

FOSFAATHUISHOUDING IN EEN IJZERHOUDENDEN
ZANDGROND

DOOR

O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ

(Ingezonden 24 April 1937)

Bij de verschijnselen, die men onder „vastlegging van fosfaat in den grond” pleegt samen te vatten, wordt gewoonlijk de vorming van onoplosbaar ijzer- en aluminiumfosfaat onder de waarschijnlijke oorzaken genoemd. Of inderdaad deze fosfaten gevormd worden, is in de meeste gevallen niet bekend; ook al komt er vrijwat ijzer in den grond voor, zoo is het nog niet gezegd dat daarbij ijzer is dat zich met toegevoegd fosfaat kan omzetten, want ijzeroer, ijzerconcreties en dergelijke zijn moeilijk of niet oplosbaar. Oplossing van ijzerverbindingen door humuszuren, vastleggen of mobiliseeren van het ijzer door micro-organismen, oplosbaar maken door reductie tot ferroverbindingen en weer neerslaan door oxydatie tot ferriverbindingen kunnen een rol spelen, die geval voor geval onderzocht zou moeten worden. Overigens zijn de verschijnselen van „vastlegging” in eerste instantie een *beperking van de oplosbaarheid van het fosfaat-ion* door de aanwezigheid van andere ionen, resp. bepaalde bodemlichamen; een „vast”leggen behoeft daarbij lang niet altijd in het spel te zijn, de nalevering kan — en zal in vele gevallen — zoodanig zijn dat de concentratie aan PO_4 -ion in de vloeistof constant blijft, wanneer er door de *plant* of door micro-organismen fosfaat aan het bodemvocht onttrokken is of dit door de waterbeweging verplaatst is.

Bij het nagaan, aan de hand van proefveldresultaten, van de beteekenis die de cijfers (P-getal, P-citr., eventueel ook vastlegging, nalevering en P-totaal), welke bij het grondonderzoek bepaald worden, voor de fosfaathuishouding hebben, kozen wij vooreerst drie tamelijk extreme, markante gevallen uit en wel *dalggrond*¹⁾ met een groote fosfaatbeweeglijkheid, *heidezand*²⁾ met sterke fosfaatvastlegging, en *sterk ijzerhoudend zand*, eveneens met sterke vastlegging. Over de proeven met dit laatste grondtype wordt in deze mededeeling bericht.

¹⁾ Zie „Die Phosphorsäure” 5, 38 (1935).

²⁾ „Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden”, door O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ, (1936) als afzonderlijke brochure verschenen en op aanvraag verkrijgbaar bij het Rijkslanbouwproufstation te Groningen.

De grond, waarop dit onderzoek betrekking had, was een tamelijk laag gelegen zandgrond van perceel 19 van de Proefboerderij te Heino, thans grasland, en waarop gelegen is het fosfaatproefveld PO 8. Dit perceel was vroeger wild grasland; het werd in 1922 gescheurd en daarna in 1925 weer met gras ingezaaid. De grond bevat talloze ijzerconcreties en heeft een ijzergehalte van omstreeks $6\frac{1}{2}\%$, als Fe berekend ($9\frac{1}{2}\%$ Fe_2O_3). Bij zeven door 1 mm voor de analyse bleef een groot deel als brokjes en korrels achter; de gezeefde grond bevatte nog $2,2\%$ Fe. De voor het vullen der vakken gebruikte grond, die wij liever niet geheel droogden en fijn maakten, werd gezeefd door een 13 mm zeef en bevatte daarna 4% Fe. Er waren dus ca 2% Fe als ijzerbrokjes, welke de 1 mm zeef niet passeerden. Het P-getal was 0 tot 1 zonder verband met de fosfaatbemesting.

Ten einde de verschijnselen nader te bestudeeren werd met grond, genomen vlak ten Zuiden van proefveld PO 8, een proef in betonnen vakken genomen op het terrein van het Rijkslandbouwproefstation.

Methoden van onderzoek

Evenals in andere gevallen, waar wij de fosfaathuishouding uitvoeriger bestudeerden, werden ook hier, voor zoover daartoe aanleiding was, bij den grond vijf methoden van onderzoek toegepast, die wij boven reeds even noemden. Het *gewas* werd beoordeeld door standcijfers tijdens den groei, opbrengstbepaling (korrel en stroo) en chemische analyse van korrel en stroo.

Bepalingsmethoden

De bij het grondonderzoek gebruikte bepalingen worden als volgt vericht:

P-getal. 5 g luchtdroge, door een 1 millimeter zeef gezeefde en goed gemengde grond worden in een 100 cc Erlenmeyer kolfje, na toevoeging van 50 cc gewoon gedestilleerd water en afsluiting met een gummikurk, tweemaal opgeschud en gedurende 24 uur in een thermostaat bij 50°C gelaten.

10 cc van de bovenstaande heldere afgekoelde vloeistof worden dan afgepipetteerd, na toevoeging van 5 cc verdund zwavelzuur, bevattend $1\frac{1}{2}$ cc geconcentreerd H_2SO_4 , aan de kook gebracht en hiervan zooveel KMnO_4 -oplossing (± 0.02 normaal) toegevoegd totdat de eventuele bruine humuskleur van het grondextract is verdwenen. In dit extract wordt volgens de molybdeenblauwmethode het P_2O_5 bepaald. Daartoe worden ± 70 cc water, 5 cc molybdeenoplossing en 5 cc hydrochinon-natriumsulfietmengsel toege-

voegd. Na goed omschudden worden de gesloten kolfjes opnieuw gedurende 24 uur in den thermostaat bij 50° C bewaard. De oplossingen worden dan in Nesslerbuisjes overgegoten en met water aangevuld tot 100 cc.

De kleur wordt vergeleken met een standaardreeks, die op dezelfde wijze is behandeld als het ontkleurde grondextract. De standaardreeks bevat 2, 4, 6 enz. honderdste milligrammen P_2O_5 per 100 cc vloeistof. Men leest dus het P_2O_5 gehalte van den grond af in duizendste procenten.

Een eenheid P-getal = 0,01 mg P_2O_5 per 1 g grond

P-citr. 5 g grond wordt met 50 cc 1 % citroenzuur volgens LEMMERMANN geëxtraheerd (2 uur schudden bij kamertemperatuur en na 24 uur nogmaals 1 uur schudden); aan $2\frac{1}{2}$ cc van het filtraat, overeenkomend met $\frac{1}{4}$ g grond, 5 cc verdund zwavelzuur (bevattend $1\frac{1}{2}$ cc geconcentreerd H_2SO_4) toegevoegd. Vervolgens wordt 10 cc $\frac{1}{2}$ % $KMnO_4$ -oplossing bijgegoten, opgekookt en verder $KMnO_4$ -oplossing toegevoegd tot blijvende rose kleur. De overmaat $KMnO_4$ wordt met eenige druppels 0.1 normaal oxaalzuur gereduceerd. In de kleurloze oplossing wordt op dezelfde wijze als bij de P-getal bepaling het P-citr. cijfer colorimetrisch bepaald.

1 eenheid P-citr. = 0.01 mg P_2O_5 per 1 g grond

Vastleggingsgetal. Twee hoeveelheden van 5 g grond worden op dezelfde wijze als bij de P-getal bepaling geëxtraheerd met 50 cc P_2O_5 -oplossing bevattend 10 resp. 20 eenheden P-getal per 1 gram grond, dus 0.887 resp. 1.775 mg $Ca(H_2PO_4)_2$ aq in 50 cc oplossing, waarna in de extracten de P-getallen worden bepaald. Het vastleggingsgetal is dan de gemiddelde procentueele vastlegging in beide oplossingen.

Nalevering. Om een indruk te krijgen van de nalevering wordt 5 g grond eenige malen achtereen, na telkens afzuigen van het grondextract, op dezelfde wijze als voor de P-getal bepaling met water geëxtraheerd en het P-getal in de opeenvolgende extracten bepaald.

P-totaal. Dit wordt bepaald door behandeling van 15 g grond met 120 cc koningswater zooals door LEMMERMANN aangegeven. (Methoden für die Untersuchung des Bodens, von O. LEMMERMANN. I Teil. S. 71, 1932).

Reagentia voor de colorimetrische fosforzuurbepaling:

Molybdeenreagens: 125 g ammoniummolybdaat oplossen in 1500 cc water en mengen met 375 cc geconcentreerd zwavelzuur aangevuld tot 1 liter.

Hydrochinon-natriumsulfietmengsel. a. $\frac{1}{2}$ g hydrochinon oplossen in 250 cc water (koud). 1 druppel geconcentreerd zwavelzuur toevoegen.
b. $2\frac{1}{2}$ g natriumsulfiet oplossen in 250 cc water. a en b mengen.

Standaardoplossing: 1.916 g KH_2PO_4 oplossen tot 1 liter (= 1 g P_2O_5 per liter). 100 maal verdunnen en eenige druppels chloroform toevoegen. Van deze oplossing worden voor de standaardreeks uit een buret de volgende hoeveelheden afgemeten:

2, 4 enz. tot 20 cc overeenkomend met:

0.02, 0.04 enz. tot 0.20 mg P_2O_5 .

Opzet van de vakkenproef

Voor de hier te beschrijven vakkenproef werd grond vlak ten Zuiden van proefveld PO 8 genomen uit de laag 0-15 cm, met achterlating van de bovenste 3 cm (zode).

Voor de analyse werd de grond, zooals gebruikelijk, door een 1 mm zeef gezeefd. De pH van dezen grond was 5.8, het humusgehalte 6.8 %. De fosfaatvastlegging bedroeg 88 %; toevoeging van grootere hoeveelheden opgelost fosfaat dan bij de gebruikelijke werkwijze gaf de in tabel I vermelde cijfers, waarbij één eenheid fosfaat = 1 mg P_2O_5 per 100 g luchtdrogen grond = 15 kg P_2O_5 per ha bij een bouwvoor van $12\frac{1}{2}$ cm en een volumegewicht 1.2.

TABEL I

Bepaling der vastlegging met primair kaliumfosfaat en met primair calciumfosfaat in den onbemesten grond van Heino

(Bestimmung der Festlegung mit primärem Kalium- bzw. Kalziumphosphat in dem ungedüngten Boden von Heino)

Toegediende eenheden fosfaat. (Verabreichte Einheiten Phosphat).	16.	20.	24.	28.	32.	36.
KH_2PO_4 : gevonden P-getal	2	3	4	5	5	$6\frac{1}{2}$
(gefundene P-zahl)						
vastlegging in %	88	85	83	82	84	82
(Festlegung in %)						
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$: gevonden P-getal	2	$3\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	5	6	8
(gefundene P-Zahl)						
vastlegging in %	88	83	81	82	81	78
(Festlegung in %)						

De proef werd genomen in betonnen vakjes, inwendig 25 bij 25 cm waarin, op een laag schoon geel zand, een laag van 30 cm gebracht was van

den door 13 mm zeef gezeefden grond (bij welk zeven 4 % aan stukjes of brokken ijzeroer achterbleef). Per vak was dit 19.1 kg luchtdroge grond. Het fosfaat, in den vorm van fosforzuren voederkalk, werd met de bovenste 12½ cm van den grond goed gemengd en het mengsel daarna weer in de vakken teruggebracht.

Oogstjaar 1932

De eerste fosfaatbemesting, bij het opzetten van de proef, werd gegeven op 15 Maart 1932; bij één object (b) was dit reeds geschied bij het vullen der vakken op 21 December 1931, zoodat daar voor vastlegging van het fosfaat eenige maanden langer tijd was geweest. Object d kreeg het fosfaat als monocalciumfosfaat op 15 Maart 1932.

Alle vakken ontvingen 60 kg/ha stikstof in den vorm van kalksalpeter en 120 kg/ha K₂O als kaliumchloride op 9 April 1932. Op 4 April 1932, voor de toediening van de stikstof- en kalimest, werden grondmonsters genomen voor onderzoek. De vakken werden bezaaid met witte haver. Deze proef gaf in 1932 de in tabel 2 vermelde cijfers.

TABEL 2

Grondonderzoek en oogstresultaten in 1932 (Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse im Jahre 1932)

Object.	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Fosfaatsoort (Phosphatform)	—	sec.	sec.	prim.	sec.	sec.
Tijd van toediening (Zeit der Anwendung)	—	vroeg (früh)	laat (spät)	laat (spät)	laat (spät)	laat (spät)
kg/ha P ₂ O ₅	0	150	150	150	600	1800
= eenheden P-getal (Einheiten P-zahl)	0	10	10	10	40	120
pH, 4 April 1932	5,9	5,9	6,1	5,95	6,0	6,15
P-getal, 4 April 1932 (P-Zahl, 4 April 1932)	0	½	½	½	2	15½
Stand op 25 Juni 1932 (Stand am 25 Juni 1932)	8	9	10	8½	9	9½
Sterhaver, korrel, 100 = 23,7 g/vak . . . (Sternhafer, Korn, 100 = 23,7 g/Topf)	100	142	155	142	148	174
Stroo + kaf, 100 = 25,5 g/vak (Stroh und Spreu, 100 = 25,5 g/Topf)	100	136	150	146	158	185
% P ₂ O ₅ in de droge stof van stroo + kaf (% P ₂ O ₅ in der Trockensubstanz von Stroh und Spreu)	0,12	—	0,11	0,12	0,19	0,40
mg/vak P ₂ O ₅ in stroo + kaf (mg/Topf P ₂ O ₅ in Stroh + Spreu)	25	—	35	35	65	160

Allereerst valt op, dat de P-getallen veel lager zijn, dan het vastleggings-onderzoek (tabel 1) zou doen voorspellen: toevoeging van 36 eenheden gaf daar een P-getal van $6\frac{1}{2}$ —8, terwijl 40 eenheden, in den grond zelf gebracht, slechts een P-getal 2 gaven. Late toediening van het fosfaat (object c, 22 dagen voordat het grondmonster genomen werd en 24 dagen voor het zaaien) gaf geen hooger P-getal dan vroeg toedienen (object b, bemest 21 December 1931). De hoogste fosfaatgift, van 1800 kg/ha P_2O_5 , gaf een P-getal $15\frac{1}{2}$, een merkbaar hooger productie en een veel hooger fosfaatgehalte in het stroo dan de dosis van 600 kg/ha P_2O_5 met P-getal 2.

Het spreekt vanzelf dat men uit dit resultaat van een vakkenproef met haver over één jaar geen conclusie mag trekken voor een graslandproef in het vrije veld.

Interessant is dat het P_2O_5 -gehalte van het stroo en kaf, dat bij „geen” resp. „150 kg P_2O_5 ” 0,12 % en dus zeer laag is, door de groote fosfaatgiften stijgt van 0,12 tot 0,19 resp. 0,40 %, welk laatste cijfer vrijwel normaal is; de opbrengst aan korrel en die aan stroo stegen merkbaar door verhooging van de fosfaatgift van 600 op 1800 kg/ha P_2O_5 . Dit zou er op wijzen dat in dezen grond zelfs bij een zoo hooge fosfaatgift als 600 kg/ha P_2O_5 zooveel fosfaat in den grond werd vastgelegd in voor de plant moeilijk of niet beschikbaren vorm, dat de fosfaatvoorziening niet voldoende was. Voortzetting van de proef met hoogere fosfaatgiften zou dus noodig zijn om te zien wanneer maximale opbrengsten bereikt worden; tegen de verwachting in was de gift van 600 kg P_2O_5 — ruim 4000 kg fosfaatmest per hectare — nog niet zoo groot dat het gewas ruimschoots van fosfaat voorzien was.

Voortzetting in 1933 en 1934

Aangezien bij de opklimmende P-hoeveelheden er een sprong in het P-getal was van 2 tot $15\frac{1}{2}$, werden allereerst de fosfaattrappen wat dichter bij elkaar gebracht. Daartoe werd 22 Maart 1933 op object b naar 450, op object d naar 1050 kg/ha P_2O_5 bemest, terwijl een hierboven niet vermeld object g, waar in 1932 150 kg/ha P_2O_5 in drie porties was gegeven, in Maart 1933 naar 1650 kg/ha bemest werd. Daardoor kwam er een object (d) met 1200 kg/ha bij, terwijl objecten b, d en g fosfaat versch toegediend gekregen hadden, c, e en f op den voorraad van 1932 teren moesten.

Het volgens jaar werden er nog twee objecten aan toegevoegd om te zien tot welke hoogte de fosfaatgift kon worden opgevoerd zonder dat zich een daling in de opbrengsten vertoonde. Op 5 April 1934 werden nl. twee objecten, die op 15 Maart 1932 reeds 150 kg/ha P_2O_5 hadden ontvangen, bemest naar resp. 2550 en 3450 kg/ha P_2O_5 in den vorm van fosforzuren voederkalk,

zoodat een object (*m*) met 2700 en een object (*n*) met 3600 kg/ha P_2O_5 erbij kwamen.

Alle vakken ontvingen op 24 Maart 1933 en 24 April 1934 100 kg/ha N als kalksalpeter en 200 kg/ha K_2O in den vorm van kaliumchloride. Het gewas was in beide jaren weder sterhaver.

De resultaten vindt men vermeld in tabel 3.

Op 22 Maart 1933 werd de grond in de vakken bemonsterd, behalve bij de objecten *b*, *d* en *g*, welke dien dag fosfaatmest ontvingen en waarvan eerst 6 weken later monsters werden genomen. De volgende bemonsteringen hadden plaats op 8 November 1933, 25 Mei 1934 en 7 Maart 1935.

Beschouwen wij eerst de vakjes, die in 1933 en 1934 geen fosfaat ontvingen, dan blijken de P-getallen van de objecten *a*, *c* en *e* bij de opeenvolgende bemonsteringen binnen de bepalingfout hetzelfde gebleven te zijn. Van object *f* is echter het P-getal sterk gedaald en wel van $15\frac{1}{2}$ in April op $8\frac{1}{2}$ in Maart 1933 en 6 in November 1933. Verdere daling vond in 1934 plaats.

Een daling van het P-getal vindt men ook, wanneer men het verloop der analysecijfers nagaat bij de in 1933 bemeste objecten. Het object *g*, dat in twee keer 150 plus 1650 kg fosfaat ontving (evenveel in het geheel als object *f* in 1932), heeft 6 weken na de fosfaattoediening een P-getal $12\frac{1}{2}$ en daalt dan geleidelijk tot $7\frac{1}{2}$ in Maart 1935. Object *f*, dat het fosfaat een jaar eerder ontving, is intusschen reeds tot $5\frac{1}{2}$ gedaald. Ook bij object *d* daalt het P-getal van $8\frac{1}{2}$ in Mei 1933 tot 4 in Maart 1935. Hoewel hier in totaal 1200 P_2O_5 is gegeven, is in November 1933 het P-getal toch gelijk aan dat van object *f*, dat een jaar te voren 1800 kg ontving.

De ervaringen, die wij bij andere proeven opdeden, maakten het wenschelijk om ook hier na te gaan of de daling der P-getallen aan vastlegging was toe te schrijven, dan wel of verplaatsing van fosfaat naar diepere lagen (mede) een rol speelde. Dit werd nader onderzocht en wordt verderop beschreven.

Bij het object *b* komt de recente fosfaattoediening (Maart 1933) niet tot uiting in het reeds zoo lage P-getal, vergeleken met dat van object *e*.

De P-getallen van de objecten *m* en *n*, die in April 1934 2550 resp. 3450 kg/ha P_2O_5 ontvingen, stegen van $\frac{1}{2}$ in November 1933 tot 20 resp. 27 op 25 Mei 1934, wat zeer hoge waarden zijn, die men in het algemeen zelden aantreft. Op 7 Maart 1935, dus bijna een jaar later, waren deze getallen 18 en 24; een kleine daling dus, echter toch nog hoge waarden. De P-citr. getallen, welke in November 1933 de waarden 12 resp. 13 hadden, stegen door de fosfaatbemesting tot 98 resp. 138 op 25 Mei 1934. Een jaar later, op 7 Maart 1935, waren zij nauwelijks veranderd.

TABEL 3

Grondonderzoek en oogstresultaten in 1933 en 1934
(*Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse in den Jahren 1933 und 1934*)

Object.	a.	c.	e.	b.	d.	f.	g.	m.	n.
kg/ha P ₂ O ₅ in 1932	geen (keine)	150	600	150	150	1800	150	150	150
1933	geen (keine)	—	—	450	1050	—	1650	—	—
1934	geen (keine)	—	—	—	—	—	—	2550	3450
Totaal kg/ha P ₂ O ₅ (Gesamt kg/ha P ₂ O ₅)	geen (keine)	150	600	600	1300	1800	1800	2700	3600
pH, 4 April 1932	5,9	6,1	6,0	5,9	5,95	6,15	—	—	—
Maart—Mei 1933 (März—Mai 1933)	5,75	5,75	5,85	5,9	5,85	6,0	6,0	—	—
8 November 1933	5,9	5,9	5,95	6,1	6,95	6,2	6,3	5,9	5,9
25 Mei 1934 (25 Mai 1934)	5,8	5,95	6,1	6,1	6,15	6,3	6,15	6,4	6,35
7 Maart 1935 (7 März 1935)	6,1	6,1	6,25	6,2	6,4	6,4	6,5	6,45	6,55
P-getal, 4 April 1932	0	½	2	½	½	15½	—	—	—
(P-Zahl), Maart—Mei 1933 (März—Mai 1933)	0	0	2	2	8½	8½	12½	—	—
8 November 1933	½	½	½	2	5½	6	10½	½	½
25 Mei 1934 (25 Mai 1934)	½	1	2	2	3½	6	8	20	27
7 Maart 1935 (7 März 1935)	¼	½	2	2	4	5½	7½	18	24
P-citr., Maart—Mei 1933 (März—Mai 1933)	10½	11	20½	25	74	58	97	—	—
(P-Zitr.), 8 November 1933	10	13	22	25	47	51	70	12	13
25 Mei 1934 (25 Mai 1934)	13	14	24	24	44	52	64	98	138
7 Maart 1935 (7 März 1935)	10	14	21	20	47	52	60	98	124
Stand op 22 Mei 1933 (Stand am 22 Mai 1933)	2	4½	7	9½	10	10	10	—	—

Object.	a.	c.	e.	b.	d.	f.	g.	m.	n.
Sterhaver, 1933. Korrel, 100 = 19,4 g/vak (Sternhafer, 1933. Korn, 100 = 19,4 g/Topf)	100	130	155	231	243	253	255		
Stroo + kaf, 100 = 22,1 g/vak	100	119	168	238	259	270	256		
(Stroh und Spreu, 100 = 22,1 g/Topf)									
% P ₂ O ₅ in de droge stof van de korrel	0,72	0,74	0,82	0,76	0,97	0,91	1,05		
(% P ₂ O ₅ in der Trockensubstanz der Körner)									
% P ₂ O ₅ in de droge stof van stroo + kaf	0,09	0,09	0,07	0,09	0,18	0,13	0,26		
(% P ₂ O ₅ in der Trockensubstanz von Stroo und Spreu)									
mg/vak P ₂ O ₅ in de korrel	120	155	205	285	385	380	445		
(mg/Topf P ₂ O ₅ in Korn)									
mg/vak P ₂ O ₅ in stroo + kaf	20	20	25	40	90	70	125		
(mg/Topf P ₂ O ₅ in Stroo und Spreu)									
Stand op 9 Mei 1934 (Stand am 9 Mai 1934)									
23 Mei 1934	4 1/4	4	5 1/2	5 1/2	6 1/2	6 1/4	6 1/2	8	7 3/4
5 Juni 1934	3 3/4	4	5 1/2	5 1/2	6 3/4	6 3/4	7	8	7 1/2
4 Juli 1934	3 1/2	4	4 3/4	4 3/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	6	5 3/4
	3 3/4	3 1/2	4 1/2	4 1/2	5 1/2	5 1/2	6	6 1/4	6
Sterhaver, 1934. korrel, 100 = 14,3 g/vak (Sternhafer, 1934. Korn, 100 = 14,3 g/Topf)	100	101	133	130	167	158	236	219	227
Stroo + kaf, 100 = 16,9 g/vak	100	111	145	167	251	233	283	251	276
(Stroh und Spreu 100 = 16,9 g/Topf)									
% P ₂ O ₅ in de droge stof van de korrel	0,66	0,72	0,78	0,83	0,86	0,88	1,02	0,98	1,10
(% P ₂ O ₅ in der Trockensubstanz der Körner)									
% P ₂ O ₅ in de droge stof van stroo + kaf	0,07	0,12	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,35	0,38
(% P ₂ O ₅ in der Trockensubstanz von Stroo und Spreu)									
mg/vak P ₂ O ₅ in de korrel	80	90	125	130	175	170	295	260	300
(mg/Topf P ₂ O ₅ in Korn)									
mg/vak P ₂ O ₅ in stroo + kaf	10	20	25	30	45	40	50	120	140
(mg/Topf P ₂ O ₅ in Stroo und Spreu)									

In het algemeen had de daling van de fosfaateijfers in 1934 een langzamer verloop dan in vorige jaren. Dit blijkt ook uit de P-citr getallen van de andere objecten, die dat jaar slechts weinig of niet veranderden. Toch is ook in de P-citr. getallen een langzame afname merkbaar. Vergelijken wij de objecten *f* en *g*, die beiden 1800 P_2O_5 , maar bij *g* grootendeels een jaar later dan bij *f*, ontvingen, dan blijkt dat terwijl *f* in voorjaar 1933 de eindwaarde schijnt te naderen, bij *g* het P-citr getal geleidelijk daalt, van 97 in Mei 1933 tot 60 in Maart 1935. De P-citr getallen van *f* en *g*, die in Mei 1933 nog sterk verschilden (resp. 58 en 97), naderen elkaar steeds meer naarmate ook bij *g* de daling verder gaat. Vergelijken wij object *d*, dat 1200 P_2O_5 ontving, waarvan 1050 in Maart 1933, met *f* dat een jaar tevoren met 1800 P_2O_5 werd bemest, dan heeft juist *d* in Mei 1933 de hoogste P-citr waarde nl. 74 tegenover 58 voor *g*; in November is dit verschil reeds verdwenen.

Zooals boven gezegd, zou de verlaging der P-getallen, behalve van vastlegging, ook geheel of gedeeltelijk het gevolg van verplaatsing naar diepere lagen of uitspoeling kunnen zijn. Bepaling van het vastleggend vermogen kan leeren, of vastlegging in het spel is. Het blijkt dat het oorspronkelijke vastleggingscijfer van 88 door de gegeven bemesting flink is gedaald en na verloop van tijd bij de grotere fosfaatdoses geleidelijk verder daalt.

TABEL 4

Daling der vastleggingscijfers door de gegeven bemesting
(*Abnahme der Festlegungszahlen durch die angewandten Düngergaben*)

Object.	a.	c.	e.	b.	d.	f.	g.	m.	n.
Totaal kg/ha P_2O_5 (Gesamt kg/ha P_2O_5)	0	150	600	150 + 450	1200	1800	150 + 1650	2700	3600
Vastlegging % op 25 Mei 1934 (Festlegung % am 25 Mai 1934)	80	85	75	75	75	65	75	70	55
7 Maart 1935 (7 März 1935)	80	80	75	75	70	65	65	55	50
10 Sept. 1935	80	80	75	70	65	65	65	50	45

Dat inderdaad op dezen grond een geleidelijke vastlegging plaats vindt' wordt nader bevestigd door een *laboratoriumproef*, waarbij *uitspoeling van het fosfaat was uitgesloten*. Daartoe werd grond met twee hoeveelheden, resp. 900 en 2400 kg/ha P_2O_5 als fosforzure voederkalk, gemengd en na op normaal vochtgehalte te zijn gebracht in een aantal glazen vochtdoozen ingevuld en vochtig bij kamertemperatuur bewaard. Na bepaalde tijden werd telkens

in den grond van twee dozen het getal en P-citr bepaald. De resultaten zijn in tabel 5 vermeld.

TABEL 5

Geleidelijke verlaging van de P-getallen en P-citr cijfers na bemesting van den grond met fosfaat, waarbij de mogelijkheid van uitspoeling uitgesloten was

(Allmähliges Sinken der P-Zahlen und P-Zitr. Zahlen nach Düngung des Bodens mit Phosphat unter Ausschluss der Möglichkeit von Auswaschung)

Na (Nach).		1 dag. (1 Tag).	2 dagen. (2 Tagen).	1 week. (1 Woche)	1 maand. (1 Monat)	3 maanden. (3 Monaten)	6 maanden. (6 Monaten)
900 P ₂ O ₅	P-getal (P-zahl)	10	7½	5	4	3	2
	P-citr. (P-Zitr.)	60	54	52	44	38	45
2400 P ₂ O ₅	P-getal (P-zahl)	30	25	22	16	16	10
	P-citr. (P-Zitr.)	130	118	125	119	90	100

Hoewel de cijfers niet geheel regelmatig verlopen (het volkomen homogeen mengen van fosfaat met grond is ook niet zoo gemakkelijk) is het toch duidelijk dat het vastleggend vermogen van dezen grond groot is, en dat er een langzame vastlegging plaats vindt. Daarnaast behoeft echter de mogelijkheid van uitspoeling en verplaatsing van fosfaat naar diepere lagen niet uitgesloten te zijn. Bij onze vorige onderzoeken¹⁾ en die van anderen is wel gebleken, dat verplaatsing en uitspoeling van fosforzuur niet zoo onwaarschijnlijk en in bepaalde gevallen niet zoo gering zijn als veelal wordt aangegeven. Om hierover voor het geval van de hier beschreven proef zekerheid te verkrijgen hebben wij een aantal vakken in lagen van 3 cm bemonsterd met behulp van de openklapbare boor, die beschreven werd op blz. 11 van onze publicatie „Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden”. De in deze monsters bepaalde P-totaal waarden geeft tabel 6. Door inklinking van den grond is het mogelijk, dat in de eerste laag van 3 cm onder de bouwvoor nog een gedeelte van de laag, die in zijn geheel, homogeen, met fosfaat gemengd was, voorkomt. Voor de beoordeeling van de cijfers is het daarom veiliger deze laag als overgangslaag te beschouwen. De indringing van het

¹⁾ Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden, (Zie blz. 1) blz. 11, 15, 23, 25 en 54.

Zeitschr. für Bodenkunde und Pflanzenernährung 2 (47), 178 (1937).

fosfaat in de diepere lagen is duidelijk. Bij de hoogere fosfaatgiften is een belangrijke hoeveelheid P_2O_5 in de laag 3—15 cm onder de bouwvoor terecht gekomen, terwijl blijkens de P-totaal getallen van de laag 12—15 de verdere indringing van het fosfaat op een diepte van 15 cm onder de bouwvoor nog niet geëindigd is.

TABEL 6

Indringing van het fosfaat bij eenige vakken
(Wanderung des Phosphats in tiefere Schichten bei einigen Töpfen)

Totaal kg/ha P_2O_5 . (Gesamt kg/ha P_2O_5).	0	900	1200	1800	2400	2700	3600
Bouwvoor (Krumme)	122	150	189	207	222	273	321
Ondergrond (Untergrund)	122	140	166	210	145	239	179
Laag 0—3 cm onder bouwvoor . . (Schicht 0—3 cm unter der Krumme).	119	118	141	149	150	142	166
Laag 3—6 cm onder bouwvoor .	120	115	139	131	152	137	174
" 6—9 " " " " .	121	118	136	141	162	119	162
" 9—12 " " " " .	122	114	127	134	131	122	150
" 12—15 " " " " .							
Toeneming in kg/ha P_2O_5 in de ondergrond-laag 3—15 cm onder de bouwvoor		0	230	270	410	140	580
(Zunahme in kg/ha P_2O_5 in der Schicht 3—15 cm unter der Krumme)							

Het blijkt dus wel, dat ook bij dezen grond verplaatsing van het fosfaat mogelijk is. Dit is geenszins te verwonderen, aangezien bij de zeer hoge toegediende giften er nog langen tijd onveranderde fosforzure voederkalk aanwezig zal blijven, terwijl een bodemvocht corresponderend met een P-getal van 10—15 zeker verplaatsing van fosfaat zal kunnen geven, dat in andere lagen wéér wordt vastgelegd.

De opbrengsten (zie tabel 3) nemen met stijgende fosfaatgiften geleidelijk toe. Alleen hebben de zeer hoge bemestingen van object *m* en *n* de opbrengst een weinig gedrukt. Verschil tusschen de objecten *f* en *g* met alleen oud resp. ook versch fosfaat in 1933 ziet men in de oogst echter niet optreden. Het volgend jaar was dit wel het geval. In het gehalte aan P_2O_5 , dat zoowel bij korrel als bij stroo en kaf na de versche fosfaattoediening bij *g* hooger is dan bij *f*, treedt in 1933 het onderscheid wel aan den dag. In 1934 is alleen het gehalte in de korrel bij *g* nog het hoogst.

De betere werking van versch fosfaat demonstreert zich ook bij object *d*, dat in totaal 1200 kg/ha P_2O_5 ontving, waarvan 1050 in Maart 1933. Hier blijft de opbrengst in dat jaar niet veel achter bij die van de beide 1800 objecten

f en *g* met resp. oud en versch fosfaat, terwijl het volgend jaar de opbrengst wel lager is dan van *g* maar toch zelfs nog hooger dan van *f*. Ook in de P_2O_5 gehalten van het gewas blijkt de gunstige werking van het versche fosfaat. In 1933 waren voor de korrel deze waarden van de objecten *d*, *f* en *g* resp. 0,97, 0,91 en 1,05 % en voor het stroo 0,18, 0,13 en 0,26 %. In 1934 was het verschil wel geringer, maar waren de gehalten van *d* en *f* toch nog gelijk. Object *b* met 600 fosfaat, waarvan 450 versch in 1933, geeft in dat jaar ook een duidelijk betere werking te zien dan het andere 600 P_2O_5 -object *e* met oud fosfaat. De korrelopbrengst is bij *e* niet veel hooger dan die van object *c* met slechts 150 P_2O_5 . Na een jaar zijn dus de 600 kg/ha P_2O_5 voor de plant grootendeels onbereikbaar geworden. Echter zijn de 450 kg versch P_2O_5 van object *b* niet voldoende om het fosfaatgehalte in korrel en stroo op het peil van de ruim bemeste objecten te brengen; vooral in het stroo blijft het met 0,09 % ver daaronder. In het volgend jaar is de in 1933 gegeven fosfaatbemesting dermate vastgelegd, dat de opbrengst van object *b* gelijk aan die van *e* met oud fosfaat en geheel onvoldoende is geworden.

Terwijl de beide zeer groote fosfaatgiften van 2700 en 3600 kg/ha P_2O_5 (object *m* en *n*) oogstverminderend gewerkt hebben (zoowel in korrel als stroo is de opbrengst lager dan bij object *g* met 1800 kg/ha P_2O_5), is het P_2O_5 -gehalte van de droge stof van het stroo nog aanmerkelijk gestegen. Het gehalte is voor deze beide objecten (0,35 resp. 0,38 %) bijna driemaal zoo hoog als dat van object *g* met 0,13 %. Het is opvallend dat, terwijl 1200 en 1800 kg-ha P_2O_5 , in vorige jaren gegeven, het gehalte niet op normale hoogte konden brengen, de beide versche zeer hooge fosfaatgiften zulk een groote invloed op het P_2O_5 -gehalte uitgeoefend hebben. Bij de korrel is het verschil tusschen de beide hoogste en de andere P-objecten, zooals gewoonlijk, veel kleiner. Niettemin is het gehalte bij object *n* met 3600 kg P_2O_5 10 % hooger dan bij object *g* met 1800 kg P_2O_5 .

De hoogste fosfaatgiften van 2700 resp. 3600 kg/ha P_2O_5 , ongeveer een maand voor het inzaaien gegeven, hebben op dezen grond dus een oogstvermindering gegeven. De sterke stijging in fosfaatgehalte van het stroo bij deze objecten, terwijl de andere fosfaatobjecten alle ongeveer een gehalte van 0,13 % hebben, is intusschen wel een aanwijzing voor een betere beschikbaarheid van het versche fosfaat. Aan den anderen kant toont de voortgaande daling in opbrengst bij object *f* tegenover object *g*, dat dezelfde hoeveelheid fosfaat ontving, echter grootendeels een jaar later, en de lage fosfaatgehalten in het bijzonder van het stroo in vergelijking met de objecten *m* en *n*, dat zelfs een voorraadsbemesting van 1800 kg-ha P_2O_5 niet toereikend is om het gewas blijvend, zonder jaarlijksche bijgift van versch fosfaat, op den hoogsten trap te houden. Een voorraadsbemesting naar 2000 kg/ha P_2O_5 is voor dezen ijzer-

TABEL 7

Grondonderzoek en oogstresultaten
(*Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse*)

kg/ha P_2O_5 in 1932. " " " 1933 " " " 1934 " " " totaal. (Gesamt P_2O_5 in kg/ha).		—	150	600	150
		—	—	—	450
		0	150	600	600
Vak. (Topf).		a ₁ a ₂	c ₁ c ₂	e ₁ e ₂	b ₁ b ₂
pH,	7 Maart 1935 (7 März 1935)	6,1	6,1	6,25	6,2
	29 Mei 1935 (29 Mai 1935)	6,35 6,4	6,45 6,4	6,55 6,4	6,55 6,4
	10 September 1935	6,2 6,15	6,25 6,15	6,25 6,2	6,35 6,15
	3 September 1936	6,1 6,1	6,05 6,0	6,0 6,15	6,2 6,1
P-getal,	7 Maart 1935 (P-Zahl, 7 März 1935)	1/4	1/2	2	2
	29 Mei 1935	0 1/4	0 1	1 1/2 2	2 2
	10 September 1935	0 0	0 1	1/2 1	1/2 2
	3 September 1936	1/4 1	1/4 1	1 1/4 2	1 1/4 2
P-Citr.	7 Maart 1935 (P-Zitr., 7 März 1935)	10	14	21	20
	29 Mei 1935	15 16	16 18	24 30	24 28
	10 September 1935	14 17	16 20	25 23	21 28
	3 September 1936	12 18	15 20	20 27	18 23
Stand op	3 Juni 1935 (Stand am 3 Juni 1935)	6 7	5 5	7 7	6 1/2 8
	5 Juni	5 6	4 4 1/2	7 7	5 6
	22 Juni	7 7	5 4	6 1/2 8	8 8
	11 Juli	6 1/4 5	3 2	4 1/4 4 3/4	7 8
Sterhaver, 1935, korrel, 100 = 26,7 g/vak (Sternhafer, 1935, Korn, 100 = 26,7 g/Topf)		100 98	48 54	84 119	109 135
Stroo + kaf, 100 = 22,6 g/vak (Stroh + Spreu, 100 = 22,6 g/Topf)		100 111	64 80	103 133	116 149
% P_2O_5 in de droge stof van de korrel (% P_2O_5 in der Trockensubstanz der Körner)		0,72 0,72	0,75 0,67	0,69 0,79	0,80 0,71
% P_2O_5 in de droge stof van stroo + kaf (% P_2O_5 in der Trockensubstanz von Stroh u. Spreu)		0,08 0,11	0,06 0,09	0,09 0,08	0,07 0,08
mg/vak P_2O_5 in de korrel (mg/Topf P_2O_5 in Korn)		165 160	80 80	130 215	200 215
mg/vak P_2O_5 in stroo + kaf (mg/Topf P_2O_5 in Stroh u. Spreu)		15 25	5 15	20 20	15 25
Stand op	9 Mei 1936 (Stand am 9 Mai 1936)	4 5 1/2	3 3	3 7	4 1/2 6
	13 Mei 1936	4 1/2 6	2 2	2 1/2 7	6 7 1/2
	27 Mei 1936	5 1/2 6 1/2	2 2	2 7	6 1/2 8
	27 Juni 1936	4 4 1/2	1/2 1	1/2 7	6 1/2 7 1/2
Sterhaver, 1936, korrel, 100 = 12,2 g/vak (Sternhafer, 1936, Korn, 100 = 12,2 g/Topf)		100 91	7 20	5 252	156 216
Stroo + kaf, 100 = 19,2 g/vak (Stroh + Spreu, 100 = 19,2 g/Topf)		100 75	23 30	21 167	107 181

in 1935 en 1936

in den Jahren 1935 und 1936)

— 900 900		— 900 900		150 1050 1200		1800 — 1800		150 1650 1800		— 2400 2400		— 2400 2400		150 2550 2700		150 3450 3600			
o ₁	o ₂	p ₁	p ₂	d ₁	d ₂	f ₁	f ₂	g ₁	g ₂	q ₁	q ₂	r ₁	r ₂	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂		
5,95 6,2 6,15 6,0		6,2 6,45 6,25 6,05		6,4 6,55 6,4 6,25		6,4 6,55 6,45 6,3		6,5 6,7 6,5 6,35		5,9 6,2 6,05 6,05		6,3 6,6 6,3 6,1		6,45 6,55 6,6 6,35		6,55 6,6 6,5 6,4			
4 3 2 2		3 2 2 2		4 4 3 2¾		5½ 6 5 4		7½ 9 7 3½		14 10 8 5		12 12 7 4		18 15 16 10		24 24 19 15			
42 32 32 24		36 36 32 27		47 41 42 35		52 48 46 39		60 56 56 47		82 75 60 53		79 78 62 54		98 82 85 71		124 119 95 88			
8 7 6½ 5½		8 6 7 7¾		9 7½ 8 10		8½ 7 7½ 8½		9 7 8 9		8½ 7 8 8¼		9 7 8½ 9		4 4 6½ 3½		10 8 8 10			
79 119 0,77 0,10 135 25		140 154 0,88 0,07 230 20		126 146 0,76 0,05 220 15		131 156 0,87 0,17 260 50		143 157 0,75 0,05 245 15		121 150 0,87 0,08 240 25		158 175 0,75 0,05 270 15		135 153 0,86 0,09 265 25		155 189 0,93 0,11 325 40		152 181 0,89 0,14 310 50	
163 181 0,95 0,22 350 60		156 183 1,01 0,43 360 150		150 174 1,00 0,35 340 115		152 184 1,02 0,36 350 125		89 105 1,03 0,35 210 70		178 211 1,01 0,44 410 180		150 193 1,11 0,50 380 185		153 182 1,06 0,55 370 190					
2½ 2 2 1		7 7 8 8		6 6½ 7 6½		7 7 8 7½		3½ 4 3 1½		7 7 7½ 7		7 7 8 8		3 3 2½ 1½		7 8 8½ 8			
31 63		247 181		148 104		208 143		25 45		166 142		193 151		224 178		246 186			
265 189		230 177		227 165		254 196		28 53		289 238		211 202		229 188					

houdenden grond dus waarschijnlijk niet te hoog. De uit het grondonderzoek gebleken sterke vastlegging doet inderdaad in belangrijke mate haar invloed op het gewas gelden. Het oude fosfaat is in veel geringere mate toegankelijk dan het versch toegediende, nog niet vastgelegde of nog slechts kort vastgelegde fosfaat.

Voortzetting in 1935 en 1936

In 1935 zoowel als in 1936 hebben wij de helft der vakken op nawerking gelaten en aan de andere helft 100 kg/ha P_2O_5 in den vorm van fosforzuren voederkalk gegeven om de werking van versch fosfaat tegenover voorraad nader na te gaan.

Aangezien de vakken reeds drie oogsten gedragen hadden en door het nemen van grondmonsters de bouwvoor wat onregelmatig was geworden, en aangezien het bij het veranderen van het plan gewenscht was, de verschillende bemestingen anders op te stellen, werd op 10 April achtereenvolgens de bouwvoor en de ondergrond uit alle vakken genomen en den volgenden dag na goed dooreenmengen in de daarvoor thans bestemde vakken ingevuld. Daarna werd op de betreffende vakken het fosfaat over den grond gestrooid. Het werd dus niet, zooals in de voorafgaande jaren, door de heele bouwvoor gemengd doch, na vermenging met wat grond uit de bouwvoor, over de oppervlakte gestrooid en daarna oppervlakkig ingeharkt. In 1936 werd opnieuw op dezelfde vakken dezelfde hoeveelheid versch fosfaat toegediend, door zonder meer het fosfaat, na menging met wat grond uit de bouwvoor, uit te strooien en in te harken door de bovenste laag.

Alle vakken ontvingen bovendien op 1 Mei 1935 en op 21 April 1936 kalksalpeter naar 100 kg/ha stikstof en 200 kg kali in den vorm van kaliumchloride. Op 13 April 1935 resp. 26 Maart 1936 werden de vakken met sterhaver bezaaid.

In tabel 7 zijn de resultaten samengevat.

Aan de reeds in tabel 3 vermelde objecten hebben wij nog acht vakken toegevoegd ($o_1, o_2, p_1, p_2, q_1, q_2, r_1$ en r_2), die voor oogst 1934 nieuw waren aangelegd en bemest naar 900 resp. 2400 kg/ha P_2O_5 in den vorm van primair calciumfosfaat (o_1, o_2, q_1 en q_2) resp. fosforzuren voederkalk (p_1, p_2, r_1 en r_2).

De cijfers voor de vakken, die in 1935 en 1936 100 kg/ha P_2O_5 ontvingen (a_2, b_2 enz.), zijn in de tabel cursief aangegeven.

De pH's waren op 29 Mei 1935 (zie tabel 7) eenige tienden hooger dan op 7 Maart van dat jaar, terwijl bij de daarop volgende bemonsteringen in September 1935 en September 1936 weer ongeveer de vroegere waarden werden gevonden. Het is niet onmogelijk, dat het uitnemen van den grond uit de vakken

op 10 April 1935, het over nacht laten staan in kistjes en vervolgens weer invullen in de vakken, deze pH-schommeling veroorzaakt heeft; echter is een gewone seizoenschommeling ook niet uitgesloten.

De P-getallen zoowel als de P-citr cijfers vertoonen bij de op nawerking liggende vakken een verdere daling. Bij de in 1935 bemeste objecten is dit ook het geval, maar in mindere mate; op enkele vakken heeft de versch toegediende bemesting de daling in P-getal door de oogstonttrekking, vastlegging of verplaatsing van fosfaat naar diepere lagen opgevangen. Zoo zijn, na een aanvankelijke stijging in Mei 1935, in September van dat jaar voor de objecten p_2 , f_2 , g_2 en n_2 met resp. 900, 1800, 1800 en 3600 kg/ha P_2O_5 als voorraad, de P- en P-citr getallen weer nagenoeg op hun oude waarden aangeland.

Over het geheel valt er dus nog een verder gaande „vastlegging” te constateeren. Dit proces heeft zich in 1936 bij de objecten met meer dan 600 P_2O_5 aan voorraad, zoowel bij de op nawerking liggende als de in 1936 opnieuw met 100 P_2O_5 in de oppervlaktelaag bemeste vakken, voortgezet. P- en P-citr. getallen zijn bij al deze vakken (behalve d_2) verder gedaald. Bij de vakken met 600 P_2O_5 of minder is het beeld minder duidelijk. De verschillen in P-getal zijn voor die vakken gering. Wellicht is er bij de op nawerking liggende vakken (a_1 , c_1 , e_1 en b_1) een verdere daling in P-citr. terwijl die bij de bemeste vakken (a_2 , c_2 , e_2 en b_2) door het versch toegediende fosfaat gecompenseerd wordt. Uit de op blz. 200 en 201 vermelde proeven is voldoende gebleken dat deze grond fosfaat vastlegt; bij de daling van het P-getal heeft men behalve met vastlegging ook met verplaatsing en met onttrekking door het gewas rekening te houden.

Op de vakken met kleineren fosfaatvoorraad (beneden 1200 P_2O_5) heeft het versch toegediende fosfaat in 1935 de opbrengst aan korrel zoowel als die aan stroo + kaf verhoogd. Een uitzondering vormt vak o_1 (900 P_2O_5 op nawerking): hier is de opbrengst tengevolge van een niet opgehelderde oorzaak zeer laag geweest, zooals blijkt door vergelijking van de opbrengsten (resp. 109, 79 en 126) van de vakken b_1 (600 P_2O_5), o_1 (900 P_2O_5) en p_1 (900 P_2O_5).

Het in 1935 toegediende fosfaat, dat niet zooals in vorige jaren door de bouwvoor was gemengd, doch slechts door de bovenste laag was geharkt, is blijkbaar het gewas zeer ten goede gekomen; mogelijk heeft het, doordat het meer geconcentreerd lag, zijn werking kunnen doen voordat de grond het te sterk had vastgelegd. Bij de vakken met groteren fosfaatvoorraad en tevens hogere P-getallen en P-citr cijfers (deze laatste boven 40), dus makkelijker beschikbaarheid van fosfaat, is de invloed van het versch toegediende fosfaat niet te zien.

Op de zwaar bemeste vakken hebben de planten blijkbaar uit de groote voorraden, die de vastlegging tot op 70 resp. 50 % verminderden, nog vol-

doende snel het fosfaat kunnen opnemen, zoodat de versch toegediende 100 kg/ha P_1O_5 zonder merkbaren invloed waren.

In 1935 werd derhalve bij een voorraadsbemesting naar ongeveer 2000 kg/ha P_2O_5 een maximale oogst bereikt. De P_2O_5 gehalten in de droge stof van korrel en stroo nemen, ofschoon het verloop der getallen iets onregelmatig is, nog geleidelijk met stijgenden fosforzuurvoorraad toe. Het versch toegediende fosfaat heeft daarop in het algemeen geen invloed uitgeoefend.

De opbrengst op vak m_1 met 2700 fosfaat is echter slechts 89, tegenover die van 150 op vak r_1 met 2400 fosfaat en 163 op vak q_1 met 2400 fosfaat. Vak m_1 gaf dus een bijzonder lage opbrengst. Uit de standcijfers blijkt ook, dat de stand op vak m_1 steeds minder goed was; zoodat hier het vermoeden opkomt dat een onbekende factor in het spel is, die buiten het eigenlijke proefplan ligt.

Bij oogst van 1936 trad dit verschijnsel nog meer naar voren; wij vinden daar meerdere vakken met abnormaal lage opbrengsten, nl. de vakken c_1 , c_2 , e_1 , o_1 , d_1 en m_1 . Het achterblijven in ontwikkeling van de planten op deze vakken kwam reeds in de standbeoordelingen tijdens den groei tot uiting. Wat hiervan de oorzaak was, kon niet vastgesteld worden. Wellicht zijn op den duur in deze vakken met een vrij dunne bouwvoor (oorspronkelijk 12½ cm, gaandeweg door het nemen van monsters tot 8 cm verminderd) sommige groeifactoren in het minimum gekomen en is daardoor de verwachte fosfaatwerking uitgebleven. In 1935 zagen wij ook reeds bij eenige vakken (hoewel in mindere mate) dergelijke afwijkingen in den groei.

Dat een gebrek aan een bepaald bestanddeel de oorzaak zou zijn, is niet zeer waarschijnlijk door het feit dat de abnormale groei het meest voorkwam bij weinig bemeste vakken, waar het gewas steeds minder goed stond en dus vermoedelijk in den loop van de proef ook minder aan den grond onttrokken had. Ook verschijnselen, die men in het algemeen als „moeiheid” pleegt samen te vatten, zou men eerder op de vakjes met goede planten verwachten. Eerder zou men denken dat de voortgezette bemesting met andere meststoffen (stikstof- en kalimest), bij geringe onttrekking door matig of slecht gewas, een te veel zou hebben veroorzaakt. Het onregelmatig voorkomen van de vakken met abnormalen groei sluit echter conclusie's uit en men kan niet anders doen dan deze vakken als abnormaal buiten de beschouwingen te laten.

Doen wij dit, dan zien wij dat de overige vakken alle hetzelfde beeld geven. Terwijl in 1935 het versch toegediende fosfaat bij de objecten met groote voorraadsbemesting geen merkbaren invloed op de opbrengst had, heeft dit het volgend jaar bij alle objecten een grootere opbrengst gegeven dan die bij de overeenkomstige, op nawerking liggende objecten. De absolute

grootte van den oogst was in 1936 echter belangrijk lager dan in het voorafgaande jaar. De maximale korrelopbrengst, die in 1935 ruim 40 g per vakje bedroeg, was in 1936 slechts ongeveer 30 g. Voor zoover wij hier niet met een invloed van de weersomstandigheden te maken hebben, zou dit er op kunnen wijzen, dat het fosfaat ook bij de hoogste giften moeilijker beschikbaar voor de planten is geworden.

Vergelijkt men de P-citr cijfers van 1935 met die van 1936, dan blijkt dat deze geleidelijk dalen, ook op de vakjes die in 1935 en 1936 100 P_2O_5 versch fosfaat ontvingen. Hetzelfde is met de P-getallen het geval.

Een voorraadsbemesting van 2000 kg/ha P_2O_5 , is dus bij deze proef nauwelijks voldoende gebleken om een maximalen oogst te bereiken.

Een vergelijking tusschen primair en secundair fosfaat is alleen mogelijk bij de objecten q_1 , q_2 en r_1 , r_2 die 2400 P_2O_5 ontvingen, daar bij de hoeveelheid 900 P_2O_5 , het object o_1 zich abnormaal gedroeg. Het blijkt dan, dat aanvankelijk primair fosfaat groter werking had, doch later het secundaire zout. Men zou hier aan de verklaring kunnen denken dat het secundaire fosfaat zich minder gemakkelijk met het ijzer verbindt en daardoor gunstiger werkt.

Fosforzuurvoorraadsproefveld PO 53 te Heino

Naar aanleiding van de resultaten, die in de eerste proefjaren verkregen werden bij de hiervoor beschreven vakkenproef, werd, op voorstel van en in overleg met het Rijkslandbouwproefstation te Groningen, door den Rijkslandbouwconsulent Ir. H. F. TJALLEMA een fosforzuurvoorraadsproefveld aangelegd op perceel 19 van de proefboerderij te Heino, dus op denzelfden ijzerhoudenden grond als voor de hiervoor besproken vakkenproef was gebruikt. De verslagen over de oogstjaren 1934 en 1935 van deze proef vindt men in het Kort Verslag over de proefvelden in Overijssel en de proefboerderij te Heino. In aansluiting aan de beschouwingen over de vakkenproef ontleenen wij hieraan de onderstaande gegevens.

Nadat in den winter van 1933/34 het veld 18 cm diep was gescheurd en de ondergrond 18 cm was losgemaakt werd in het voorjaar van 1934 op twee van de drie objecten (die in zesvoud lagen) een voorraadsbemesting naar 2000 kg/ha P_2O_5 als fosforzure voederkalk gegeven. Bovendien ontving op 9 Februari 1934 het onbemeste object en een der met voederkalk bemeste nog 75 kg/ha P_2O_5 in den vorm van superfosfaat. Verbouwd werd Adelaarshaver met onderzaai van roode klaver en iets Italiaansch raaigras. De stikstofbemesting was 160 kg/ha N als ammonsalpeter.

Tabel 8 geeft een overzicht van de analyseresultaten gedeeltelijk vóór, gedeeltelijk na de bemesting en den eersten oogst.

TABEL 8

Grondonderzoek en oogstresultaten in 1934
(Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse im Jahre 1934)

Vorraadsbemesting als fosforzure voeder- kalk in voorjaar 1934. (Vorratsdüngung als phosphorsaure Futter- kalk im Vorjahr 1934.)	kg/ha P_2O_5 als sup op 9 Febr.	pH.		P-totaal Jan.	Vastlegging (Festlegung) %	P-getal. (P-Zahl.)		P-Citr. (P-Zitr.)		Haver. (Hafer.)	
		Jan.	Aug.			Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Korrel (Korn) q/ha.	Stroo (Stroh) q/ha.
0 kg/ha P_2O_5 . .	75	5,8	6,0	112	85	1	1	12	19	63,2	92,3
2000 " " . .	75	5,9	6,1	118	65	1	7	13	55	63,1	97,2
2000 " " . .	0	5,85	6,15	107	65	1	8	12	59	63,4	102,7

De analysecijfers van dit proefveld komen aardig overeen met die van de vakkenproef: zuurgraad, P-totaal, P-getal en P-citr zijn vrijwel dezelfde. Wanneer men de 2000 P_2O_5 objecten vergelijkt met object f met 1800 P_2O_5 (tabel 3), dan blijkt het verloop der P-getallen en P-citr cijfers van dezelfde orde te zijn. Ook de verandering in de vastlegging door de voorraadsgift komt goed overeen met die bij de vakkenproef (zie tabel 4).

Op het gewas had, afgezien van een wat grotere stroo-opbrengst, de groote voorraadsgift dit jaar nog geen invloed.

Op 26 Januari 1935 ontvingen de superfosfaat-objecten opnieuw 75 kg/ha P_2O_5 . In April 1935 werd 10 cm diep geploegd en de ondergrond 10 cm losgewerkt. Het veld ontving verder 400 kg 40 % kalizout en 400 kg zwavelzure ammoniak. Het gewas was in 1935 aardappelen (Triumpf). Dit jaar gaf de proef de in tabel 9 vermelde resultaten:

TABEL 9

Grondonderzoek en oogstresultaten in 1935
(Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse im Jahre 1935)

Vorraadsbemesting als fosforzure voeder- kalk in voorjaar 1934. (Vorratsdüngung als phosphorsaure Futter- kalk im Vorjahr 1934.)	kg/ha P_2O_5 als super op 26-1-35.	September 1935.			Aardappel (Triumpf). (Kartoffeln, Triumph).					
		pH.	P-getal (P-Zahl.)	P-citr. (P-Zitr.)	Knollen q/ha.	Zetmeel (Stärke-mehl) %	Zetmeel (Stärke-mehl) q/ha.	P_2O_5 % in de droge stof v. d. knollen (in der Trockensubst. d. Knollen)	P_2O_5 ontrek- king (Entzie- hung) kg/ha.	
0 kg/ha P_2O_5 . . .	75	5,8	1	21	381	15,5	59	0,42	36	
2000 " " . . .	75	6,0	5	49	445	16,6	74	0,62	65	
2000 " " . . .	0	6,05	5	48	415	16,4	68	0,62	59	

De P-getallen en P-citr cijfers op de zwaar bemeste perceelen zijn, evenals dit bij object f ($1800 \text{ P}_1\text{O}_5$) van de vakkenproef het geval was, na een jaar lager geworden. De invloed van de voorraadsbemesting treedt nu wel in de oogsteijfers aan den dag. Zoowel de knol- en de zetmeelopbrengst als het P_2O_5 -gehalte in de droge stof van de knollen zijn hoger dan die van het object zonder voorraad. Hoewel er uit deze proef met slechts 3 objecten geen verdere conclusies te trekken zijn, is het toch wel opvallend dat, terwijl de vakkenproef aantoonde, dat voor een maximale opbrengst een voorraad van ongeveer $2000 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$ wel gewenscht is, bij deze veldproef een dergelijke voorraad een uitgesproken meeropbrengst geeft tegenover het object dat jaarlijks $75 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ als superfosfaat ontving.

De ook reeds uit de vakkenproef gebleken gunstige werking van een versche fosfaatgift treedt ook hier aan den dag: het object met $2000 \text{ P}_2\text{O}_5$ voorraad en 75 als superfosfaat jaarlijks geeft een flinke verhooging aan knollen en zetmeel tegenover het object dat alleen voorraadsbemesting ontving.

Het volgend jaar werd wintertarwe verbouwd. Tabel 10 geeft de resultaten.

TABEL 10

Grondonderzoek en oogstresultaten in 1936
(*Bodenanalyse und Ernte-Ergebnisse im Jahre 1936*)

Voorraadsbemesting als fosforzure voederkalk in voorjaar 1934. (<i>Vorratsdüngung als phosphorsaurer Futterkalk im Vorjahr 1934</i>).	kg/ha P_2O_5 als superfosfaat in 1934/1936.	1936.			Wintertarwe. (<i>Winterweizen</i>).	
		pH.	P-getal. (<i>P-Zahl</i>).	P-citr. (<i>P-Zitr.</i>)	Korrel (<i>Korn</i>) q/ha.	Stroo (<i>Stroh</i>) q/ha.
0 kg/ha P_2O_5	75	5,85	$\frac{1}{4}$	20	40,5	89,7
2000 kg/ha P_2O_5	75	6,05	3	46	41,3	94,3
2000 kg/ha P_2O_5	0	6,1	3	46	40,2	96,1

De daling in P-getal, die reeds het vorige jaar vrij groot was, heeft zich dit jaar verder voortgezet. Terwijl de P-citr getallen niet zijn veranderd, zijn de P-getallen van 5 op 3 gedaald. Het verloop is hier van denzelfden aard als dat op de vakkenproef het geval was. De vastlegging verloopt hier niet minder snel (uitspoeling is hier blijkens de P-citr getallen nog niet in het spel).

Het vastleggingscijfer, dat aanvankelijk door de voorraadsbemesting was

gedaald tot 65, is nu weer gestegen tot 80. Mogelijkerwijze heeft door de grondbewerking het ijzer opnieuw fosfaat kunnen binden.

De meeropbrengst op de veldjes, welke voorraadsbemesting ontvingen, is dit jaar aanmerkelijk geringer dan het vorige. Behalve de geringere beschikbaarheid van het fosfaat zal men hier ook met het verschil in gewas en klimaatomstandigheden rekening hebben te houden.

Samenvatting

Bij den ijzerhoudenden grond van perceel 19 op de Proefboerderij te Heino vindt men een langzame daling van het P-getal, die aan een langzaam verlopende vastlegging doet denken. Het geleidelijk na verloop van tijd afnemen van het vastleggingsgetal bij grootere fosfaatgiften, bevestigt deze veronderstelling. Wel is gebleken, dat men ook bij dezen grond met eenige uitspoeling, althans benedenwaartsche verplaatsing, te rekenen heeft, doch vastleggingsproeven in glazen bakjes, waarbij uitspoeling was uitgesloten, toonden dat er daarnaast in dezen grond een sterke, geleidelijk toenemende vastlegging plaats vindt. Men kan daarbij voorloopig denken dat het vrij moeilijk oplosbare dicalciumfosfaat, dat bij deze proef werd gebruikt, gaandeweg als moeilijk oplosbaar ijzerfosfaat wordt gebonden. De gedeeltelijke uitspoeling behoeft met deze moeilijke oplosbaarheid niet in strijd te zijn, daar meesleuren met dalend regen- of grondwater niet uitgesloten is, en bij de zeer groote bemestingen, die een hoog P-getal gaven, het bodemvocht oplosbaar fosfaat zal bevatten dat zich met dat bodemvocht kan verplaatsen en in diepere lagen weer kan worden vastgelegd.

De veranderingen in P-getal kunnen als volgt overzichtelijk gerangschikt worden.

TABEL 11

Overzicht van de toegediende bemestingen en van de stijging en geleidelijke daling der P-getallen

(Übersicht von den verabreichten Düngungen und von der Steigerung und dem allmählichen Sinken der P-Zahlen)

Ob- ject.	kg/ha P ₂ O ₅ 15 Mrt. 1932.	P- getal (P- zahl) 4 April 1932.	kg/ha P ₂ O ₅ 22 Mrt. 1933.	P-getal (P-Zahl)		kg/ha P ₂ O ₅ 5 Apr. 1934.	P-getal (P-Zahl)					Totaal (Gesamt) kg/ha P ₂ O ₅ .
				Mrt.— Mei 1933.	8 Nov. 1933.		25	7	29	10	3	
							Mei 1934.	Mrt. 1935.	Mei 1935.	Sept. 1935.	Sept. 1936.	
a	—	0	—	0	½	—	½	0	0	0	0	0
e	150	½	—	0	½	—	1	½	0	0	0	150
b	600	2	—	2	1½	—	2	2	1½	½	1	600
o	150	½	450	2	2	—	2	2	2	½	0	600
p	—	—	—	—	—	900	4	4	3	2	2	900
d	—	—	—	—	—	900	3	3	2	2	2	900
f	150	½	1050	8½	5½	—	3½	4	4	3	3	1200
g	1800	15½	—	8½	6	—	6	5½	4	4	3	1800
q	150	—	1650	12½	10½	—	8	7½	6	6	3½	1800
r	—	—	—	—	—	2400	18	14	10	8	5	2400
m	—	—	—	—	—	2400	15	12	12	7	4	2400
n	150	—	—	—	½	2550	20	18	15	15	10	2700
n	150	—	—	—	½	3450	27	24	24	19	15	3600

Het oploopen van het P-getal na een bemesting en het daarna geleidelijk terugloopen blijken duidelijk uit deze tabel.

De daling van het vastleggingscijfer door de fosfaatbemesting, die bij de zeer groote giften nog eenigen tijd verder gaat, is niet blijvend. Het cijfer neemt daarna weer toe. Mogelijkerwijze komen nadat het ijzer zich met het fosfaat heeft gebonden (de P-getallen dalen geleidelijk) door de grondbewerking of door andere factoren weer nieuwe hoeveelheden ijzer in zoodanigen vorm, dat deze zich weer met fosfaat kunnen binden, waardoor het vastleggingscijfer weer stijgt. Tabel 12 geeft hierover eenige cijfers.

TABEL 12

Stijging van het vastleggingsgetal na een aanvankelijke daling door de fosfaatbemesting op de vakkenproef

(Steigerung der Festlegungszahl nach einer anfänglichen Erniedrigung durch die Phosphatdüngung bei dem Topfversuch)

Object. Totaal kg/ha P_2O_5 .	a. 0.	c. 150.	e. 600.	6d. 1200.	f. 1800.	m. 2700.	n. 3600.
Vastlegging in % op 10 Sept. 1935 . . (Festlegung in % am 10 Sept. 1935)	80	80	75	65	65	50	45
Vastlegging in % op 3 Sept. 1936 . . (Festlegung in % am 3 Sept. 1936)	80	80	80	70	70	65	60

Een dergelijk verloop vertoont ook de grond op het proefveld PO 53.

TABEL 13

Stijging van het vastleggingscijfer na een aanvankelijke daling door de fosfaatbemesting op het proefveld PO. 53

(Steigerung der Festlegungszahl nach einer anfänglichen Erniedrigung durch die Phosphatdüngung auf dem Versuchsfelde PO 53)

kg/ha P_2O_5 .	0 + 3 × 75.	2000 + 3 × 75.	2000.
Vastlegging in % in Aug. 1934 (Festlegung in % am August 1934)	85	65	65
Vastlegging in % op 16 Nov. 1936 (Festlegung in % am 16 November 1936)	85	80	80

Ook het P-citr cijfer loopt bij dezen ijzerhoudenden grond gaandeweg terug; hoewel ijzerfosfaat, evenals di- en tricalciumfosfaat, vrij goed oplosbaar

is in 1 % citroenzuur, gaat het volgens PRJANISCHNIKOW¹⁾ na eenige maanden in den grond gedeeltelijk in een niet in citroenzuur oplosbaren vorm over.

De op blz. 202 aangetoonde uitspoeling is natuurlijk mede van invloed.

De cijfers van het P-citr verloop waren als volgt.

TABEL 14

Overzicht van de toegediende bemestingen en van de stijging en geleidelijke daling der P-citr getallen

(Übersicht von den verabreichten Düngungen und von der Steigerung und dem allmählichen Sinken der P-Zitr. Zahlen)

Ob- ject.	kg/ha P_2O_5		P-citr. (P-Zitr.)		kg/ha P_2O_5 5 April 1934.	P-citr. (P-Zitr.)					Totaal (Ge- samt) kg/ha P_2O_5 .
	15 Mrt. 1932.	22 Mrt. 1933.	Mrt. Mei 1933.	8 Nov. 1933.		25 Mei 1934.	7 Mrt. 1935.	29 Mei 1935.	10 Sept. 1935.	3 Sept. 1936.	
a	—	—	11	10	—	13	10	15	14	12	0
c	150	—	11	13	—	14	14	16	16	15	150
e	600	—	21	22	—	24	21	24	25	20	600
b	150	450	25	25	—	24	20	24	21	18	600
o	—	—	—	—	900	48	42	32	32	24	900
p	—	—	—	—	900	44	36	36	32	27	900
d	150	1050	74	47	—	44	47	41	42	35	1200
f	1800	—	58	51	—	52	52	48	46	39	1800
g	150	1650	97	70	—	64	60	56	56	47	1800
q	—	—	—	—	2400	92	82	75	60	53	2400
r	—	—	—	—	2400	86	79	78	62	54	2400
m	150	—	—	—	2550	98	98	82	85	71	2700
n	150	—	—	—	3450	138	124	119	95	88	3600

Ook hier is de invloed van versche bemesting en het geleidelijk terugloopen daarna, duidelijk te zien.

De geleidelijke daling van P-getal en P-citr blijkt ook uit Fig I, waarin de getrokken lijnen het verband tusschen P-getal, resp. P-citr en de gegeven bemesting weergeven en de gestippelde lijn het verloop voor de objecten, die in 1935 en 1936 opnieuw 100 P_2O_5 ontvingen. Hoewel de gestippelde lijnen (versch fosfaat) wat hooger liggen dan de daarbij behorende getrokken (objecten op nawerking), is het verschil voor het P-getal niet geheel groot.

In Fig II zijn de P-getallen van alle onderzochte grondmonsters tegen de P-citr cijfers afgezet. Men ziet dat er een betrekkelijk nauw verband

¹⁾ D. N. PRJANISCHNIKOW, *Die Düngerlehre*. Berlin. 203 (1923).

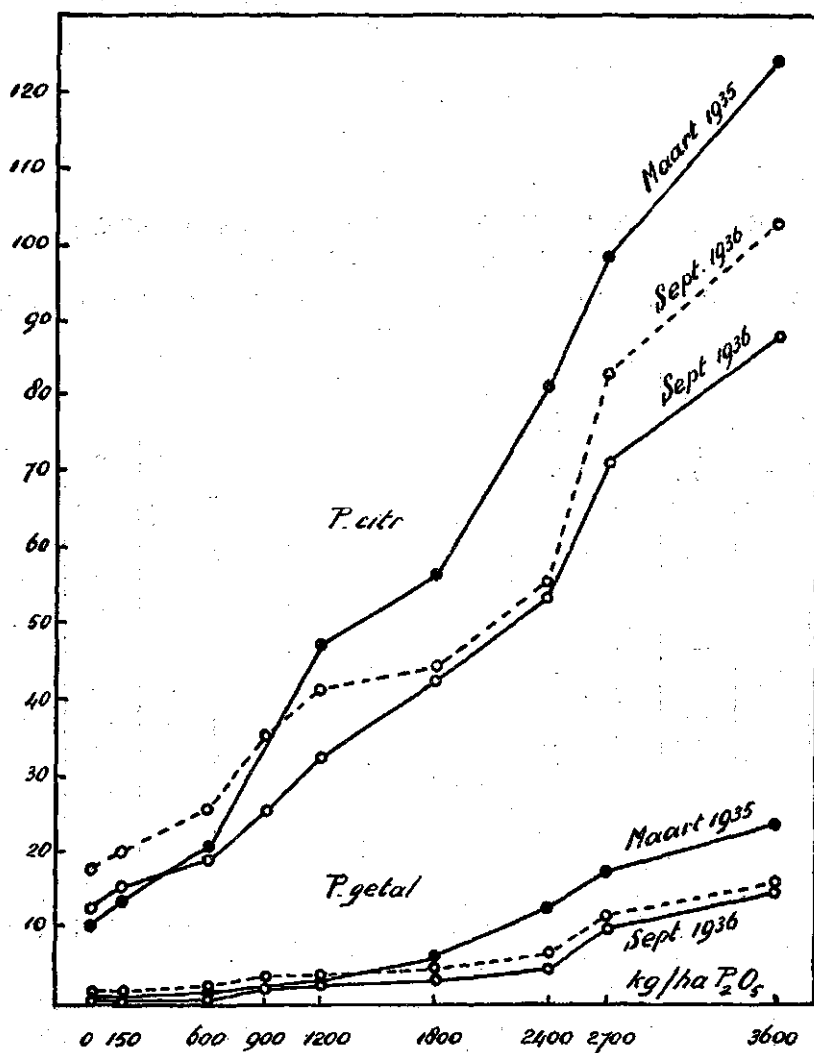


Fig. I

P.citr. (bovenste groep lijnen en P.getal (onderste groep) voor de voornaamste objecten op 7 Maart 1935 (vóór de bemesting) en in Sept. 1936. Gestippelde lijn: objecten die in 1935 en 1936 beide versch fosfaat naar 100 kg/ha ontvangen hadden. Daling van de cijfers van 1935 op 1936; eenige stijging door de versche fosfaatmest

Obere Gruppe P-Zitr. Zahlen, untere Gruppe P-Zahlen (wässriger Extract) am 7 März 1935 (vor der Düngung) und in Sept. 1936. Sinken der Zahlen in dieser Periode durch Festlegung des Phosphats und teilweise durch Phosphatwanderung. Gestrichelte Linie: Objekte welche in 1935 und 1936 frisches Phosphat empfangen nach 100 kg/ha P_2O_5

tusschen deze beide cijfers bestaat, dat gemiddeld door een flauw gebogen lijn weergegeven kan worden. Bij een andere gelegenheid zullen wij op dit verband, dat bij verschillende grondtypen op karakteristieke wijze verschilt, nader terugkomen. Uit deze figuur blijkt geen duidelijke invloed van het versch gegeven fosfaat tegenover den grond, die op nawerking lag, en evenmin een invloed van de geleidelijke vastlegging (cijfers voor 1936 tegenover die voor 1935), zooals men deze ziet bij een groepeerings der cijfers naar object (zie Fig. I). De invloed zoowel van versch fosfaat, als van voortgezette vastlegging, is dus op het P-getal resp. op het P-citr cijfer in hoofdzaak gebonden aan de wet, die door de gemiddelde lijn van Fig. II tot uiting wordt gebracht; de punten verschuiven zich door die beide factoren — praktisch of geheel, dat blijft hier nog in het midden — in de richting van deze lijn.

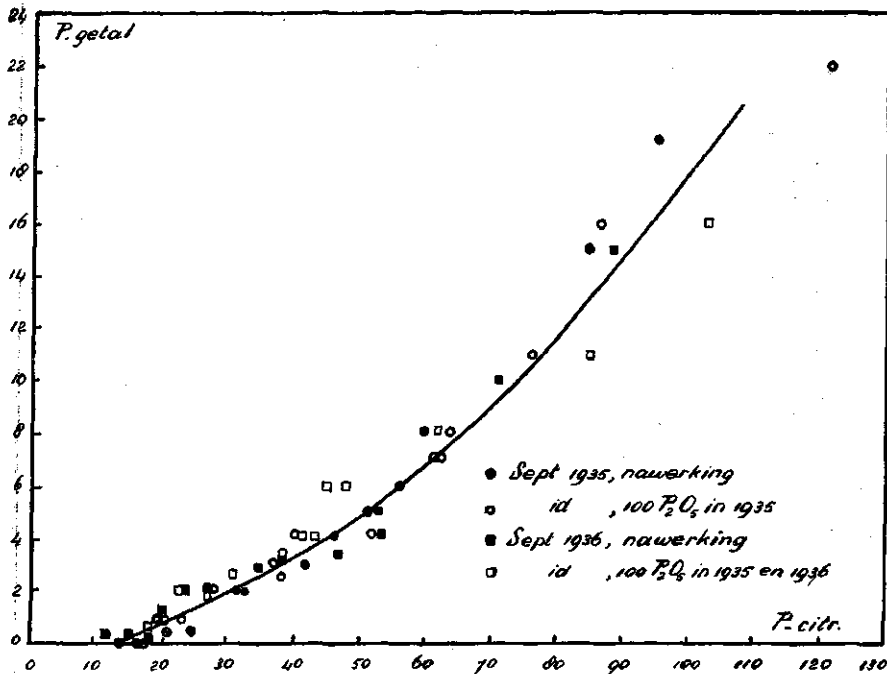


Fig. II

P-getal en P-citr voor alle grondmonsters van 1935 en 1936

P-Zahl und P-Zitr für die Bodenproben von 1935 und 1936 (auf Nachwirkung bezw. mit frischem Phosphat nach 100 kg/ha P₂O₅)

In Fig. III zijn de korrelopbrengsten voor de oogstjaren 1933, 1934, 1935 en 1936 uitgezet tegen P-getal en P-citr. Terwijl in 1933 bij een P-getal 8—9 en een P-citr cijfer van ongeveer 60 de maximale opbrengst werd be-

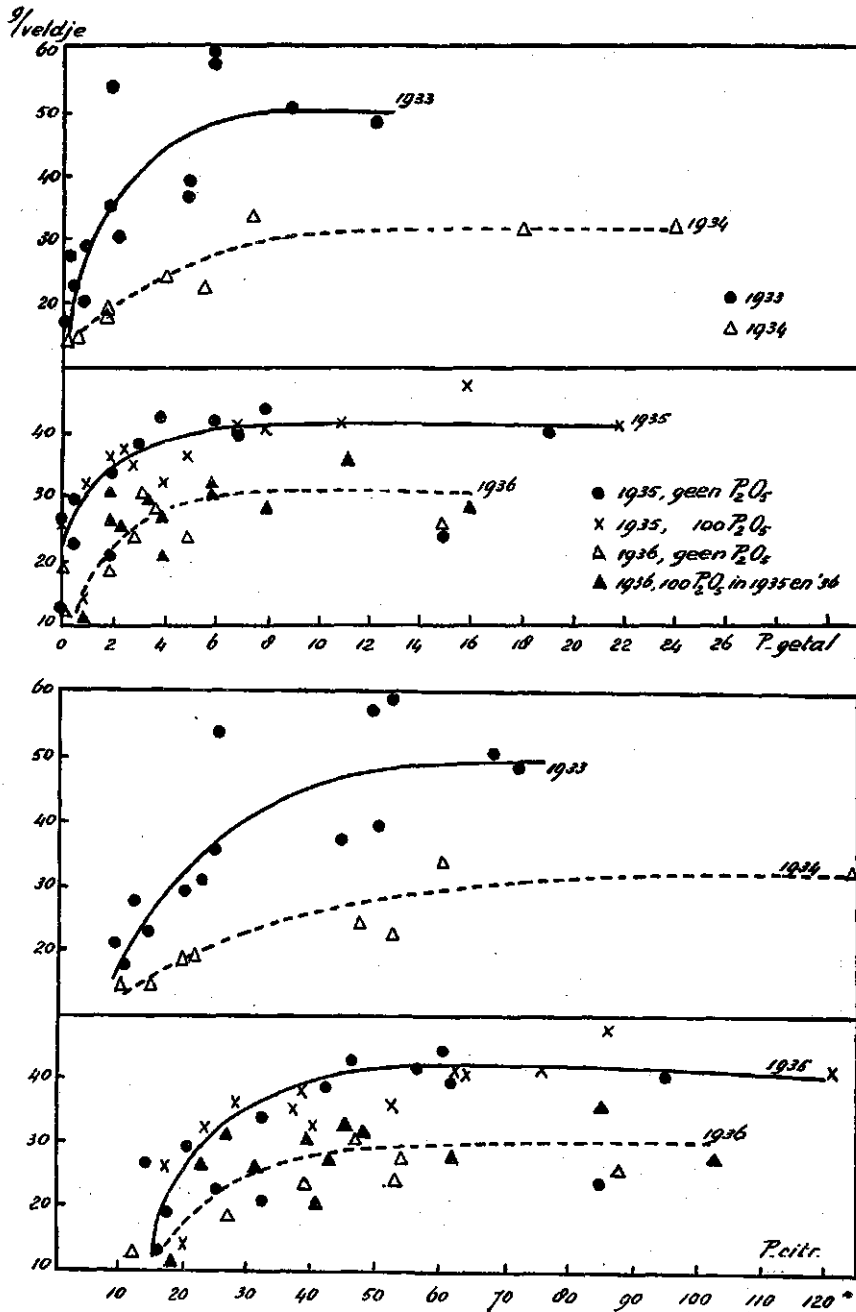


Fig. III

Korrelopbrengst in elk der jaren 1933—1936, in gram per vakje, afgezet tegen P-getal en tegen P-zitr.

Korn-Ertrag, Gramm pro Fach in den vier Jahren, gegen P-Zahl und gegen P-Zitr.

reikt, bleek het volgend jaar, toen de opbrengst ongeveer 30 g per vakje was in plaats van 50 g, eerst bij een P-getal 11—12 en een P-citr cijfer 70-80 het maximum bereikt te worden. Bij de blijkbaar gunstiger groeiomstandigheden in 1933 gaf een tekort in de fosforzuurvoorziening minder gauw aanleiding tot oogstdepressie, een verschijnsel dat meer voorkomt, maar in het jaar 1936 bij deze proef niet teruggevonden werd. In 1935 en 1936 werd, hoewel de oogst in 1935 groter was (ruim 40 tegen ruim 30 in 1936), bij

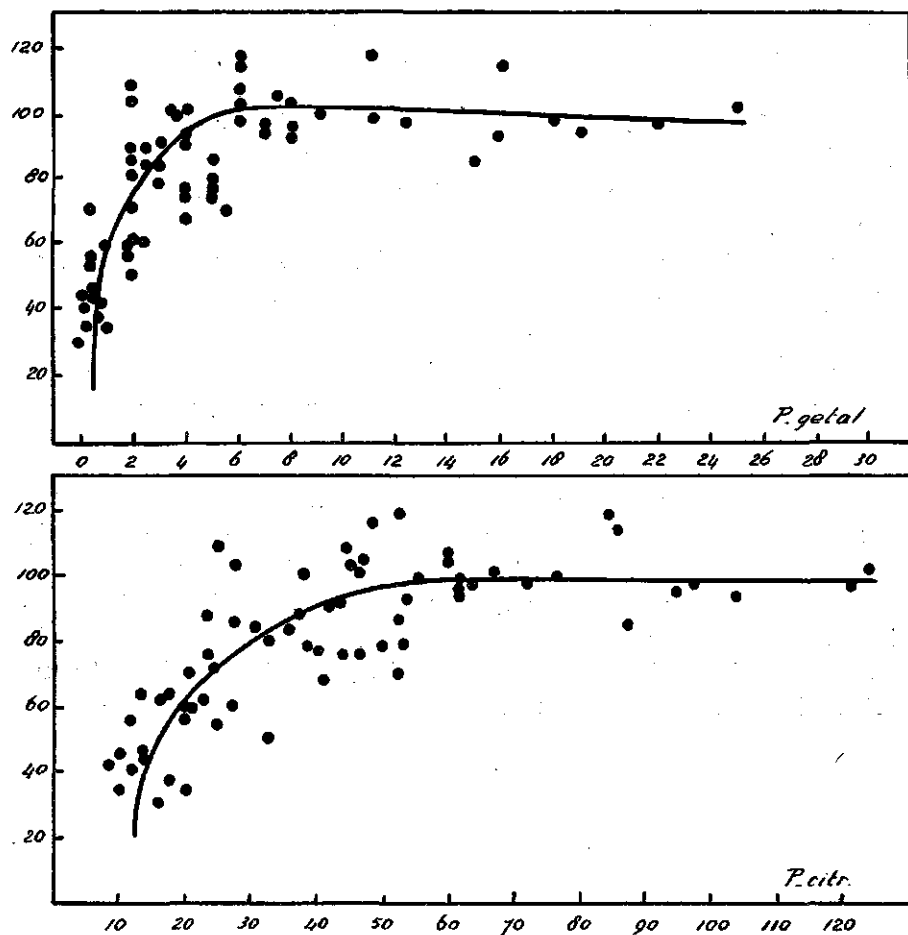


Fig. IV

Opbrengst van alle vier jaren, elk apart op 100 gereduceerd, uitgezet tegen P-getal en P-citr.

Korn-Ertrag von allen vier Jahren, bei jedem auf 100 umgerechnet, gegen P-Zahl und P-Zitr.

ongeveer gelijke P-getallen resp. P-citr cijfers de grootste opbrengst verkregen, nl. bij een P-getal 6—7 en een P-citr 45—55.

Vat men voor de vier oogstjaren de opbrengstcurven samen, dan verkrijgt men voor P-getal resp. P-citr de figuren IV. Voor dezen grond blijkt dan bij een P-getal van ongeveer 7 en een P-citr cijfer 50—60 de optimale opbrengst bereikt te zijn.

Door een verse normale bemesting in de bovenlaag werden de P-getallen en de P-citr cijfers verhoogd evenals de opbrengsten. Het eerste jaar (1935) was dit laatste alleen bij de objecten met kleine voorraadsbemesting het geval; in 1936 echter bij alle objecten. De weer toegenomen vastlegging (zie Tabel 12) zal hiertoe meegewerkt hebben.

Primair fosfaat werkt aanvankelijk op dezen grond beter, later minder dan secundair fosfaat.

Zoowel uit de vakkenproef als uit de veldproef blijkt dat een voorraadsbemesting van ongeveer 2000 kg/ha P_2O_5 (dus niet minder dan 10 ton fosfaatmest met 20 % P_2O_5) en een normale jaarlijksche bemesting van bijv. 100 kg P_2O_5 op dezen grond een goede opbrengst geeft.

In hoeverre zuurgraad en bekalking de fosfaatwerking beïnvloed en in hoeverre daardoor eventueel op de fosfaatbemesting bezuinigd zou kunnen worden, hopen wij in een volgende proef nader te onderzoeken.

In Fig. V zijn voor de jaren 1933—1935 de fosfaatgehalten zoowel van de haverkorrel als van het stroo afgezet tegen het P-getal resp. het P-citr cijfer van het betreffende vak na den oogst. Zooals men ziet is er een tamelijk regelmatige samenhang. Een maximum wordt niet bereikt; ook wanneer de opbrengst maximaal is (vergelijk Fig. IV), neemt het fosfaatgehalte van de korrel nog eenigszins, die van het stroo nog merkbaar toe wanneer de fosfaatgesteldheid van den grond ruimer wordt. (dus het verschijnsel dat men wel als luxe-consumptie betitelt).

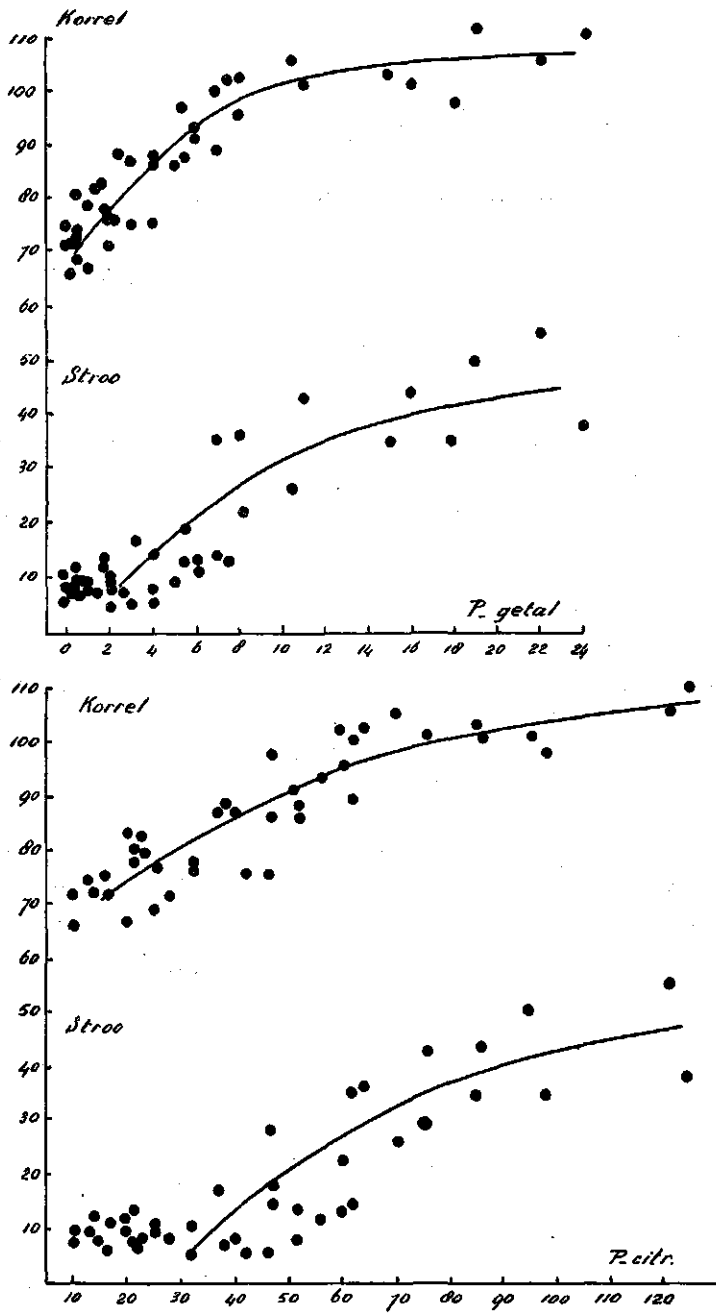


Fig. V

Fosfaatgehalte van korrel en van stroo, afgezet tegen P-getal en tegen P-citr.
 P_2O_5 -Gehalt von Korn (oben) und Stroh (unten) gegen P-Zahl bzw. P-Zitr.

DER PHOSPHORSÄURE-HAUSHALT IN EINEM EISENHALTIGEN SANDBODEN

VON

O. DE VRIES und C. W. G. HETTERSCHIJ

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Studium, an Hand von Versuchsfeld-Resultaten, in wie fern die gebräuchlichen Analysenmethoden (Bestimmung von P-Zahl, P-Zitr und eventuell P-Total; ferner Festlegung und wiederholte Extraktion) uns ein brauchbares Bild geben von dem Phosphorsäure-Haushalt im Boden, haben wir zunächst drei Bodentypen eingehender untersucht, und zwar einen moorkolonialen Boden mit grosser Phosphat-Beweglichkeit¹⁾, einen Heidesand mit starker Phosphat-Festlegung²⁾, und einen eisenhaltigen Sand, auch mit grosser Festlegung. Über den letzteren Bodentyp wird in der vorliegenden Abhandlung berichtet.

Bei den Erscheinungen, welche man unter „Festlegung“ zusammenzufassen pflegt, wird gewöhnlich die Bildung von schwerlöslichem Eisen- oder Aluminiumphosphat als wahrscheinliche Ursache mit in Betracht gezogen. Ob tatsächlich diese Phosphate im Boden gebildet werden, ist in den meisten Fällen nicht bekannt; auch wenn ziemlich viel Eisen im Boden vorkommt, braucht dabei kein Eisen zu sein das leicht mit zugesetztem Phosphat in Reaktion treten kann, denn Raseneisenerz, Eisenkonkretionen und dergleiche Verbindungen können schwer angreifbar sein. Lösung von Eisenverbindungen durch Humate, Umsetzungen durch Mikroben, Reduktion und darauf folgende Oxydation u. s. w. können das Eisen mobilisieren und Umsetzungen mit Phosphaten fördern; ob dergleichen stattfindet, müsste aber von Fall zu Fall untersucht werden. Übrigens ist die „Festlegung“ in erster Linie als eine „Löslichkeitseinschränkung“ anzusprechen, indem unter Einfluss von im Bodenwasser anwesenden Ionen und von bestimmten Bodenkörpern die Löslichkeit des Phosphat-Ions herabgesetzt wird, ohne dass dies dabei immer wirklich „fest“ gelegt wird und den Pflanzenwurzeln unzugänglich wird.

Der Versuch wurde diesmal genommen in Betonnfächern von 25 × 25 cm ohne Boden und auf einer Schicht von unfruchtbarem Sand stehend;

¹⁾ Die Phosphorsäure (Berlin), 5, 39, (1935).

²⁾ Der Phosphorsäure Haushalt im Heidesandboden, von O. DE VRIES und C. W. G. HETTERSCHIJ; Sonderheft, auf Anfrage erhältlich bei der Rijkslandbouwproefstation in Groningen.

darin eine Schicht von 30 cm von einem 61½ % Fe haltenden Sande stammend von einer Grasland-Parzelle des Versuchsbetriebes bei Heino. Nach Sieben durch 13 mm war der Eisengehalt auf 4 % reduziert. Festlegungszahlen sehr hoch, siehe Tabelle 1 (Seite 194). Versuchspflanze Hafer. Resultate in 1932 siehe Tabelle 2; das Phosphat wurde mit einer Bodenschicht von 12½ cm innig vermischt.

Da es sich herausstellte dass eine so hohe Gabe wie 600 kg P_2O_5 pro Hektar noch nicht den maximalen Ertrag gab und erst bei 1800 kg/ha P_2O_5 der P_2O_5 -Gehalt vom Stroh sich auf die normale Höhe von 0,40 % erhob, wurden im nächsten Jahr die Phosphatgaben teilweise erhöht und neue Fächer mit höheren Gaben hinzugesetzt. Resultate in 1933 und 1934 siehe Tabelle 3. In 1935 und 1936 wurde die Vorratsdüngung nicht weiter erhöht; die Hälfte der Fächer bekam jährlich 100 kg/ha P_2O_5 , nur mit der oberflächlichen Krumeschicht vermischt, die andere Hälfte lag auf Nachwirkung. Resultate siehe Tabelle 7.

Die P-Zahl (wässriger Boden-Auszug) findet man übersichtlich zusammengefasst in Tabelle 11. Die grossen Vorratsdüngungen geben sehr hohe Zahlen, 25—30; diese sinken dann aber wieder in zwei Jahren auf ungefähr die Hälfte. Dabei ist sowohl eine langsame Festlegung von Phosphat im Spiele, wie auch eine Wanderung desselben in tiefere Schichten. Das letztere zeigt Tabelle 6 mit P-Total Zahlen für die Schichten unter der 12½ cm Krumeschicht, durch welche das Phosphat ursprünglich gemischt wurde. Dass aber auch eine langsame Festlegung stattfindet, wurde gezeigt durch Versuche in kleineren Glasgefässen, wobei ein Wegwandern des Phosphats ausgeschlossen war: Tabelle 5 zeigt die Abnahme sowohl von P-Zahl wie auch von P-Zitr. im Verlauf von einigen Tagen, Wochen und Monaten. Die Abnahme der Festlegungszahl im Boden (Tabelle 4) deutet in dieselbe Richtung.

Die P-Zitr. Zahlen für den ganzen Verlauf des Versuches findet man in Tabelle 14. Auch hier ein starkes Steigen durch höhere Gaben, gefolgt durch ein allmähliges Sinken.

Fig. I zeigt die Daten für die verschiedenen Objekte grafisch: das allmähliche Sinken von 1935 auf 1936 ist klar ersichtlich, und auch dass die jährlichen Gaben von 100 kg/ha P_2O_5 sowohl P-Zahl wie auch P-Zitr. etwas erhöht haben.

Fig. II zeigt den Zusammenhang zwischen P-Zahl und P-Zitr. für alle untersuchten Bodenproben; der Zusammenhang ist eng, und die Lage und Neigung der Mittelkurve sind, wie wir anderswo bei einem Vergleich von verschiedenen Bodenproben zeigen werden, charakteristisch für den Bodentyp.

Fig. III gibt den Zusammenhang zwischen Korn-Ertrag und P-Zahl bzw. P-Zitr. für vier Ernte-Jahren. Form und Lage verschieben sich etwas;

bei P-Zahlen von 6—8 und P-Zitr. von 50—60 sind die Höchsterträge meistens erreicht. In Fig. IV sind alle Ertragszahlen zusammen gegen P-Zahl und P-Zitr. abgesetzt.

Fig. V gibt den P_2O_5 -Gehalt von Korn bzw. Stroh gegen P-Zahl und gegen P-Zitr. Es zeigt sich ein ziemlich regelmässiger Zusammenhang; ein Maximum wird nicht erreicht, auch bei maximalem Ertrag nimmt der P_2O_5 -Gehalt noch zu wenn die Phosphat-Beschaffenheit des Bodens besser wird (Luxus-Konsum).

Der Befund, dass auf diesem Boden eine so enorme Vorratsdüngung wie kg/ha P_2O_5 , entsprechend mehr als 10 000 kg Superphosphat oder Thomas-schlackenmehl, erst genügte um die gewünschte Phosphat-Beschaffenheit des Bodens zu erreichen, wurde näher geprüft in einem Versuchsfeld auf der diesbezüglichen Parzelle des Versuchsbetriebes Heino. Die Zahlen für 1934 (Hafer) gibt Tabelle 8, für 1935 (Kartoffeln) Tabelle 9, für 1936 (Winterweizen) Tabelle 10. Im allgemeinen hat die grosse Vorratsdüngung merklich gewirkt, aber eine jährliche Gabe von frischem Phosphat scheint daneben noch erwünscht. Weitere Versuche werden über die meist ekonomische Behandlung eines solchen Bodens Auskunft zu geben haben.