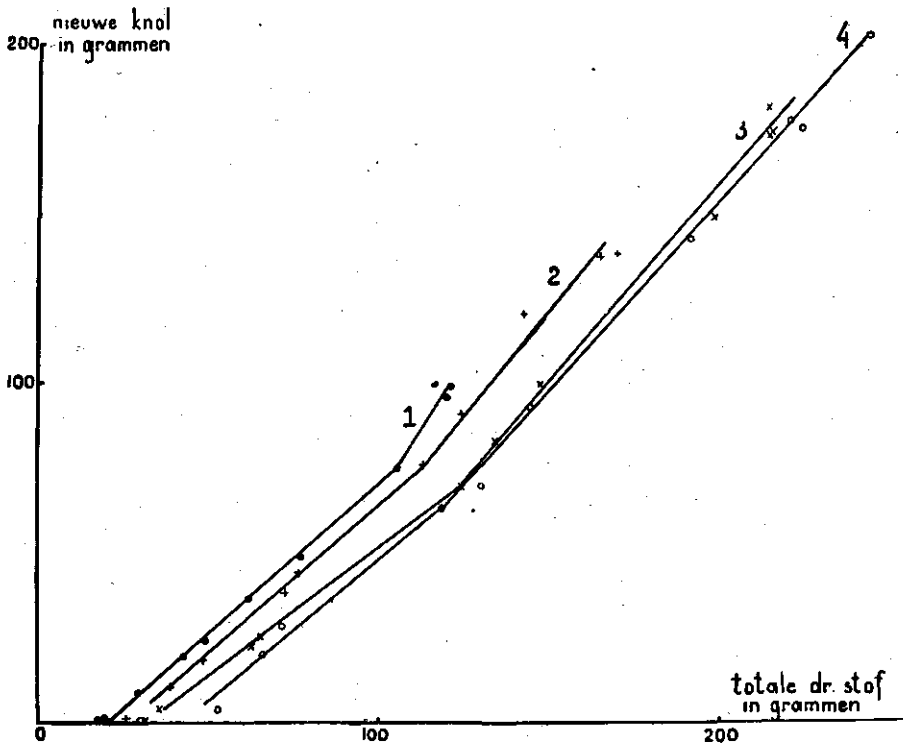


FIG. 9. Relation between dry matter of tubers and total dry matter.

bij object 2 bij de 11e waarneming begint (resp. 6 en 19 Juli), waarin de afvoer uit het blad ten gunste van de knolvorming aanvangt en de knollen een aandeel overeenkomende met ongeveer 110% van de nieuw gevormde stof ontvangen. Een minder duidelijke aanwijzing voor hetzelfde wordt bij object 1 pas bij de 12e waarneming (26 Juli) gevonden.

Deze vrij plotselinge verandering van een al geruime tijd bestaande verhouding in de distributie, die na de wijziging opnieuw een tijd lang constant blijft, houdt een aanwijzing in, dat de planten een nieuwe fase van hun ontwikkeling zijn ingetreden.

4. DE OPNAME VAN P_2O_5 EN N BIJ VERSCHILLENDE FOSFAATBEMESTING IN AFHANKELIJKHEID VAN DE TIJD

Het verloop van de opname van P_2O_5 en N door het gewas kan grafisch worden weergegeven door het gewicht van het in het gewas aanwezige P_2O_5 , resp. N, uit te zetten tegen de tijd. In plaats hiervan, geeft men sedert LIEBSCHER (11) de uitkomsten vaak weer in een relatieve maat. De op verschillende data bepaalde hoeveelheden van het betreffende bestanddeel worden dan weergegeven in percenten van de hoeveelheid, welke maximaal wordt opgenomen. Op deze wijze is het mogelijk geweest aan te tonen, dat (hoewel het absolute verloop van de opname bij een verschillende bemesting van het gewas zeer uiteen kan lopen) de relatieve opname slechts geringe verschillen vertoont, en een voor een bepaald gewas min of meer karakteristiek beeld geeft (blz. 25, VAN ITALLIE, 8).

a. Het verloop van de absolute opname

Fig. 10 toont het verloop van de P_2O_5 -opname bij alle fosfaatbemestings-trappen, fig. 11 het verloop van de N-opname zonder en bij zeer overvloedige fosfaatbemesting. In beide figuren is het in de oude knol aanwezige P_2O_5 meegeteld, stippellijnen geven echter een zuiver beeld van de opname door de nieuwe plant.

In fig. 10 treft het zeer gelijkmatige verloop van de opname, dat bij

FIG. 10. Verloop van de opname van P_2O_5 bij verschillende fosfaatbemesting (o o o o zonder de moederknol, — — — mogelijk verloop).

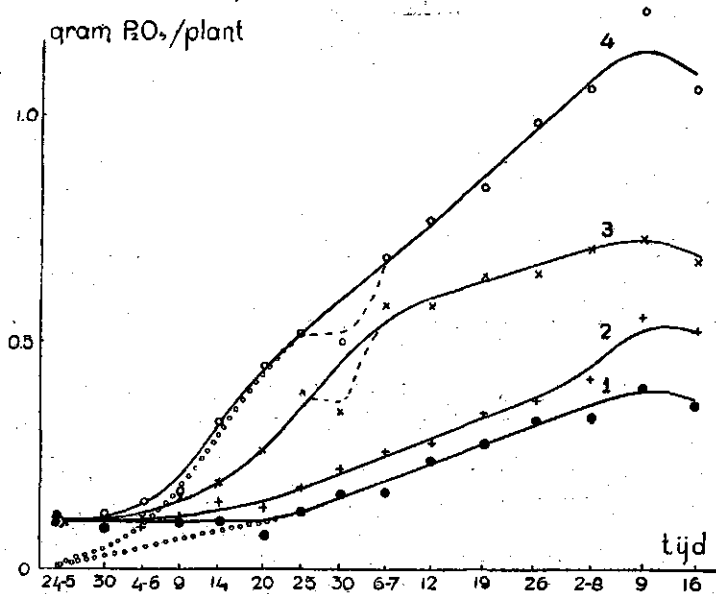


FIG. 10. Course of intake of P_2O_5 with different phosphate dressings (..... without seed potato).

de objecten 1, 2 en 4 over een lange periode bijna voorgesteld kan worden door een rechte lijn. In afwijking hiervan blijkt bij het vrij goed met fosfaat voorziene object 3 de aanvankelijk sterke opname later te verminderen. De opname gaat echter bij 1, 2 en 4 met bijna constante snelheid voort tot de voorlaatste waarneming, d.w.z. tot een tijdstip, waarop de afbraak van het blad reeds gedurende 4 weken aan de gang is (vgl. fig. 5) en dit in belangrijke mate vergeeld en afgestorven is (vgl. fig. 1). Bij de onderzoeken van WAGNER (15) en MASCHHAUPT (12) werd hetzelfde gevonden. De wortels van aardappelen blijven dus zeer lang functionneren. Volgens nog niet gepubliceerde onderzoeken van GOEDEWAAGEN met het ras Bintje sterven zij inderdaad heel laat af, namelijk pas als het loof nagenoeg geheel dood is.

Opmerkelijk is de zeer gelijkmatige ligging van de stippen, wat vertrouwen wekt in de betrouwbaarheid van de bepalingen. Bij de lijnen 3 en 4 valt echter de op 30 Juni gedane waarneming belangrijk lager uit. Dit is een gevolg van de geringe stofvorming in de voorafgaande periode (vgl. fig. 4) en een laag gehalte aan P_2O_5 (vooral in blad en stengel (tabel 2) in de op die datum geoogste plantendelen. Het is niet onwaarschijnlijk, dat het werkelijke verloop van de P_2O_5 -opname het best kan worden weergegeven door de onderbroken lijnen in fig. 10. Op een periode van stilstand zou dus een periode van snellere opname gevolgd zijn, toen de weersomstandigheden weer gunstiger voor het gewas werden.

Bij het niet met fosfaat bemeste object is de totaal in moederknol en plant aanwezige hoeveelheid P_2O_5 in het begin geruime tijd vrijwel onveranderd gebleven. Voor zover er mogelijk enige fosfaatopname heeft plaats gehad, is deze gecompenseerd door verliezen uit de afstervende knol. Deze kunnen onmogelijk groot geweest zijn, omdat de hoeveelheid P_2O_5 van de moederknol op het ogenblik, dat deze in ontbinding overgaat, zeer gering geworden is (vgl. hieronder fig. 17). Tot het verschijnen van de nieuwe knollen heeft het gewas op de fosfaatarme grond practisch geheel op de fosfaatvoorraad van de moederknol geleefd. Geheel anders is het gesteld bij het goed met fosfaat voorziene gewas. Reeds op 4 Juni is een zeer duidelijke vermeerdering van de in het gewas aanwezige hoeveelheid P_2O_5 aantoonbaar, ook op 30 Mei en zelfs op 24 Mei is dit bijkans de hogere P_2O_5 -gehalten van blad en stengel (tabel 2) waarschijnlijk reeds het geval. Deze planten zijn dus onmiddellijk begonnen P_2O_5 uit de grond op te nemen.

Ook in latere groeistadia is de opname bij de goed voorziene objecten sterker, doch het verschil is niet zo groot als in het begin.

De N-opname (fig. 11) vertoont een beeld, dat nogal afwijkt van de P_2O_5 -opname. Terwijl deze laatste met vrij constante snelheid tot het einde van de ontwikkeling voortgaat, neemt de N-opname reeds veel eerder af en is bij object 4 reeds op 12 Juli practisch beëindigd. Dit is een bevestiging van de door MASCHHAUPT (12) en WAGNER (15) verkregen resultaten. HECKE (4) vond echter een veel langer durende N-opname. Deze beëindiging van de N-opname hangt zeer zeker samen met de physiologische toestand van het gewas en is niet een gevolg van een mogelijk opraken van de N-voorraad van de grond. Dit laatste is in het midden van de zomer onwaar-

schijnlijk. Hiertegen pleit ook, dat het verschijnsel ook optreedt bij het op fosfaatarme grond gegroeide, minder ontwikkelde gewas van object 1, hoewel de N-opname hier belangrijk geringer is geweest. Bij object 1, gaat de opname iets langer door. Het is niet onmogelijk, dat er daarna weer enige N uit het gewas verdwijnt, wat vooral bij object 1 het geval zou

FIG. 11. Verloop van de opname van N zonder en bij zware fosfaatbemesting
ooooo zonder de moederknol, - - - - - mogelijk verloop.

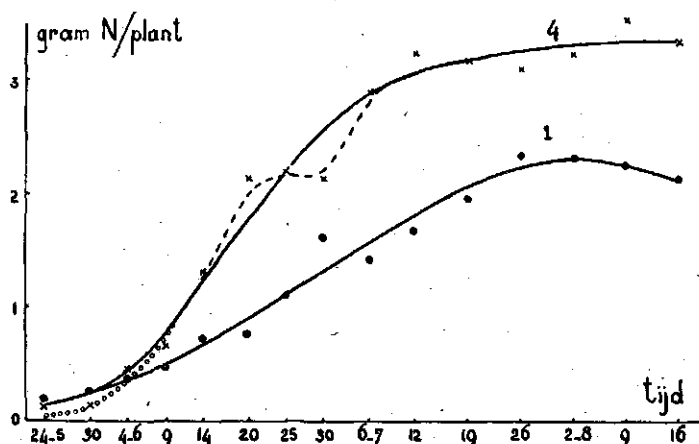


FIG. 11. Course of intake of N without and with heavy phosphate dressing
(ooooo without seed potato).

kunnen zijn. Dit verschijnsel is herhaaldelijk beschreven; wij mogen hier verwijzen naar VAN ITALLIE (8) en voor een recent onderzoek naar KNOWLES, WATKIN en COWIE (7). Het is in overeenstemming met de ervaringen, dat deze teruggang gemakkelijker optreedt bij een gewas, waar een relatieve overmaat aan een bestanddeel voorhanden is. Dit is hier het geval bij object 1, waar de tengevolge van P-gebrek spaarzaam ontwikkelde planten overvloedig van N zijn voorzien. Het verschijnsel treedt overigens weinig overtuigend op en is hier niet met zekerheid aangetoond.

Duidelijker dan bij de P_2O_5 -opname blijkt er bij object 4 in de periode 20-30 Juni, welke voor het welige gewas ongunstig was, een stilstand in de N-opname te zijn geweest. Aangezien de N-opname, zoals wij zoëven zagen, op het zelfde tijdstip beëindigd wordt, als waarop de afvoer van stof uit het blad op de stofvorming gaat overheersen, en zich hier tijdelijk hetzelfde verschijnsel onder invloed van ongunstige omstandigheden voordoet, wijst dit stagneren van de N-opname misschien op een begin van noodrijping.

Evenals de P_2O_5 -opname bij goede voeding vroegtijdig aantoonbaar was, is dit bij de N-opname het geval. Opmerkelijk is dat de slecht ontwikkelde, bij onvoldoende P-voorziening gegroeide planten, ook dadelijk gretig N opnamen, hetgeen bewijst, dat zij over een goed functionerend wortelstelsel

beschikten. Niettegenstaande dat werd geen P_2O_5 opgenomen, waaruit blijkt, dat de aardappelplant in zijn vroege ontwikkeling hoge eisen aan de P-voorziening stelt.

b. Het verloop van de relatieve opname

Teneinde te kunnen nagaan, in hoeverre de in deze proef vastgestelde relatieve opname van P_2O_5 en N in overeenstemming is met de uitkomsten van vroegere onderzoeken, is het door VAN ITALLIE (8) uit verschillende resultaten afgeleide gemiddelde beeld weergegeven in fig. 12. De maximaal

FIG. 12. Gemiddeld verloop van de relatieve opname van N, P en K en van de stofproductie bij de aardappel volgens VAN ITALLIE.

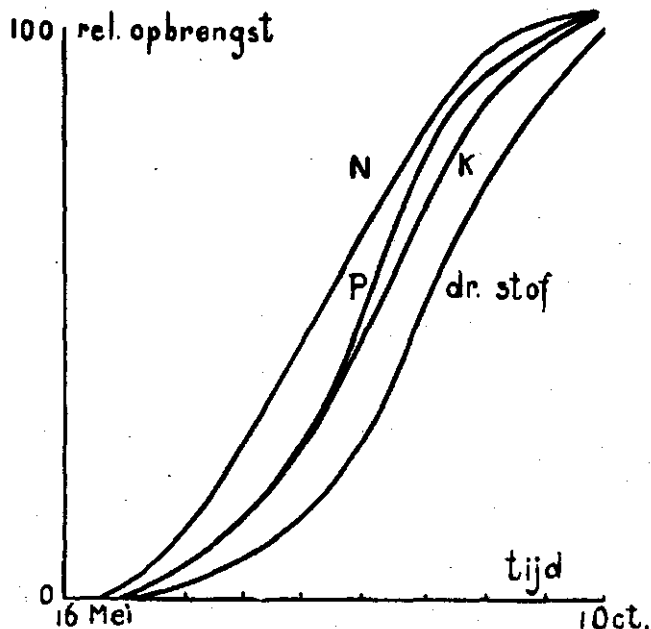


FIG. 12. Average course of relative intake of N, P and K and of production of dry matter by the potato according to VAN ITALLIE.

opgenomen hoeveelheden N, P, resp. K, en de gevormde hoeveelheid droge stof zijn hier 100 gesteld. Het kenmerkende in deze figuur is het vooruitlopen van de stofopname op de vorming van de droge stof. In het bijzonder is dit met de N-opname het geval.

Fig. 13 geeft het beeld van het in de eigen proef verkregen resultaat. Links in deze figuur is het verloop van de opname bij overvloedige P-voeding, rechts bij P-tekort afgebeeld. In beide gevallen is het beeld niet zeer afwijkend van het door VAN ITALLIE bepaalde gemiddelde. Afwijkend is slechts de korte vegetatieperiode, maar het vooruitlopen van de stofopname, vooral die van de stikstof, op de stofvorming is in beide gevallen duidelijk.

In tegenstelling met het door HECKE (4) uitgesproken vermoeden, dat P_2O_5 -gebrek door een steiler verloop van de P_2O_5 -kromme in de tweede helft van de vegetatieperiode gekenmerkt zou zijn (evenals door hem voor K gevonden was), blijkt veeleer het tegendeel. Het verschil tussen het relatieve

FIG. 13. Verloop van de relatieve N- en P-opname met zware (4) en zonder fosfaatbemesting (1).

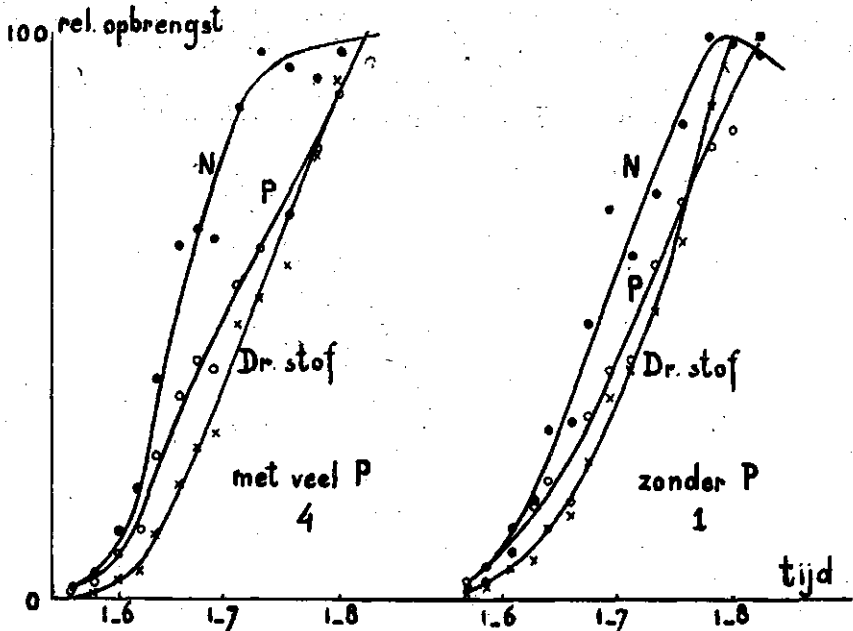


FIG. 13. Course of relative intake of N and P with (4) and without (1) heavy phosphate dressing.

verloop van de P-opname bij zeer gebrekkige en bij overvloedige P-voorziening is zeer gering, wat de opvattingen van VAN ITALLIE hieromtrent bevestigt. De nog door HECKE gekoesterde verwachting, dat uit het verloop van de relatieve P-opname gevolgtrekkingen te maken zouden zijn over de P-behoefte van de aardappel gaat niet in vervulling. Het absolute verloop van de opname geeft ons hierover een duidelijker indicatie (blz. 22 - 23)

c. De opname van P_2O_5 in het blad

Blijkens tabel 2 is het P_2O_5 -gehalte van de droge stof het hoogst in het jonge blad, daarna neemt het tamelijk geleidelijk af; deze uitkomst stemt overeen met door oudere auteurs verkregen resultaten. Verschillen in P_2O_5 -gehalte van het blad van slecht en goed met fosfaat voorzien gewas komen van de aanvang af voor. Het grootst zijn deze verschillen op het tijdstip, waarop zeer kleine knolletjes aanwezig zijn, d.w.z. omstreeks 20 Juni; later nemen zij weer af. In Augustus zijn de gehalten bij object 1

zeker niet lager dan bij object 2 en 3. Voor een karakterisering van de P-toestand van de grond schijnt een, in betrekkelijk jong loof bepaald, P_2O_5 -gehalte dus de betrouwbaarste maatstaf te zijn.

Fig. 14 geeft een beeld van het verloop van het in het blad aanwezige P_2O_5 . Veel scherper dan bij fig. 5, welke de vorming van de bladsubstantie aangeeft, komt een inzinking in de P_2O_5 -hoeveelheid in de voor het gewas

FIG. 14. Verloop van de P_2O_5 -opname in het loof bij verschillende fosfaatbemesting.

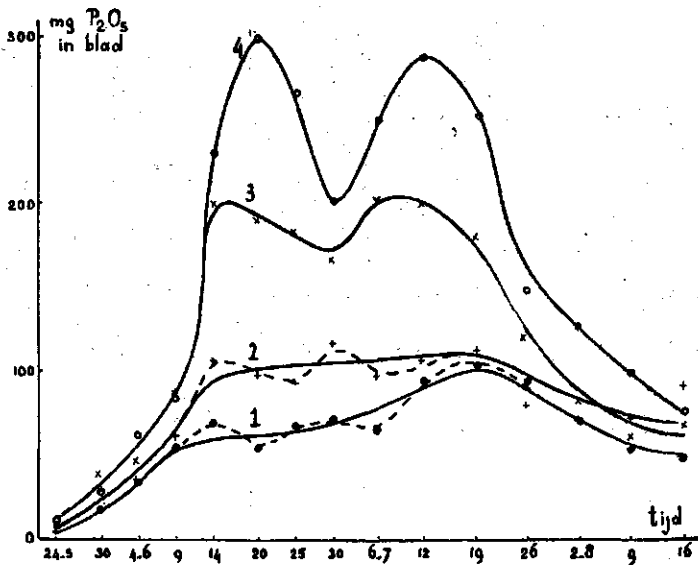


FIG. 14. Course of P_2O_5 in the leaves with different phosphate dressings.

ongunstige periode 20-30 Juni, zowel bij object 3 als 4, tot uiting. Het gelijktijdig optreden bij beide objecten wekt vertrouwen in de betrouwbaarheid van deze vaststelling, welke nog wordt versterkt door een soortgelijke, maar zwakkere aanwijzing bij object 2 (zie stippellijn). Door WAGNER (15) is een overeenkomstige figuur afgebeeld (vgl. fig. 7, blz. 240), evenwel zonder een inzinking.

Reeds op een zeer vroeg tijdstip, 20 Juni of nog iets eerder, was de maximale hoeveelheid P_2O_5 bij de objecten 3 en 4 in het blad aanwezig. Dit bedrag is veel later, toen hernieuwde bladvorming optrad, opnieuw bereikt, maar niet overschreden. Van belang is, dat een afvoer van P_2O_5 uit het blad inzet, als het gewas in ongunstiger omstandigheden komt te verkeren. Dit zou, evenals de stagnatie van de N-opname, als een vervroegd symptoom van afrijpen kunnen worden beschouwd. Zodra de groeiomstandigheden weer gunstiger worden, is omkering nog mogelijk, zodat nog niet van het intreden in een nieuwe fase van ontwikkeling gesproken kan worden.

Bij slechte fosfaatvoeding neemt de hoeveelheid P_2O_5 over een veel langere

periode toe, wat vermoedelijk met de voortzetting van de vorming van bladsubstantie verband houdt. Het is mogelijk, dat er zekere schommelingen in de aanwezige hoeveelheid zijn voorgekomen, maar het verloop wekt een regelmatig indruk dan bij overvloedige P-voeding.

Naarmate de bladsubstantie vermindert, wordt ook het P_2O_5 -gehalte lager, zodat de hoeveelheid relatief sneller afneemt.

d. De opname van P_2O_5 in de stengel

In tegenstelling met hetgeen bij het blad is gevonden, stijgt het P_2O_5 -gehalte van de stengel bij goede P-voeding aanvankelijk nog sterk (tabel 2), wat vermoedelijk met ophoping van P_2O_5 in de voor het stoftransport dienende elementen verband houdt. Bij onvoldoende P-voeding is dit niet het geval. Tegen het einde van de groei vermindert het gehalte vooral zeer sterk bij de goed met P_2O_5 voorziene planten, zodat er einde Juli praktisch geen verschillen tussen de objecten bestaan. Het fosfaatarme gewas is mogelijk fysiologisch jonger, waardoor het P_2O_5 -gehalte hoger is, wat de invloed van het fosfaatgebrek zou kunnen compenseren.

Het verloop van de in de stengels aanwezige hoeveelheid P_2O_5 (fig. 15) wijkt af van het verloop bij de bladen. Reeds zeer vroeg is namelijk bij

FIG. 15. Verloop van de P_2O_5 -opname in de stengels bij verschillende fosfaatbesteding.

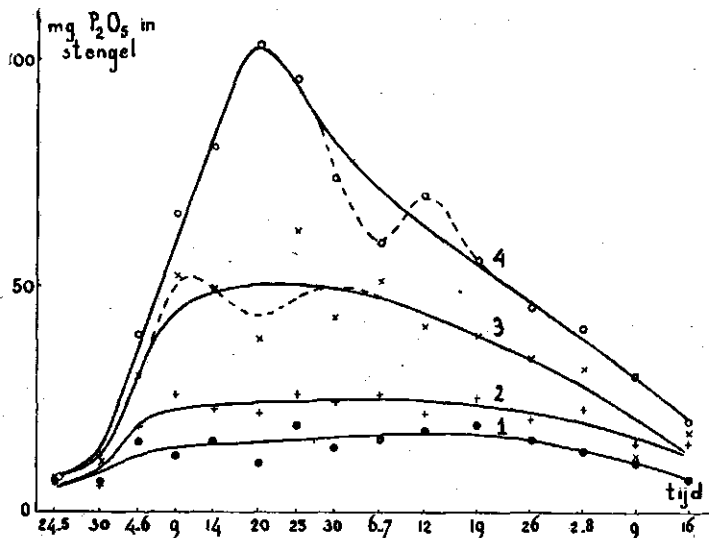


FIG. 15. Course of P_2O_5 in the stems with different phosphate dressings.

het goed met P_2O_5 gevoede gewas een maximum aanwezig, waarna een snelle daling volgt. Voor een tweede top zijn slechts zwakke aanwijzingen (gestippeld verloop van de lijn). Bij wat minder overvloedige voeding

is de top veel minder spits. Bij slechte P-voeding neemt de in de stengels aanwezige hoeveelheid nog vrij lang toe. In afwijking hiervan vond WAGNER (15), dat de in de stengel voorkomende hoeveelheid P_2O_5 langer bleef toenemen dan de hoeveelheid in het blad (vgl. fig. 7, blz. 240, in zijn publicatie).

Van het tijdelijk voorkomen van grote verschillen in het P_2O_5 -gehalte van jonge stengels zou bij bepaalde onderzoeken op het gebied van bodemkunde en plantenvoeding gebruik kunnen worden gemaakt, om verschillen in fosfaattoestand volgens een gevoelige methode vast te stellen. Het P_2O_5 -gehalte van de goed voorziene planten was b.v. tussen 14 en 20 Juni, d.w.z. in het tijdvak, waarin de knollen worden aangelegd, $2\frac{1}{2}$ -3 maal zo hoog als bij de planten met fosfaatgebrek, terwijl in het blad slechts een dubbel zo hoog gehalte gevonden is. In andere delen, zoals b.v. de rijpe knollen, zijn de verschillen belangrijk geringer.

e. De opname van P_2O_5 in de knollen

Het P_2O_5 -gehalte dat, zoals ook door anderen is gevonden, in de zeer jonge knollen het hoogst is (tabel 2), neemt geleidelijk af. Bij het zeer zwaar bemeste object is het uiteindelijke gehalte reeds tamelijk vroegtijdig bereikt, bij de overige objecten gaat de daling nog iets langer voort. Het gehalte van de knollen van het zeer fosfaatarme gewas op de objecten 1 en 2 neemt tegen het einde weer iets toe, vermoedelijk een gevolg van terugvloeien van P_2O_5 uit het loof. Opmerkelijk zijn de, vooral in latere stadia, lage

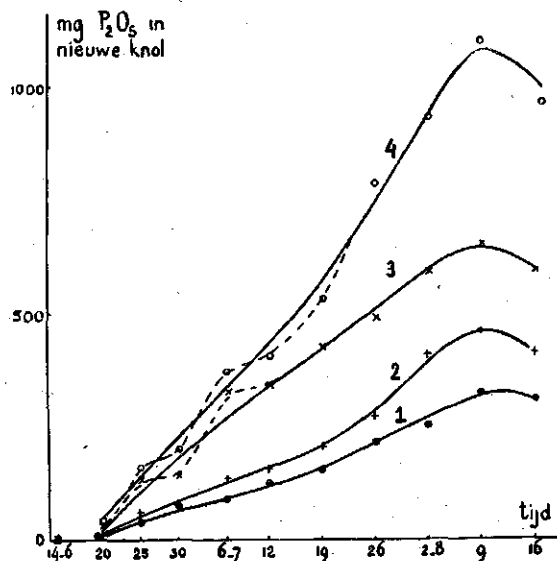


FIG. 16. Course of P_2O_5 in the tubers with different phosphate dressings. gehalten bij object 3, waaruit blijkt dat de P-toestand in dit geval, ondanks

de zware P-bemesting (260 kg/ha P_2O_5), zeker nog niet ruim is geweest.

Het beeld van de P_2O_5 -opname in de knollen (fig. 16) toont overeenstemming met het beeld, dat van de totale P_2O_5 -opname is verkregen (fig. 10). De knolvorming overheerst namelijk in latere groeistadia sterk op de blad- en stengelvorming (fig. 9). Het verloop is vrij regelmatig en over de gehele periode vrij constant. Bij de objecten 1 en 2, en enigszins bij 4, wordt in latere groeistadia iets meer P_2O_5 opgenomen, dat blijkbaar uit het loof afkomstig is. Bij object 3, waar de totale P_2O_5 -opname tegen het einde verminderde, valt dit verschijnsel niet op.

De onderbroken, golfvormige lijnen geven het werkelijke verloop bij de objecten 3 en 4 waarschijnlijk op juistere wijze weer dan de volgetrokken lijnen. In de periode 25-30 Juni staat de P_2O_5 -toevoer niet geheel stil, maar vindt nog toename plaats, vermoedelijk ten koste van het blad. Na 6 Juli wordt bij beide objecten opnieuw een langzamere opname waargenomen. Deze komt niet tot uiting in het verloop van de totale opname en moet aan hernieuwd toevloeien van P_2O_5 naar het blad worden toegeschreven.

Het is dubieus of de bij alle objecten bij de laatste waarneming geconstateerde vermindering van het P_2O_5 -gehalte voldoende betrouwbaar vastgesteld is. Door KNOWLES, WATKIN en COWIE (7) werd wel een dergelijke afname gevonden.

1. De afvoer van P_2O_5 uit de moederknol

FIG. 17. Verloop van de afvoer van P_2O_5 uit de moederknol bij verschillende fosfaatbemesting.

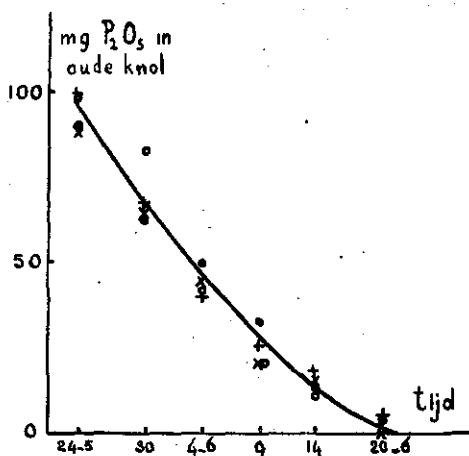


FIG. 17. Course of removal of P_2O_5 from the seed potato with different phosphate dressings.

uit de grond opneemt, maar in het andere de moederknol teert.

Waarschijnlijk als gevolg van het verbruik van organische stof bij de ademhaling van de ontspruitende poter, neemt het P_2O_5 -gehalte aanvankelijk zelfs toe (tabel 2), pas tegen het einde daalt het beneden het oorspronkelijke.

De afvoer van P_2O_5 wordt weergegeven in fig. 17. Het verloop is in het begin bijna lineair. De P_2O_5 -onttrekking uit de oude knol wordt niet beïnvloed door de fosfaatrijkdom van de grond: zowel bij overvloedige als bij zeer gebrekkige fosfaatvoorziening wordt het P_2O_5 in gelijke intensiteit afgevoerd, niettegenstaande het gewas in het ene geval reeds gelijktijdig belangrijke hoeveelheden P_2O_5 volledig op de voorraad van

g. De opname van N in de verschillende plantendelen en de afvoer uit de moederknol

Na de uitvoerige bespreking van de opname van P_2O_5 , is het overbodig diep in te gaan op de N-opname; daar hierdoor geen principieel nieuwe gezichtspunten worden geopend.

Tabel 3 doet ons zien, dat het N-gehalte van het blad, evenals het P_2O_5 -gehalte, eerst een kleine stijging ondergaat, om vervolgens te dalen. In de periode 20 Juni tot 19 Juli handhaaft het zich op een vrij constant peil. Iets dergelijks is door WAGNER (15) gevonden. Opvallend is de grote gelijkheid van het N-gehalte bij zeer gebrekkige en bij zeer overvloedige P_2O_5 -voeding; pas bij de laatste waarnemingen is het N-gehalte bij P_2O_5 -gebrek in het blad hoger. Het vroegere afsterven is niet veroorzaakt door een lager N-gehalte van het loof. Het hogere N-gehalte bij P-gebrek op het eind van de ontwikkeling is waarschijnlijk evenmin een gevolg van de relatieve N-overmaat, welke de bij P-gebrek gegroeide planten tijdens hun ontwikkeling hebben ondervonden, maar van een vroeger overwegen van de stofafbraak in het blad bij goede P_2O_5 -voeding.

In verband met het overeenkomende N-gehalte bij beide objecten, zal een afbeelding van het verloop van de N-opname in het blad veel gelijkennis tonen met fig. 5, waarin de vorming van stofs substantie is afgebeeld. Het enige verschil is, dat de rechtse dalende takken van lijn 1 en lijn 4 hier ongeveer op elkaar zouden vallen, daar het N-gehalte bij object 4 op een later tijdstip belangrijk lager is.

Enigszins anders is het verloop van het N-gehalte van de stengel (tabel 3). Dit blijkt, vooral bij object 4, aanvankelijk sterk te stijgen, wat waarschijnlijk verband houdt met de toevoer van N naar het krachtig groeiende blad. Daarna daalt het N-gehalte echter sterk, bij object 4 veel meer dan bij object 1, zodat het N-gehalte na midden Juni in de stengels van het fosfaatarme gewas steeds hoger is geweest. Dit kan eenvoudig een gevolg zijn van het langer doorgroeien van het blad, waardoor een toevoer van N langer gehandhaafd blijft.

Het N-gehalte van de nieuw gevormde knollen is bij het fosfaatarme gewas voortdurend, tijdelijk zelfs zeer belangrijk, hoger geweest. Men kan dit zowel beschouwen als een minder voortgeschreden rijping van de knollen, als gevolg van een relatief betere N-voeding.

Het is opvallend, dat zonder P-bemesting wel het N-gehalte van knol en stengel hoger is, maar dat dit bij het jonge blad niet het geval is. Volgens nog niet gepubliceerde onderzoeken van DE WILLIGEN berust het verschil in N-gehalte bij een uiteenlopende P-voeding voor een belangrijk deel op een hoger gehalte aan amiden bij het P-arme gewas. Het is aannemelijk, dat deze uit het blad naar de knol worden afgevoerd en het verschil blad en knol, resp. stengel, op deze wijze verklaarbaar wordt.

Evenals het P_2O_5 -gehalte van de moederknol aanvankelijk iets toeneemt, is dit met het N-gehalte het geval. Er volgt daarna echter geen daling, zodat de N uit de poter niet in even sterke mate onttrokken wordt als het P_2O_5 . Tussen goed en slecht met P_2O_5 voorzien gewas bestaat er in dit opzicht, evenals bij de P_2O_5 -onttrekking, geen verschil.

5. DE VERHOUDING TUSSEN P_2O_5 -OPNAME EN STOFVORMING

De verhouding tussen de hoeveelheid van een stof, die opgenomen wordt, en de vorming van organische substantie kan ons volgens VAN DE SANDE BAKHUYZEN inzicht verlenen over de loop van de physiologische ontwikkeling van het gewas.

Het in totaal opgenomen P_2O_5 is in fig. 18 uitgezet tegen de totaal gevormde stof. Uit deze figuur blijkt, dat er tussen beide grootheden bij

FIG. 18. Verhouding tussen opgenomen P_2O_5 en de totaal gevormde droge stof bij verschillende fosfaatbemesting.

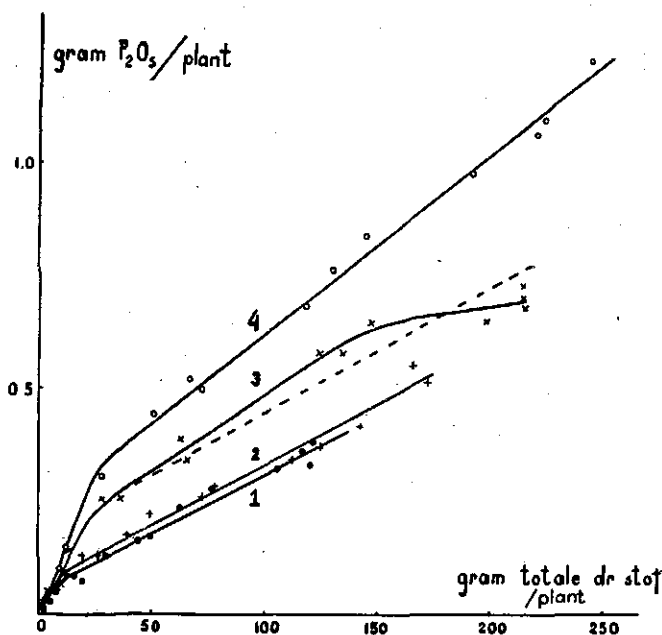


FIG. 18. Relation between the quantity of P_2O_5 in the plant and total dry matter with different phosphate dressings.

alle objecten opvallend constante verhoudingen bestaan. Er zijn duidelijk twee gedeelten te onderscheiden. Tot ongeveer de 4e à 5e waarneming, d.w.z. tot ongeveer 9-14 Juni stijgt de lijn steil, er wordt dus per opgenomen hoeveelheid P_2O_5 slechts betrekkelijk weinig stof gevormd. De verhouding wijzigt zich dan vrij plotseling, de stijging van de lijn wordt minder steil, wat een grotere stofvorming per eenheid opgenomen P_2O_5 retrekt.

De spreiding van de punten is bij de objecten 1, 2 en 4 inderdaad gering en de overgang van de ene in de andere verhouding is snel, althans in enkele dagen, doorlopen. Alleen bij object 3 kan een rechte lijn minder ongedwongen getekend worden (stippellijn). Men zou dan een belangrijk grotere spreiding van de zeven laatste waarnemingen moeten

accepteren. Mogelijk is er dus in dit geval later nog een wijziging in de verhouding opgetreden.

De uitkomst toont overeenstemming met door VAN DE SANDE BAKHUYZEN (2) bij andere gewassen verkregen uitkomsten. De periode 9-14 Juni zou dus bij onze aardappelplanten als een overgangperiode, volgens de opvattingen van VAN DE SANDE BAKHUYZEN een kritische periode, waarin hij zich het gewas als bijzonder gevoelig voor uitwendige factoren voorstelt, opgevat kunnen worden.

In de verdeling van de gevormde stof over de verschillende organen en in het uiterlijk voorkomen van de bovenaardse delen van de planten is echter geen aanwijzing van deze overgang, die bij graanplanten zo duidelijk twee uiterlijk verschillende ontwikkelingsstadia, zoals stoelen en schieten, onderscheidt, te vinden. Onder de grond beginnen zich echter op dit tijdstip de knollen te vormen. Een belangrijke wijziging voltrekt zich vermoedelijk in de stofwisseling: de organische stof wordt van nu af niet uitsluitend voor opbouw van nieuwe levende cellen en voor ademhaling verbruikt, maar een begin wordt gemaakt met de vorming van reservestoffen, welke voorlopig in blad en stengel en daarna geleidelijk ook in de zich nu ontwikkelende knollen worden gedeponeerd.

Het is misschien goed er op te wijzen, dat men zich deze verhoudingen niet al te absoluut moet denken. Uit tabel 2 blijkt duidelijk, dat er nog vrij belangrijke, zeker niet slechts toevallige, schommelingen in het P_2O_5 -gehalte van de droge stof van blad en stengel (ook van deze gezamenlijk) zijn voorgekomen.

Terwijl bij overvloedige P-voeding in de eerste fase van de ontwikkeling per gram opgenomen P_2O_5 75 g droge stof gevormd worden, is dit bedrag bij minder gunstige P-voorziening aanmerkelijk hoger. Bij object 3 bedraagt dit 105, bij object 2 en 1 130 gram. Ook in de tweede periode is er een belangrijk verschil. Per opgenomen gram P_2O_5 produceert het gewas op object 4 260 g droge stof, bij fosfaatgebrek op object 2 en 1 echter 370 g. Bij minder goede voeding gaat het gewas dus zuiniger met het P_2O_5 om. Een grote toevvoer van P_2O_5 stelt het gewas echter in staat eenzelfde hoeveelheid stof in een veel korter tijdsbestek te produceren.

6. DE VERHOUDING TUSSEN N-OPNAME EN STOFVORMING

Na het bovenstaande is het leerzaam ook de verhouding tussen de opname van N en de gevormde stof in ogenschouw te nemen. Het verband wordt voor de objecten 1 en 4 weergegeven in fig. 19.

In een eerste periode, waarin in tegenstelling tot het fosfaat al een belangrijk gedeelte van de stikstof opgenomen wordt, bestaat er evenredigheid tussen N-opname en stofvorming. Na de 5e waarneming op 14 Juni treedt bij object 4 een stagnatie in de N-opname op, terwijl de stofvorming voortgaat. Hoe de veranderingen zich daarna voltrekken is niet duidelijk, mogelijk wordt dit door de gestippelde lijn juister weergegeven dan de getrokkenen. Een volledige beëindiging van de N-opname komt later, waarna echter nog veel droge stof gevormd wordt.

De eerste verandering in het verloop van de lijn valt tijdelijk ongeveer samen (hoewel misschien even later) met de wijziging, die wij in de verhouding tussen P_2O_5 -opname en stofvorming konden vaststellen, en met

FIG. 19. Verhouding tussen opgenomen N en de totaal gevormde droge stof zonder (1) en met zware fosfaatbemesting (4). Voor betekenis stip-pellijn zie tekst.

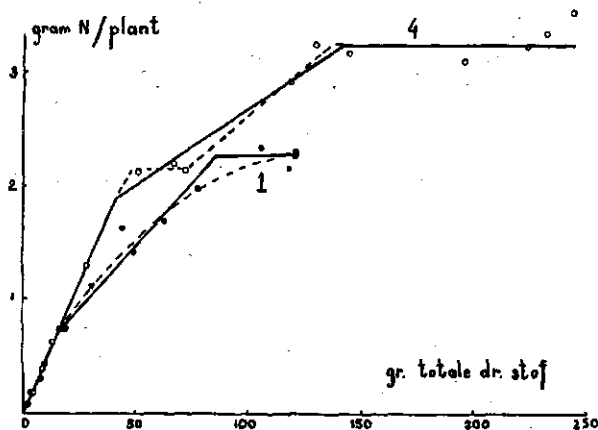


FIG. 19. Relation between the quantity of N in the plant and total dry matter with different phosphate dressings.

het begin van de vorming van knollen en van een overschot aan reserve-stoffen. Zij levert dus een nadere aanwijzing voor een belangrijke omzetting in de physiologie van de plant.

De tweede belangrijke wijziging vindt bij object 4 ongeveer op 12 Juli plaats, de datum, waarop de afbraak van bladsubstantie aanvangt. Ook hierin ligt een aanwijzing voor de intrede van een nieuwe fase in de ontwikkeling. Een andere mogelijkheid, dat de afbraak van het blad eenvoudig optreedt als gevolg van een uitgeput raken van de N-voorraad van de grond moet om eerder genoemde redenen (blz. 23-24, vergelijk ook volgende §) onwaarschijnlijk worden geacht.

De hiervan iets afwijkende, bij object 1 verkregen uitkomsten, zijn met de voorgaande niet in strijd. Hoewel de verhouding zich hier geleidelijker lijkt te wijzigen (stippellijn), doet het door de volle lijn aangegeven discontinue verloop de feiten geen geweld aan. Het stadium, waarin de stofvorming voortgaat zonder dat N wordt opgenomen, treedt evenwel minder duidelijk, pas op het laatst, naar voren. De afbraak van bladsubstantie begint hier evenwel ook pas tussen 19 en 26 Juli.

7. DE VERHOUDING TUSSEN DE OPNAME VAN P_2O_5 EN VAN N

Ook de verhouding tussen de opgenomen hoeveelheden P_2O_5 en N geeft

een duidelijk beeld van de verschillende opname van beide stoffen (fig. 20).

Duidelijk blijkt dat bij object 4 N en P over een geruime tijd in een vaste verhouding zijn opgenomen. Op overtuigende wijze wordt verder aangetoond,

FIG. 20. Verhouding tussen opgenomen N en P_2O_5 , zonder (1) en met (4) zware fosfaatbemesting.

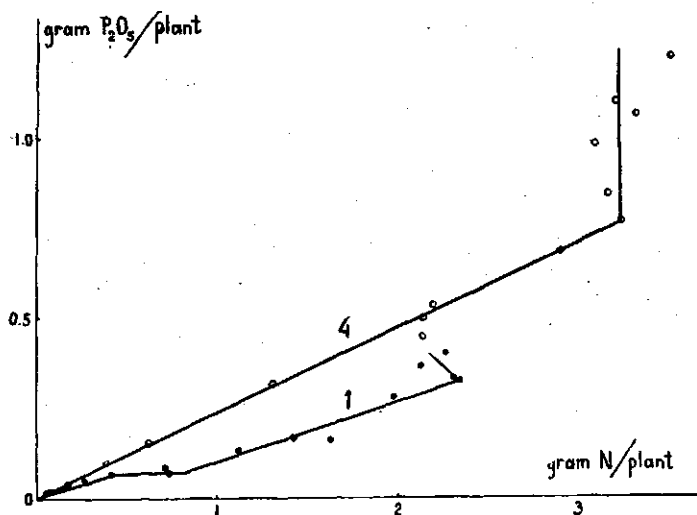


FIG. 20. Relation between the quantities of N and P_2O_5 in the plant with different phosphate dressings.

dat de N-opname plotseling beëindigd wordt, terwijl de P_2O_5 -opname daarna nog met onveranderde intensiteit voortgaat. Uit dit laatste blijkt, dat de grond nog in staat is in belangrijke mate P te leveren. De hierboven afgewezen veronderstelling, dat de beëindiging van de N-opname een gevolg zou kunnen zijn van het ontbreken van N in de grond, lijkt ook in dit licht onaannemelijk.

Bij object 1 wordt een iets ander beeld verkregen. Bij fosfaatgebrek is de verhouding tussen P_2O_5 - en N-opname van het begin af kleiner. Na de 4e waarneming wordt klaarblijkelijk de P-opname gestopt, terwijl de voor deze onderbreking gevonden verhouding tussen P- en N-opname weer hersteld wordt, zodra na de 6e waarneming wederom P_2O_5 wordt opgenomen. Laat men deze onderbreking buiten beschouwing, dan is dus ook in dit geval een constante verhouding gevonden. De onderbreking van de P-opname laat zich verklaren door het uitgeput raken van de moederknol op een tijdstip, waarop het wortelstelsel nog niet in staat is P uit de fosfaatarme grond op te nemen.

Ook bij dit object is de beëindiging van de N-opname zeer plotseling. Het laatste terugwijkende deel van de lijn kan aanduiden, dat P_2O_5 is opgenomen, terwijl N is afgegeven. Of dit laatste werkelijk het geval is geweest, moeten wij in het midden laten.

8. DE VERHOUDING TUSSEN P_2O_5 EN DROGE STOF VAN DE KNOLLEN

Uit tabel 2 blijkt, dat het P_2O_5 -gehalte van de pas aangelegde knollen hoog is, bij ouder worden daalt het snel. Spoedig worden echter vrij constante waarden verkregen, met uitzondering van object 3, waar de daling enige tijd langer voortgaat.

Deze vrijwel gelijk blijvende gehalten wijzen er reeds op, dat de verhouding tussen in de knollen opgenomen P_2O_5 en de nieuw gevormde stof

FIG. 21. Verhouding tussen de hoeveelheid P_2O_5 in de knollen en de droge stof van de knollen bij verschillende fosfaatbemesting ($\times$, $+$, $\circ$ en $\cdot$, resp. 0, 60, 260, 600 kg/ha P_2O_5).

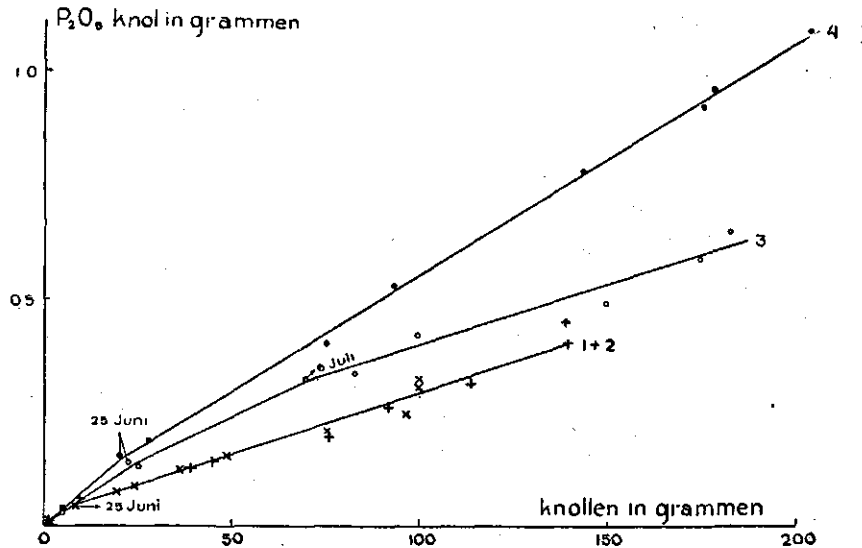


FIG. 21. Relation between the quantity of P_2O_5 in the tubers and the dry matter of the tubers with different phosphate dressings ($\times$, $+$, $\circ$ en $\cdot$, dressing with 0, 60, 260, 600 kg/ha P_2O_5 respectively).

over een lange periode constant moet zijn, hetgeen in fig. 21 duidelijk tot uiting komt. Vanaf 25 Juni tot het einde van de groei blijkt de verhouding bij de objecten 1, 2 en 4 (vooral deze laatste) zeer constant te zijn. Voor deze datum is in verhouding belangrijk meer P_2O_5 opgenomen.

Een duidelijk verschil tussen de objecten 1 en 2 is niet aanwezig, zodat het verband door dezelfde lijn kan worden weergegeven. Bij ruime fosfaatvoeding wordt zowel voor als na 25 Juni meer P_2O_5 opgenomen.

Een eigenaardige tussenpositie wordt door object 3 ingenomen. Na een aanvankelijk vrij sterke P_2O_5 -opname wijzigt de verhouding, waarin deze tot de stofvorming staat, zich nogmaals op ongeveer 6 Juli, om daarna aan die van de fosfaatarme objecten gelijk te worden. Het gehalte van de rijpe knollen van dit object is daardoor slechts weinig hoger dan van zonder

fosfaat gegroeide knollen (0.34 tegen 0.31), hoewel het verschil in eerste aanleg veel groter was.

9. DE VERHOUDING TUSSEN DROGE STOF EN VOCHT VAN DE KNOLLEN

Aangezien het tijdens het transport van het plantenmateriaal naar het laboratorium uiteraard onvermijdelijk was, dat er belangrijk waterverlies als gevolg van verdamping geleden werd, had het weinig zin het droge stof-, resp. vochtgehalte te bepalen. Alleen van de knollen kan aangenomen worden, dat geen aanzienlijk waterverlies is opgetreden.

FIG. 22. Verhouding tussen vocht en droge stof van de knollen (—) en de veranderingen van het droge stof gehalte, dat uitgezet is tegen de hoeveelheid gevormde droge stof (-----).

. en o, verhouding vocht en droge stof resp. zonder en met fosfaatbemesting.

+ en X, resp. droge stof gehalte zonder en met fosfaatbemesting.

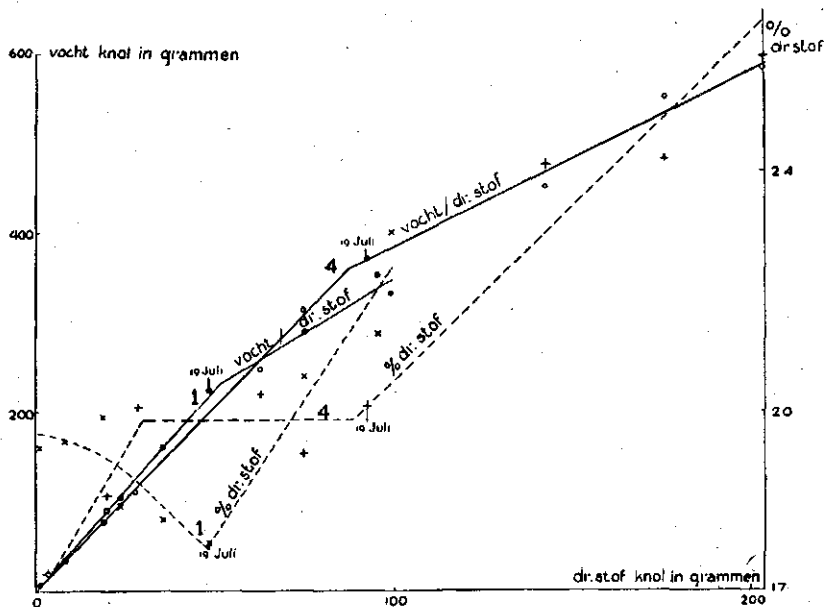


FIG. 22. Relation between moisture and dry matter of the tubers (—) and changes (.....) of the content of dry substance (plotted against quantity of dry matter).

. and o, relations between moisture and dry matter without and with phosphate dressing

X and +, relations between content of dry substance and quantity of dry matter without and with phosphate dressing.

In fig. 22 is de verhouding tussen droge stof en vocht van de knollen afgebeeld (volle lijnen). Duidelijk blijkt er een belangrijk verschillende verhouding voor en na de 11e waarneming (19 Juli). De knik in de lijn valt bij ruime fosfaatvoeding waarschijnlijk even voor, bij fosfaatgebrek even na deze datum, maar het tijdsverschil belooft zeker niet meer dan enkele

dagen. Deze bijna gelijktijdige verandering van de verhouding bij ruime en slechte fosfaatvoorziening is zeker opmerkelijk. Het overwegen van de afvoer van stoffen uit de bladen naar de knollen ving, zoals hierboven vermeld werd, bij goede fosfaatvoeding reeds vóór, bij onvoldoende voeding pas ná deze datum aan. Na deze datum is dus knolweefsel met een belangrijk lager watergehalte gevormd.

De gevolgde wijze van voorstellen laat niet toe geringe schommelingen in de verhouding duidelijk waar te nemen. Het verloop van het droge stofgehalte, dat eveneens in de figuur is opgenomen (opm. het gehalte is niet tegen de tijd, maar tegen de droge stof van de knollen uitgezet), toont geringe schommelingen, die met en zonder fosfaat duidelijk verschillen. Terwijl het gehalte aan droge stof bij ruime fosfaatvoeding eerst stijgt en daarna enige tijd ongeveer constant blijft op ongeveer 20%, om vervolgens na 19 Juli scherp te stijgen, treedt zonder fosfaat eerst een daling van het aanvankelijk wat hogere gehalte tot ongeveer 18% op, waarna eveneens een sterke stijging volgt. Bij de ruim met fosfaat gevoede planten is het droge stof gehalte van de rijpe knollen echter belangrijk hoger dan bij fosfaatgebrek, namelijk ongeveer 26% tegen 23%, hetgeen overigens ook reeds uit het verschil in onderwatergewicht (fig. 3) is gebleken.

10. DE STOFPRODUCTIE PER EENHEID BLADGEWICHT

Door de stofproductie in verhouding tot het bladgewicht te beschouwen kan een globaal inzicht over het verloop van de koolzuurassimilatie berekend op het bladgewicht verkregen worden. Teneinde toevallige waarnemingsfouten zoveel mogelijk te vermijden, is van de in de fig. 4 en 5 getrokken lijnen uitgegaan. Om dezelfde reden zijn de waarnemingen van object 2 op die van object 1, die van object 3 op de waarnemingen van object 4 herleid, en zijn deze herleide uitkomsten als duplo-bepalingen gebruikt.

Fig. 23 geeft een beeld van het verloop van de bruto assimilatie. Zonder fosfaatbemesting is de assimilatie waarschijnlijk eerst geleidelijk toegenomen om daarna op een vrij constante waarde van ± 0.13 gram droge stof per gram blad per dag te komen. Met ruime fosfaatvoeding blijkt een veel sterkere assimilatie, tot meer dan 0.2 gram per dag, mogelijk, doch de schommelingen zijn, waarschijnlijk als gevolg van een veel grotere gevoeligheid van het welige gewas voor droogte, veel aanzienlijker geweest. Over de gehele groeiperiode gerekend is de assimilatie per eenheid bladgewicht met fosfaat evenwel groter geweest. Rekening houdende met de verschillende duur van de waarnemingsperioden wordt met fosfaat een gemiddelde assimilatie gevonden van 0.15 gram, zonder fosfaat van 0.12 gram per dag, beide per gram blad, over het tijdvak 9 Juni—2 Augustus.

11. VERSCHILLENDE FASEN IN DE ONTWIKKELING VAN DE AARDAPPELPLANT

Tot welke conclusies blijken de uitkomsten van dit onderzoek met aardappelen te leiden ten opzichte van de opvattingen van VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1, 2), welke med. de aanleiding tot de uitvoering van dit onderzoek waren?

FIG. 23. Gemiddelde dagelijkse assimilatie per gram blad in verloop van de tijd zonder en bij ruime fosfaatbemesting (×).

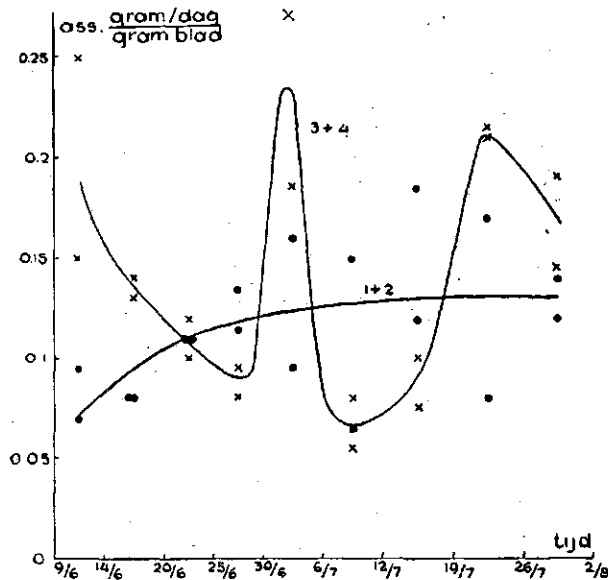


FIG. 23. Average daily assimilation per gram of leaf plotted against time without (.) and with abundant phosphate dressing (×).

Met verscheidene anderen onderscheidt deze onderzoeker verschillende fasen in de ontwikkeling van de planten, waarin belangrijke verschillen op fysiologisch en morfologisch gebied voorkomen. Een van de kenmerken van een fase zou de wijze zijn, waarop de opgenomen en de gevormde stoffen over het plantenlichaam worden verdeeld. In dezelfde fase geschiedt, dit volgens vaste verhoudingen, die in belangrijke mate onafhankelijk zijn van de uitwendige omstandigheden, waarin de plant tijdens deze fase verkeert. Ingrijpende veranderingen doen zich daarentegen voor bij de overgang in een andere fase, welke slechts kort van duur is. Zoals gezegd heeft VAN DE SANDE BAKHUYZEN ook de mening uitgesproken, dat het gewas in deze korte overgangperiode in veel sterkere mate gevoelig zou zijn voor de inwerking van uitwendige omstandigheden.

Het spreekt vanzelf, dat een in het vrije veld verricht onderzoek op deze fysiologische vragen niet zonder meer antwoord kan geven. Hiervoor zijn de omstandigheden van de cultuur in een enkele proef te veel van toevallige aard. Afwijkend waren b.v. in ons geval de extreme groeiomstandigheden in de droge periode van einde Juni, die de eerste verschijnselen van afsterven al schenen in te luiden, toen de vorming van de knollen ternauwernood begonnen was. Een ander bezwaar bij veldonderzoek is, dat het wel uiterst moeilijk is om bepalingen met grote nauwkeurigheid te verrichten en volledige zekerheid te verkrijgen. Ondanks het vele ver-

richte werk was het aantal bepalingen feitelijk nog te gering en de bepalingfout te groot.

Het is nu niettemin gebleken, dat constante verhoudingen in de verdeling van de opgenomen, en de door het gewas gevormde stof, inderdaad ook bij de aardappelplant worden aangetroffen. Belangrijke wijzigingen treden in op een tijdstip, dat ongeveer samenvalt met het optreden van knollen als reserveorganen. Hierop is echter een periode gevolgd, waarin voor deze grondsoort min of meer extreme omstandigheden bij het welig ontwikkelde, ruim met fosfaat gevoede gewas aanzienlijke schommelingen in de verhoudingen deden ontstaan. Bij het op fosfaatarme grond verbouwde, minder van de droogte lijdende gewas, vinden wij dit in geringere mate en kon bij benadering een vrij scherpe overgang van in dit opzicht duidelijk onderscheiden stadia van de ontwikkeling worden vastgesteld. Deze verhoudingen zijn echter blijkbaar onder meer extreme omstandigheden voor wijziging vatbaar. Het wekt de indruk alsof, sterk vervroegd, processen zijn aangevangen, die onder normale omstandigheden pas in een later stadium beginnen, zoals het overwegen van de afvoer van N-houdende verbindingen uit het blad in de richting van de knol.

Een volgende plotselinge wijziging in de verdeling van de gevormde stof treedt op, als de afvoer van stoffen uit het blad gaat overwegen, hoewel het tijdstip, waarop dit plaats vindt, niet alleen door inwendige ontwikkeling, maar vermoedelijk ook door de vochtvoorziening van de grond bepaald wordt. Er mag niet zonder meer vastgesteld worden, dat de rijping van het rijkelijk van fosfaat voorziene gewas zoveel verder gevorderd was, als van het op fosfaatarme grond gegroeide, waarbij de wijziging zich belangrijk later voordeed, daar ongetwijfeld in beide gevallen verschillen in vochtvoorziening voorhanden zijn geweest.

De verkregen uitkomsten kunnen dus tot op zekere hoogte steun verlenen aan een opvatting, dat ook in de ontwikkeling van de aardappel sprongsgewijze veranderingen zouden voorkomen, gescheiden door betrekkelijk lange perioden van meer constante verhoudingen. In hoeverre het nut heeft hier eveneens van fasen te spreken kan hier nog in het midden gelaten worden. Men zou zich echter bij een aannemen van een ontwikkeling in fasen het volgende beeld kunnen vormen:

- 1e fase : blad- en stengelvormig, geringe stofvorming in verhouding tot P- en N-opname, stof wordt voor opbouw van celmateriaal gebruikt;
- 2e fase : vorming van reservestoffen naast stoffen, die voor opbouw van celmateriaal worden gebruikt; bij de overgang van 1e en 2e fase begint de knolvorming;
- 3e fase : afbraak van de loofsubstantie en afvoer naar de knollen, geen N-opname, maar onveranderde voortgang van de P-opname (waaruit blijkt dat het wortelstelsel blijft functioneren).

Tenslotte willen wij nog naar voren brengen, dat de op dit proefveld sterk gevarieerde voedingstoestand geen invloed op deze ontwikkeling in fasen heeft. Hoewel bij gunstige P-voeding reeds in de aanvang van de ontwikkeling een krachtige fosfaatopname uit de grond voorkwam, terwijl het gewas bij fosfaatgebrek daarentegen volledig op de voorraad van de moederknol teerde, had dit noch invloed op het moment van wijziging in

de verhouding tussen stofvorming en P-opname, noch op de aanvang van de knolvorming; in beide gevallen was deze gelijktijdig.

Dat de overgang naar de laatste fase wel op een verschillend tijdstip viel, zou, zoals gezegd, inderdaad op een verschil in rijping kunnen berusten. De mogelijkheid, dat een andere uitwendige factor (watervoorziening) voor dit verschil verantwoordelijk is, mag niet uit het oog verloren worden.

12. ENIGE UITKOMSTEN VAN PRACTISCH BELANG VOOR DE AARDAPPELCULTUUR

Wij willen niet verzuimen de naar voren gekomen gezichtspunten, welke voor de cultuur van practisch belang zijn, nog eens afzonderlijk te noemen.

Van belang is het geconstateerde slechte opnemend vermogen voor fosfaat in het jeugd stadium van de ontwikkeling. Het bleek ons, dat het jeugdige gewas op de fosfaatarme grond een maand lang niet in staat was fosfaat aan de grond te onttrekken, en zich geheel op kosten van de poter voedde. Daarentegen werd wel stikstof opgenomen, zodat hiermede bewezen is, dat er een normaal ontwikkeld, tot opname van voedingsstoffen in staat zijnd, wortelstelsel aanwezig was. Dit stemt overeen met een andere bij de aardappel opgedane ervaring, n.l. dat deze, op een reserveorgaan terende plant, ook bij fosfaatgebrek een normaal wortelstelsel vormt. Bij deze proef is een grote potersmaat gebruikt. Het is natuurlijk mogelijk, dat een uit kleinere poters ontsproten gewas minder lang op kosten van de poter leeft en sneller zal trachten fosfaat uit de grond op te nemen. Bij goede beschikbaarheid van fosfaat werd wel een aanzienlijke hoeveelheid P_2O_5 uit de grond opgenomen, welke het gewas reeds vroeg in staat stelde een aanmerkelijke voorsprong in vegetatieve ontwikkeling te krijgen, die tot het einde toe behouden is. De uitkomst vestigt dus de aandacht op het belang van de aanwezigheid van goed beschikbaar fosfaat in het begin van de ontwikkeling. Ook voor andere gewassen dan de aardappel is dit vermoedelijk het geval: wij constateerden het o.a. herhaaldelijk bij granen (13, zie ook GOEDEWAAGEN, 3, blz. 161 e.v.) en bij gras.

Een ander punt van belang is de opvallende groeidepressie, die intreedt onder tijdelijk ongunstige uitwendige omstandigheden, vooral als deze in een later stadium van de ontwikkeling vallen. In het laatste geval treedt voortijdig afsterven van de aardappel op. Vallen de ongunstige omstandigheden eerder, dan beginnen eveneens de processen, welke de afsterving inluiden. Hoewel deze bij gunstiger weersomstandigheden weer ongedaan gemaakt worden, kan toch de schade, die door deze groeistagnering ontstaat, zeer belangrijk zijn. Het vermoeden die uitgesproken, dat vooral ongunstige watervoorziening deze processen in de hand heeft gewerkt. Dit te voorkomen door betere regeling van de watervoorziening door middel van verbeterde doorlatendheid van de ondergrond, regeling van het grondwaterpeil, verhoging van de vochthoudendheid van de bouwvoor, eventueel zelfs door kunstmatige besproeiing, is een belangrijke opgave voor de cultuur.

SAMENVATTING

Op een fosfaatproefveld op zandgrond, bebouwd met Triumf aardappelen, waarop zeer uiteenlopende fosfaatbemestingstrappen verwerkt zijn, waren,

zijn in de loop van een seizoen verscheidene tussentijdse opbrengstbepalingen bij verschillende fosfaatvoeding (bemesting naar resp. 0, 60, 260, 600 kg/ha, aangeduid als object 1-4) verricht. De opbrengsten werden gesplitst in blad-, stengel-, knol- en moederknol-bestanddelen, welke alle afzonderlijk zijn gewogen en chemisch onderzocht op P_2O_5 - en N-gehalte.

Het onderzoek is verricht met het doel een inzicht te krijgen in de opname van P en N, de vorming van organische stof en de verdeling van deze stoffen over de verschillende plantendelen.

De ontwikkeling van het gewas stond sterk onder invloed van de voeding met fosfaat. Gedurende de gehele groeiperiode werden belangrijke verschillen tussen de verschillende bemeste objecten geconstateerd. De bovengrondse ontwikkeling verschilde bij opklimmende fosfaatvoeding bijna van de aanvang af. De bij de oogst verkregen opbrengsten aan knollen liepen ver uiteen, ook het onderwatergewicht (droge stof- resp. zetmeelgehalte) werd duidelijk door de fosfaatbemesting begunstigd (fig. 3).

Knollen werden vroegtijdig aangelegd. Een gedeelte der knolbeginsels kwam niet tot ontwikkeling. Bij goede fosfaatvoeding ontwikkelden zich meer knollen; dit verschil was dus reeds vroegtijdig bepaald.

In de eerste stadia van de ontwikkeling vormde de plant zich ten koste van de moederknol en trad er nog geen winst aan organische stof (de poter inbegrepen) op. De toename van droge stof verliep in de proef over een vrij lange periode ongeveer recht evenredig met de tijd; bij goede fosfaatvoeding deden zich vrij sterke schommelingen voor, doordat dit weliger gewas meer de invloed van ongunstige groeiomstandigheden (droogte, wind) ondervond. In sterke mate kwamen deze schommelingen tot uiting in het bladgewicht.

De jeugdige planten namen zeer spoedig N uit de grond op. P werd echter alleen opgenomen bij ruime P-voorziening. Bij fosfaatarme grond leefde het gewas geruime tijd uitsluitend op de voorraad van de (bij deze proefneming grote) moederknol¹⁾. Hieruit blijkt, dat het vermogen om fosfaat op te nemen in de jeugd het zwakst is, en dat de aanwezigheid van goed opneembaar fosfaat in de grond in dit stadium van veel belang is voor het gewas.

De N-opname werd beëindigd, zodra de eerste stadia van afsterven werden ingeluid; de P-opname ging evenwel onverminderd tot het einde van de groei voort.

In beide laatstgenoemde gevallen kwam het dus voor, dat een bepaald bestanddeel niet, een ander daarentegen gelijktijdig wel werd opgenomen.

Zoals ook reeds uit vroeger onderzoek bekend is, bleek de P-, en vooral de N-opname, op de stoffvorming vooruit te lopen. Het verloop van derelatieve P-opname (opname uitgedrukt in % van de maximaal opgenomen hoeveelheid) was bij sterk P-gebrek en bij overvloedige P-voeding vrijwel gelijk. Uit dit relatieve verloop zijn geen gevolgtrekkingen te maken betreffende de P-behoefte van de aardappelplant in verschillende stadia van ontwikkeling.

De onttrekking van P_2O_5 en N uit de moederknol onderging geen invloed van de fosfaattoestand; voor de snelheid, waarmee deze reserve-voorraad door de jonge plant gebruikt wordt, is het dus onverschillig of er gelijktijdig

¹⁾ Of ditzelfde ook bij klein pootgoed het geval zal zijn, is niet onderzocht.

uit de grond P_2O_5 wordt opgenomen, of dat dit niet het geval is (bij niet met P bemeste grond). Het P_2O_5 uit de poter komt bijna volledig ten goede aan de jonge plant, de onttrekking van N is iets minder sterk.

Verder is nagegaan in hoeverre de door VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1, 2) met verscheidene gewassen verkregen uitkomsten ook bij de te velde verbouwde aardappelen verkregen zijn. Het is aan deze onderzoeker gebleken, dat de verdeling van de gevormde of opgenomen stof over de plantendelen gedurende lange perioden zeer constant kan zijn; deze verhouding kan evenwel vrij plotseling in een andere overgaan, wat een aanwijzing kan zijn voor het intreden van een nieuwe fase in de ontwikkeling van de planten.

De verhouding, waarin de gevormde stof zich over de verschillende plantendelen (blad, stengel, knollen) verdeelt, bleek inderdaad gedurende ruime perioden vrij constant te blijven. De overgangen naar een andere verhouding was meestal vrij plotseling. Bij rijkelijke fosfaatvoeding kwamen als gevolg van een droogteperiode belangrijke schommelingen in de verhouding voor, doordat de afvoer uit het blad naar de knollen op de vorming van bladsubstantie ging overwegen. Het wekt de indruk of vroeg in de ontwikkeling reeds een beginnend afsterven optrad; na intreden van ander weer vond echter herstel plaats.

Een overgang naar een andere verdeling van de stof vond plaats, toen de vorming van de knollen begon, een tweede verandering, toen de afvoer naar de knol uit het blad op de nieuwvorming ging overwegen. Dit laatste trad bij goede fosfaatvoeding belangrijk eerder op. Het is evenwel niet zeker of dit verschil op een ongelijke rijpheid, of op een ongelijke vochtvoorziening van de grond berust; het weliger gewas kan de vochtvoorraad namelijk eerder uitgeput hebben.

De verhouding tussen P_2O_5 -opname en stofvorming blijkt bij een bepaalde fosfaatvoeding voor en na de aanleg van knollen verschillend, maar in beide perioden zelf meestal constant te zijn. De grootte van deze verhouding is verder afhankelijk van de fosfaatvoeding.

In de verhouding tussen N-opname en stofvorming kunnen vermoedelijk ook 2 perioden onderscheiden worden. De droogteperiode stoorde echter de N-opname vrij sterk, zodat de verhouding in de 2e periode minder constant lijkt. Hierna volgde nog een 3e periode, waarin geen N werd opgenomen, maar wel stof gevormd werd.

De verhouding tussen vocht en droge stof in de knollen onderging eveneens een plotselinge verandering, ten gunste van de droge stof. Hiervoor en hierna was de verhouding echter geruime tijd constant. Vanaf deze overgang ging het gehalte aan droge stof sterk stijgen.

In de wijze, waarop de opgenomen en gevormde stof verdeeld wordt, liggen dus aanwijzingen, dat ook bij de aardappel de ontwikkeling van het gewas in van elkaar te onderscheiden fasen verloopt. Een invloed van de voeding met fosfaat op deze ontwikkeling kon evenwel niet met zekerheid worden gevonden.

De dagelijkse stofproductie per eenheid bladgewicht (assimilatie) was bij ruime fosfaatvoeding het grootst. Deze kon gemiddeld ± 0.2 gram per gram blad bedragen, zonder fosfaat niet meer dan ongeveer 0.13 gram. Tijdens droogte werd de hoeveelheid gevormde stof in het eerste geval echter belangrijk minder, doordat dit weliger gewas hiervan sterker te lijden had.

ABSORPTION OF PHOSPHATE AND NITROGEN, ASSIMILATION AND STRUCTURAL DISTRIBUTION IN POTATOES GROWN UNDER VARIED PHOSPHATE CONDITIONS.

SUMMARY

An account is given of the absorption of P and N, the formation of organic matter and the distribution of these substances in leaves, stems and tubers of potato plants (strain „Triumf”) grown under field conditions on a sandy soil under four fertilizer treatments. Samples at first from 12, afterwards from 8 or 6 plants (taken at random except abnormal plants) have been taken at intervals of 5-7 days from the experiment field. Seed potato, leaves, stems and tubers have been dried, weighed and analysed (N and P_2O_5 content of dry matter) separately.

Phosphate manuring has been varied widely, 0, 60, 260, 600 kg/ha P_2O_5 respectively as double superphosphate (object 1-4). However, only the largest dressing has yielded maximal growth, the soil being very poor in phosphorus. The yield increased from 187 up to 303 quintals/ha with rising phosphate manuring, the dry matter (starch) content also increased considerably (fig. 3).

Marked differences in development almost from the beginning of shooting have been noticed. Differences in the number of tubers are fixed in an early stage of growth (fig. 2). The dying off of tops has been effected by manurial treatment, phosphate deficient plants remaining longer in a fresh state (fig. 1), possibly in this case a result of output of water supply by the abundant crop on the heavily dressed soil.

In the early stage of development the plant grows at the cost of the seed potato (fig. 4). At the very first N was absorbed from the soil (fig. 11), under all conditions of phosphate manuring, P only in the case of plants heavily manured with phosphate (fig. 10). The power of the young plant to absorb P from a soil deficient in phosphate is very weak.

The absorption of N stopped as soon as the first signs of decay appeared, the absorption of P, however, continued till the end of growth.

As has already been stated by other investigators, (cf. 8) the P-, and especially the N-absorption, precede the formation of organic matter. The absorption of P expressed in % of maximal absorption (relative intake of P) has not been influenced by phosphate manuring (fig. 13). No conclusions can be drawn from the course of relative absorption of P with respect to the need of the potato plant in different stages of development.

Organic matter increased for a considerable period proportionally to time (fig. 4.) Rather important fluctuations occurred with fully dressed crop, probably as a result of a higher sensibility of the more abundant crop to the detrimental influences of drought and wind. The fluctuations appeared especially in the weight of the leaves (fig. 5.).

According to VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1, 2) the structural distribution of matter may be constant for considerable periods. At distinct points in the development, however, important changes of the physiological stage occur, which also manifest themselves as sudden changes of the distribution. Thus the relation between the weights of different parts of the

plant may be represented by curves with sharp breaks with two or more distinct straight parts.

Constant distribution has been noticed in many cases (fig. 8, 9, 18, 19, 20, 21, 22); rather sudden changes in the proportion in which the matter is distributed may point to the probability of phasic development of the potato plant (same figures). A first change of the distribution coincides with the formation of tubers, a next one with predominant removal of matter from the leaves to the tubers, the latter occurring before the first signs of decay are found.

The relation between P absorption and formation of organic matter is very constant, but depends upon phosphate manuring (fig. 18).

The relation between moisture and dry matter of the tubers is constant in two distinct periods (fig. 22). The dry matter content increases considerably from the time at which the change in the distribution starts.

The daily rate of bruto assimilation divided by unit weight of leaf is highest with abundant phosphate nutrition and may amount to about 0.2 g/1 g of leaf, in phosphate deficient plants not more than about 0.13 g (fig. 23). Drought, however, depressed the assimilation of the abundant fully dressed crop in a considerable way.

LITERATUUR

1. BAKHUYZEN, H. L. VAN DE SANDE, Studies on wheat grown under constant conditions. A monograph on growth. Food Res. Inst., Stanford Univers., Calif. *Miscell. Publ. No. 8* (1937).
2. — *Landbouwk. Tijdschr.* **49**, 885 (1937).
3. GOEDEWAAGEN, M. A. J., Het wortelstelsel der landbouwgewassen. Dir. Landbouw, 's-Gravenhage, (1942).
4. HECKE, L., *J. f. Landw.* **43**, 285 (1895).
5. HEUKESHOVEN, W., *Forschungsdienst* **2**, 12 (1936).
6. HUDIG, J., MEYER, C. en LEEHMUIS, H. R., *Versl. Landbouwk. Onderz.* **15**, 7 (1914).
7. KNOWLES, F., WATKIN, J. E. en COWIE, G. A., *J. Agr. Sc.* **30** (2), 159 (1940).
8. ITALLIE, TH. B. VAN, *Versl. Landbouwk. Onderz.* **43** (2) A, 13 (1937).
9. LAGATU, H. en MAUME, L., *Ann. agron.* **2**, 306 (1932).
10. — *Ann. agron.* **3**, 1 (1933).
11. LIEBSCHER, G., *J. f. Landw.* **35**, 335 (1887).
12. MASCHHAUPT, J., *Versl. Landbouwk. Onderz.* **25**, 131 (1921).
13. PAAUW, F. VAN DER, *Versl. Landbouwk. Onderz.* **46** (3) A, 111 (1940).
14. RÉMY, TH., *J. f. Landw.* **44**, 31 (1896).
15. WAGNER, H., *Z. Pflanzenern. D. v. B.* **30**, 232 (1933).
16. WILFAHRT, H., RÖMER, H. en WIMMER G., *Landw. Versuchstat.* **63** 1 (1905).
17. ZIJLSTRA, K., *Versl. Landbouwk. Onderz.* **48** (10) B, 529 (1942).

TABEL I

Droge stof van moederknol, blad, stengels en knollen en totale droge stof (per 8-planten) bij gevarieerde fosfaatbemesting (1-4) op verschillende data.

Da- tum	Moederknol				Blad (levend + dood)				Blad (dood)				Stengel				Knollen				Totale droge stof			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
24-5	12.5	14.2	13.2	13.8	0.7	0.6	0.9	0.8					0.9	0.9	1.1	0.9					14.0	15.6	15.0	15.7
30-5	9.3	8.7	7.5	9.0	1.8	2.0	2.7	1.8					1.0	0.9	1.2	1.2					12.2	11.6	11.4	11.9
4-6	6.5	5.0	5.7	5.3	3.5	3.5	4.3	4.3					2.5	2.3	3.0	3.0					12.3	10.9	12.8	12.7
9-6	4.0	3.5	2.5	3.0	6.5	6.7	8.7	7.7					1.5	3.0	4.2	4.3					12.0	13.2	15.2	14.9
14-6	±0.5 2.2	2.0	2.3	2.2	±1.0 11.5	14.3	21.0	19.7					±0.2 4.0	4.8	7.2	7.7					17.8	21.3	31.0	29.9
20-6	1.4	1.0	0	2.5	12.2	16.7	22.8	30.8					4.7	7.3	9.0	15.5					1.2	1.2	3.7	52.6
25-6					14.3	19.5	27.3	31.2					6.7	8.3	12.8	14.5					8.3	10.7	22.2	65.7
30-6					±1.9 16.7	21.5	26.0	28.7					±1.0 7.2	8.7	14.0	14.8					±0.6 19.3	±5.4 18.2	25.0	71.2
6-7					17.3	22.3	34.5	35.5					7.5	11.7	19.8	19.3					23.8	38.0	69.3	118
12-7					18.8	23.3	34.5	35.5					7.0	9.0	16.5	19.0					35.8	44.0	82.5	129
19-7					19.8	26.5	30.5	32.5					8.0	10.8	17.2	18.5					±3.5 48.5	±2.3 75.3	99.1	144
26-7					22.0	22.0	30.5	28.0					7.8	11.3	18.0	20.5					75.2	90.3	149	191
2-8					17.3	19.3	22.7	25.8					6.8	10.7	16.5	22.5					95.7	112	174	223
9-8					15.3	20.0	18.7	21.5					6.0	8.3	12.3	18.8					99.3	137	182	245
16-8					11.3	23.0	27.2	26.8					5.5	8.3	12.5	15.2					99.5	138	175	220
																					±4.6	±14		
date	seed potato				leaf (fresh + deceased)				leaf (deceased)				stem				tubers				total dry substance			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

TABEL I

Effect of different phosphate manuring (1-4) on dry matter of seed potato, leaves, stems and tubers separately and total dry matter of plants at different times.

TABEL II

P_2O_5 -gehaltes van de droge stof van moederknol, bladen, stengels en knollen op verschillende data bij gevarieerde fosfaatbemesting.

Da- tum	Moederknol				blad (levend)				blad (dood)				stengel				knollen			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
24-5	0.73	0.71	0.68	0.72	1.01	1.09	1.13	1.53					0.84	0.87	0.82	0.95				
30-5	0.67	0.77	0.86	0.93	1.10	1.46	1.58	1.59					0.68	0.75	1.06	1.19				
4-6	0.77	0.80	0.78	0.79	1.13	1.11	1.43	1.52					0.66	0.80	1.06	1.38				
9-6	0.85	0.73	0.84	0.70	0.90	0.98	1.09	1.20					0.92	0.91	1.40	1.66				
14-6	0.63	0.90	0.63	0.55	0.65	0.81	1.04	1.24					0.44	0.51	0.76	1.14	0.61	—	—	1.03
20-6	0.38	0.50	—	0.17	0.45	0.62	0.89	1.02					0.24	0.32	0.47	0.72	0.64	0.71	0.78	1.03
25-6					0.51	0.51	0.69	0.93					0.31	0.33	0.50	0.70	0.52	0.54	0.64	0.78
30-6					0.45	0.56	0.69	0.84					0.21	0.29	0.33	0.53	0.39	0.45	0.53	0.71
6-7					0.41	0.47	0.64	0.75					0.22	0.23	0.27	0.33	0.37	0.35	0.47	0.59
12-7					0.54	0.49	0.63	0.87					0.26	0.26	0.26	0.40	0.35	0.35	0.41	0.54
19-7					0.54	0.45	0.62	0.82					0.25	0.24	0.25	0.31	0.32	0.27	0.43	0.57
26-7					—	0.39	0.43	0.57					0.21	0.19	0.20	0.23	0.28	0.30	0.33	0.55
2-8					0.43	0.38	0.39	0.53	0.20	0.22	0.25	0.33	0.23	0.23	0.20	0.20	0.26	0.29	0.34	0.53
9-8					0.38	0.40	0.36	0.49	0.20	0.23	0.23	0.33	0.19	0.19	0.11	0.17	0.33	0.34	0.36	0.54
16-8					0.47	0.44	—	—	0.23	0.21	0.26	0.30	0.13	0.20	0.15	0.14	0.31	0.30	0.34	0.54
date	seed potato				leaf (fresh)				leaf (deceased)				stem				tubers			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

TABEL II

Effect of different phosphate manuring on P_2O_5 contents of dry matter of seed potato, leaves, stems and tubers at different times.

TABEL III N-gehaltes van de droge stof van moederknol, bladen, stengels en knollen op verschillende data bij overvloedige en zonder fosfaatbemesting.

Da- tum	Moederknol		Blad (levend)		Blad (dood)		Stengel		Knollen	
	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
24-5	1.24	1.28	5.07	5.60			3.10	3.14		
30-5	1.27	1.56	6.87	7.50			3.42	3.77		
4-6	1.27	1.29	6.18	6.08			4.49	5.43		
9-6	1.42	1.49	6.00	5.38			3.54	6.09		
14-6	1.49	1.44	5.60	5.40			3.21	3.37		
20-6	—	1.24	4.84	5.66			3.07	2.51	3.45	2.80
25-6			4.61	4.80			3.33	2.61	3.32	2.17
30-6			4.78	4.98			2.19	2.06	3.66	1.85
6-7			4.63	4.80			2.07	1.54	2.15	1.62
12-7			4.80	4.92			1.95	1.62	1.97	1.77
19-7			4.70	4.76			2.03	1.34	1.88	1.57
26-7			—	3.77			1.65	1.02	1.74	1.34
2-8			4.08	3.57	2.27	2.01	1.67	0.91	1.66	1.32
9-8			3.59	3.06	2.16	1.78	1.36	0.72	1.79	1.48
16-8			4.13	—	2.45	1.58	1.30	0.73	1.75	1.59
	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
date	seed-potato		leaf (fresh)		leaf (deceased)		stem		tubers	

TABEL III

Effect of different phosphate manuring (without and abundant) on N contents of dry matter of seed potato, leaves, stems and tubers at different times.