

BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN DEN INVLOED VAN
HET MAGNESIUM OP DE FOSFORZUURHUISHOUDING

DOOR

Dr. F. VAN DER PAAUW en Dr. TH. B. VAN ITALLIE

Nu het vraagstuk van de magnesiumvoorziening van den grond in toenemende mate de aandacht trekt, het belang van een goeden magnesium-toestand meer en meer blijkt, en de praktijk doelbewust tot magnesiumbemesting overgaat, bestaat er alle reden om na te gaan welken invloed deze factor op andere belangrijke groeifactoren zal kunnen hebben. Door een van ons beiden (v. ITALLIE 4, 5, 6) zijn in dit verband reeds onderzoekingen gedaan over den samenhang tusschen de magnesiumvoorziening en de pH van den grond, de kalibemesting en den vorm van de stikstofbemesting.

In het volgende wordt over een aantal onderzoekingen meegedeeld, die betrekking hebben op het onderlinge verband van magnesium en fosforzuur. Herhaaldelijk worden in de literatuur opgaven aangetroffen over een samenhang tusschen de factoren kalk en fosforzuur. Hoewel de conclusies niet eensluidend zijn, daar verschillende gronden en gewassen zich in dit opzicht ongelijk gedragen, bestaat er geen twijfel, dat deze beide factoren wederzijds invloed van elkaar ondergaan. In ons land is door het onderzoek van O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ (14, zie ook 15) o.a. bekend geworden, dat een verhooging van de pH door kalktoevoeging een verlaging van de oplosbaarheid van het P_2O_5 in water medebrengt, welke veelal van een verminderde P_2O_5 -opname door het gewas vergezeld gaat. Men is geneigd in analogie met deze verschijnselen ook een samenhang tusschen de werking van de factoren magnesium en fosforzuur te verwachten.

Aangezien magnesiumfosfaten een hoogere oplosbaarheid hebben dan calciumfosfaten, zou men bovendien de verwachting mogen koesteren, dat een grootere aanwezigheid van magnesium een gunstigen invloed op de beschikbaarheid van het fosforzuur zal uitoefenen.

In de literatuur worden eenige gegevens aangetroffen, waaruit blijkt, dat fosfaten van magnesium op zichzelf, en in combinatie met andere meststoffen, meestal een grootere oplosbaarheid hebben dan fosfaten van calcium, ijzer en aluminium. Zoo vonden VON WRANGELL en KOCH (18), dat het tertiaire magnesiumfosfaat niet alleen een veel betere oplosbaarheid heeft dan overeenkomstige andere fosfaten, maar ook dat het oplossingsevenwicht zich snel instelt, terwijl bij andere moeilijk oplosbare fosfaten van een eigenlijk

oplossen geen sprake is. In die gevallen wordt het fosfaat door het water aangetast en gehydrolyseerd. Verder wordt de oplosbaarheid van trimagnesiumfosfaat door koolzuur sterk bevorderd (zie ook UNGERER 13), en oefent een toevoeging van kalk vrijwel geen verlagenden invloed uit op de oplosbaarheid.

GAARDEE (3) toonde aan, dat de oplosbaarheid van fosforzuur in aanwezigheid van Mg-ionen bij het in normale grondsoorten voorkomende pH-gebied belangrijk grooter is dan in aanwezigheid van Ca-, Al- of Fe-ionen.

NAFTEL (7) vond, dat de titratiecurve van fosforzuur bij titratie met magnesiumverbindingen hooger ligt dan de curve van calciumverbindingen, al is het algemeene verloop gelijkvormig. Bovendien stelde hij vast, dat de oplosbaarheid grooter is, als Ca en Mg tezamen voorkomen, dan wanneer beide ionen elk afzonderlijk worden toegevoegd.

Het blijkt dus uit deze bodemchemische onderzoeken, dat de mogelijkheid van een gunstigen invloed van het magnesium op de beschikbaarheid van fosforzuur voor het gewas niet uitgesloten is.

Bij de bestudeering van dit vraagstuk moet een eventueele invloed van het magnesium op de fosfaathuishouding onderscheiden worden van het eigenlijke magnesiumeffect zelf. Bij de proeven van RÖSSLER en SCHMITT (12) b.v. is de gunstige werking van magnesiumfosfaat in vergelijking met die van andere fosfaten o.i. geheel terug te voeren op een verbeterde magnesiumvoeding. Hetzelfde geldt voor de door ECKSTEIN (2) uitgevoerde proeven.

VON WRANGELL (17) en UNGERER (13) verkregen echter met trimagnesiumfosfaat gunstige resultaten, die volgens laatstgenoemden aan de goede oplosbaarheid van dit fosfaat in koolzuurrijk milieu moet worden toegeschreven. De werking van dit fosfaat was gelijk aan die van dicalciumfosfaat, een nog betere werking had het evenwel niet. Het fosforzuurgehalte van het gewas verschilde bij bemesting met beide fosfaten weinig. Daar het fosfaatgehalte in dit geval, behalve door een specifiek invloed van het magnesium op de fosfaatopname, ook door een ongelijke beschikbaarheid van beide fosfaten bepaald kan zijn, mag uit bovengenoemd feit niet de conclusie worden getrokken, dat een dergelijke invloed van het magnesium van weinig beteekenis is geweest.

Een grootere zekerheid verschaffen in dit opzicht de potproeven met zand- en veengrond van POPP (10), die de werkingen van dimagnesiumfosfaat en het minder oplosbare dicalciumfosfaat vergeleek bij raaigras en tomaten. Hij vond echter geen verschillen in het P_2O_5 -gehalte, hoewel het verschil in MgO-gehalte belangrijk was.

In latere pot- en veldproeven met raaigras en aardappelen van POPP, CONTZEN en NIESCHLAG (11), waarin het magnesium op zichzelf geen werking

op de opbrengst had, werden geen verschillen van eenig belang gevonden tusschen de werking van dimagnesium- en dicalciumfosfaat op de P_2O_5 -opname, zelfs niet als de MgO -opname zeer uiteenlopend was.

NIKLAS, SCHARREER en SCHROPP (8) vonden evenmin verschillen van beteekenis in de P_2O_5 -opname bij een vergelijking tusschen dimagnesiumfosfaat, superfosfaat, Thomasslakkenmeel en Rhenaniafosfaat op verschillende grondsoorten met diverse gewassen. Soms werd met het dimagnesiumfosfaat de beste uitkomst verkregen, maar in andere gevallen werd het tegendeel gevonden.

CULTRERA (1) vond daarentegen in potproeven met haver en klaver¹⁾, dat het P_2O_5 -gehalte van het gewas hooger was in aanwezigheid van magnesium- dan in aanwezigheid van calciumzouten. Ook ORLOWSKIÏ en medewerkers (9) schijnen een gunstigen invloed van magnesium gevonden te hebben¹⁾; zij vonden namelijk dat een toevoeging van magnesiumverbindingen de beschikbaarheid van dicalciumfosfaat vermeerdert, terwijl deze door kalk integendeel verminderd wordt.

Eigen onderzoekingen

Het eigen onderzoek vond plaats aan de hand van voor andere doeleinden gedane proefnemingen, en betrof een drietal punten. In de eerste plaats is op proefvelden, waar de invloed van magnesiumbemesting werd onderzocht, door grondonderzoek nagegaan, of het magnesium een wijziging in de beschikbaarheid van het fosfaat had teweeggebracht. Het tweede punt betreft de beschikbaarheid van het in den vorm van magnesiumfosfaat aan den grond toegevoerde fosforzuur, en de indringing van dit fosforzuur in de diepere lagen van den grond. Deze gegevens zijn ontleend aan een serie potproeven waarvan de resultaten reeds door O. DE VRIES en F. VAN DER PAAUW (16) werden gepubliceerd. Ten derde is bij gewasmonsters, die van veld- en potproeven met magnesiumverbindingen afkomstig waren, naast het N- en MgO -gehalte, ook het P_2O_5 -gehalte bepaald, zoodat een indruk verkregen kon worden welken invloed de fosfaatopname van een magnesiumtoevoeging heeft ondergaan.

1. *Het grondonderzoek op proefvelden met magnesiumbemesting*

Het onderzoek is uitgevoerd bij grondmonsters, afkomstig van de proefvelden Pr 19 op ouden dalgrond te Borgercompagnie (Gr.), Pr 32 op nieuwen

¹⁾ De publicaties van deze onderzoekers zijn in Nederland niet toegankelijk, zoodat met referaten moest worden volstaan.

dalgrond te Emmercompascuum (Dr.), Pr 144 op zwaren kleigrond te Stedum (Gr.), Pr 145 op eschgrond te Noordlaren (Gr.), Pr 151 op roodoorngrond te Overschild (Gr.), en Pr 263 op eschgrond te Oudemolen (Dr.).

De proefvelden Pr 19 en Pr 32 zijn gelijk van opzet. Vergeleken wordt de werking van technisch zuivere kalizouten met en zonder toevoeging van aequivalente hoeveelheden MgO. De bemesting van de objecten vindt plaats in de volgende vormen: KCl, K₂SO₄, KCl + MgSO₄ en K₂SO₄ + MgCl₂. Het beginjaar van Pr 19 is 1921, van Pr 32 1923. De grondmonsters zijn genomen in het najaar van 1936. Bij beide proefvelden is in de tusschenliggende jaren in totaal 1200 kg MgO/ha toegediend. De fosforzuurbemesting werd vanaf 1930 gegeven in een gift naar 100 kg P₂O₅/ha, in de voorafgaande jaren soms minder; in de drie aan de bemesting voorafgaande jaren in den vorm van fosforzure voederkalk.

Het proefveld Pr 144 omvat een vergelijking van verschillende kalkmeststoffen in eenige giften. Voor ons doel interesseert alleen de vergelijking tusschen de magnesia-bevattende silicakalk en de poederkalk. De bekalking is toegepast in het najaar van 1933, de silicakalk is gegeven in hoeveelheden, die overeenkomen met 2220, 6630, 13260 en 19900 kg CaCO₃/ha, de poederkalk naar resp. 1990, 5930, 11880 en 17800 kg CaCO₃. Met de silicakalk is een MgO-bemesting van resp. 130, 400, 800 en 1210 kg/ha gegeven. In 1934, 1935 is een normale P₂O₅-bemesting in den vorm van superfosfaat gegeven. De grondmonsters zijn genomen in het najaar van 1936.

Het proefveld Pr 145 heeft een overeenkomstige opzet, de kalkgiften zijn echter geringer geweest. De bekalking is eveneens in het najaar van 1933 toegepast, o.a. in den vorm van silicakalk en Limburgsche mergel, in hoeveelheden overeenkomend met resp. 750, 1690, 2810, 4310 en 6000 kg CaCO₃/ha. De met de silicakalk toegevoegde MgO-giften bedroegen resp. 50, 115, 190 en 290 kg/ha. P₂O₅ is in 1934—1936 gegeven naar 100 kg/ha in den vorm van superfosfaat. De grondmonsters zijn wederom in het najaar van 1936 genomen.

Een soortgelijk proefveld is Pr 151. De hier vergeleken kalkmeststoffen, silica- en poederkalk, zijn in Februari 1934 aangewend in hoeveelheden, die met resp. 4000, 8000 en 12000 en 16000 kg CaCO₃/ha overeenstemmen. De in de silicakalk aanwezige MgO bedroeg resp. 250, 500, 750 en 1000 kg/ha. P₂O₅ is in de proefjaren toegediend naar ongeveer 90 kg/ha in den vorm van superfosfaat. De grondbemonstering vond plaats in Augustus 1936.

Het proefveld Pr 263 is opgezet als een magnesiumproef. Het is in het najaar van 1935 aangelegd. De voor ons doel te vergelijken objecten ontvingen alle zwavelzure ammoniak, kalium- en natriumchloride. Een der objecten ontving daarbij geen kalk- of magnesiumbemesting, zes anderen ontvingen

stijgende giften mergel naar 733, 1467 en 2934 kg CaCO_3 /ha resp. als Limburgsche mergel en als dolomietmergel, die ongeveer 3 % MgO bevatte. Bij de dolomietmergelgiften werd dus resp. 22, 44 en 88 kg/ha MgO gegeven; in de volgende herfst werd deze bekalking wederom toegepast. Twee objecten werden niet bekalkt, maar ontvingen wel beide jaren een MgO-bemesting in den vorm van kieseriet naar 52,5 en 157,5 kg MgO/ha. De grondmonsters zijn na den oogst in Augustus 1937 genomen. Als fosforzuurbemesting werd beide jaren superfosfaat gegeven naar 100 kg P_2O_5 /ha. Grondonderzoek op fosforzuur geschiedde, voor zoover het bekalkte grond betreft, alleen bij het drietal objecten met dolomietmergel.

De voor het onderzoek gebruikte grondmonsters zijn verkregen door menging van de monsters van bij elkaar behoorende parallelveldjes.

Het grondonderzoek vond plaats geheel op de wijze, die bij het fosforzuuronderzoek voor de praktijk gebruikelijk is, d.w.z. de pH, het P-getal en het P-citr-cijfer werden bepaald. Het P-getal, dat bepaald wordt door extractie van den grond met water volgens een bepaalde werkwijze, geeft aanwijzingen over de mate, waarin het fosforzuur in het bodemvocht is opgelost. Het P-citr, dat op vrijwel overeenkomstige wijze door extractie van den grond met 1 % citroenzuur bepaald wordt, geeft aanwijzingen over den in den grond aanwezigen, voor het gewas toegankelijken voorraad fosforzuur.

Zoals in de inleiding werd gezegd (blz. 173), kan een toevoeging van kalk het fosforzuur minder oplosbaar maken, waardoor een verlaging van het P-getal optreedt, terwijl het P-citr in dat geval eerder een weinig toeneemt. Dit gebeurt in den regel bij zand- en dalgronden als de pH boven 5,5—6,0 stijgt. In de bestudeerde gevallen deed dit verschijnsel zich voor, zoodat het noodig is hierop de aandacht te vestigen.

De resultaten van het grondonderzoek worden vermeld in tabel 1. Bij alle proeven blijkt het resultaat hetzelfde: behoudens geringe variaties, welke aan bemonsterings- en analysefouten mogen worden toegeschreven, zijn er geen verschillen, welke op een invloed van het magnesium berusten. Bij Pr 145 blijkt het P-getal bij stijgende pH te dalen, en het P-citr-cijfer iets te stijgen; deze veranderingen zijn echter bij bekalking in den vorm van mergel en in den vorm van silicakalk volkomen aan elkaar gelijk. Een stijgend P-citr-cijfer wordt ook waargenomen bij Pr 144 en Pr 151, evenwel zonder dat er verschillen van beteekenis zijn tusschen de niet en wel met magnesium behandelde objecten.

Er kan dus maar één conclusie getrokken worden, namelijk dat *een groot verschil in behandeling wat de factor magnesium betreft, geen volgens onze gebruikelijke methodes vaststelbaar effect op de oplosbaarheid van het fosfaat in den grond heeft.*

TABEL 1

Invloed van magnesiumaanwending bij proefvelden op de oplosbaarheid van het bodemfosfaat

Proefveld	Object	pH	P-getal	P-citr
Pr 19 Borgercompagnie oude dalgrond	KCl	5,05	18½	82
	K ₂ SO ₄	5,15	20	78
	KCl + MgSO ₄	5,1	19½	82
	K ₂ SO ₄ + MgCl ₂	4,95	20	83
Pr 32 Emmercompascuum nieuwe dalgrond	KCl	4,8	4	10
	K ₂ SO ₄	4,8	4	11½
	KCl + MgSO ₄	4,9	4	10
	K ₂ SO ₄ + MgCl ₂	4,85	4	8
Pr 144 Stedum kleigrond	0 kalk	6,45	6	79
	6 000 k. silica	6,8	6	85
	12 000 "	7,1	6	92
	18 000 "	7,15	4½	80
	6 000 k. poed.	7,2	6	91
	12 000 "	7,45	5	92
	18 000 "	7,55	5½	97
Pr 145 Noordlaren eschgrond	0 kalk	4,95	9½	55
	2 800 k. mergel	5,45	10½	56
	4 300 "	5,7	10½	60
	6 000 "	6,0	6	63
	2 800 k. silica	5,45	10	60
	4 300 "	5,65	10	60
	6 000 "	6,0	6	66
Pr 151 Overschild roodoorngrond	0 kalk	4,95	2	46
	4 000 k. silica	5,2	1½	45
	8 000 "	5,45	1½	41
	12 000 "	5,7	1	47
	16 000 "	5,85	1½	54
	4 000 k. poed.	5,45	1½	40
	8 000 "	5,95	2	41
	12 000 "	6,35	2	54
	16 000 "	6,65	1½	51
Pr 263 Oudemolen eschgrond	KCl + NaCl	4,55	14	47
	id. + dol.mergel	4,75	15	48
	id. + 2 "	5,0	13	52
	id. + 4 "	5,6	12	58
	id. + MgSO ₄	4,6	14	47
	id. + 3MgSO ₄	4,65	14	45

2. *Beschikbaarheid en beweeglijkheid van magnesiumfosfaten in den grond*

Hoewel de resultaten van de proeven, die ons over dit punt kunnen inlichten reeds gepubliceerd zijn (O. DE VRIES en F. VAN DER PAAUW, 16),

lijkt het nuttig in het verband met het nu behandelde probleem op deze uitkomsten terug te komen.

Het betreffende onderzoek handelde over de indringing van in verschillende vormen bij een aantal verschillende grondsoorten toegediend fosforzuur. De proeven zijn in zogenaamde Mitscherlich-potten uitgevoerd. Deze potten zijn grootendeels met onbemesten grond gevuld, waarboven een met fosfaat bemeste grondlaag ter dikte van ongeveer 4,5 cm is ingevuld. Het fosfaat, dat tevoren zorgvuldig met den grond gemengd was, is gegeven in hoeveelheden naar 300 kg P_2O_5 /ha. De in water oplosbare fosfaten, zooals monocalcium-, mono- en diammoniumfosfaat zijn in oplossing toegevoegd, de niet in water oplosbare, zooals dicalcium-, dimagnesium- en magnesiumammoniumfosfaat, zijn in poedervorm aangewend. Het preparaat dicalciumfosfaat bleek bij nader onderzoek een onzuiver mengsel van di- en tricalciumfosfaat te zijn.

De grondsoorten waren: een oude dalgrond uit Borgercompagnie (Gr.), een nieuwe dalgrond uit Emmercompascuum (Dr.), een eschgrond uit Noordlaren (Gr.), een vrij nieuwe zandgrond uit Marum (Gr.), een heidegrond uit Wijster (Dr.), een laagveengrond uit Paterswolde (Dr.), een kalkhoudende zavelgrond uit Pieterzijl (Gr.), en een zwaardere kleigrond uit Niezijl (Gr.).

Na de vulling van de potten in het najaar van 1935 zijn de potten buiten geplaatst. Na verloop van tijd zijn laagsgewijs grondmonsters genomen, waarin het fosforzuur volgens de gebruikelijke methodes bepaald werd.

Wij willen ons hier beperken tot de eerste monsterneming, die 53 dagen na het inzetten van de proef plaats vond bij de potten, waarop geen gewas is verbouwd. In dit tijdvak van 53 dagen bedroeg de neerslag 115 mm.

Voor nadere gegevens betreffende de eigenschappen van de grondsoorten, de vulling van de potten, de monsterneming, enz., wordt naar de betreffende publicatie verwezen.

Een beschouwing van tabel 2, waarin de uitkomsten van dit eerste grondonderzoek zijn weergegeven, doet ons zien, dat de op zichzelf in water moeilijk oplosbare magnesiumverbindingen in verschillende grondsoorten (de zand- en dalgronden 1, 2, 3, 4, 5) tot een volkomen gelijk P-getal van de bemestebovenlaag hebben geleid, als met de wel direct in water oplosbare ammoniumfosfaten en monocalciumfosfaat verkregen is. Bij deze grondsoorten blijkt het als magnesiumfosfaat toegediende fosforzuur volgens de P-getallen en de P-citr cijfers, en de op deze plaats niet opnieuw vermelde resultaten van latere bemonsteringen (zie 16), zich even goed in de diepere lagen te hebben verspreid. Een iets geringere verspreiding is slechts aanwijsbaar bij den heidegrond uit Wijster (5). De met de magnesiumfosfaten verkregen uitkomsten verschillen sterk met de geringere oplosbaarheid en beweeglijkheid van het als een mengsel van di- en tricalciumfosfaat toegediende fosforzuur.

TABEL 2

Inloed van fosfaatbemesting in verschillende vormen op de oplosbaarheidsverhoudingen en de beweegbaarheid van het fosforzuur, 53 dagen na menging van het fosfaat met de bovenste laag

Fosfaat	Laag in cm	1. Oude dalgrond Borger- compag- nie		2. Nieuwe dalgrond Emmer- compas- cunum		3. Esch- grond Noord- laren		4. Nieuwe zand- grond Marum		5. Heide- grond Wijster		6. Laag- veen grond Paters- wolde		7. Zavel- grond Pieterzijl		8. Klei- grond Niezijl	
		P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr	P- getal	P- ctr
Monocalciumfosfaat	0 — 4,5	32	90	28	50	24	95	32	48	32	50	6	72	19½	64	18	64
	4,5 — 7	10	—	36	48	16	59	17	34	17	28	1	24	1	24	2	32
	7 — 9,5	—	—	38½	53	—	—	8	14	3	8	—	—	—	—	—	—
Mengsel di- en tri- calciumfosfaat	0 — 4,5	16	95	18	93	16	115	17	68	14	60	2	74	¾	64	2	68
	4,5 — 7	8	—	16	32	12	51	8	16	2	8	½	—	¼	24	½	28
	7 — 9,5	—	—	18	34	—	—	4	15	2	7	—	—	—	—	—	—
Monoammoniumfosfaat	0 — 4,5	33	95	26	44	25	100	31	46	30	44	6½	69	19	58	18½	68
	4,5 — 7	12	—	39	57	16	68	25½	38	18	32	1	24	1	24	2	32
	7 — 9,5	—	—	35	60	—	—	4	15	2	7	—	—	—	—	—	—
Diammoniumfosfaat	0 — 4,5	36	90	31	44	25	100	35	52	32	48	5½	72	3	62	13½	64
	4,5 — 7	11	—	37	57	18	64	24	34	16	24	2	20	0	23	2	32
	7 — 9,5	—	—	33	55	—	—	5	14	2	8	—	—	—	—	—	—
Magnesiumammonium- fosfaat	0 — 4,5	34	90	30	44	26	96	36	57	32	50	4	76	5½	62	11½	62
	4,5 — 7	12	—	36	52	16	64	22	32	10	18	1	20	¼	23	2	32
	7 — 9,5	—	—	33	55	—	—	4	15	2	8	—	—	—	—	—	—
Dimagnesiumfosfaat	0 — 4,5	32	90	27	—	24	100	32	52	36	54	4	72	14	64	16	71
	4,5 — 7	12	—	35	54	15½	63	17	36	14	24	2	24	¼	24	2	32
	7 — 9,5	—	—	29	52	—	—	6	15	2	7	—	—	—	—	—	—
	0 — 4,5	—	—	17	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4,5 — 7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7 — 9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bij den laagveengrond (6) zijn de verhoudingen eenigszins anders. Aanvankelijk bleken de P-getallen met bemesting in den vorm van magnesiumfosfaat iets lager, maar later is dit onderscheid verdwenen (zie 16).

Bij den zavelgrond bleken bij fosfaatbemesting in ongelijke vorm zeer uiteenloopende P-getallen voor te komen, die een jaar na de toediening nog aanwezig waren. Het P-getal is na bemesting met dimagnesiumfosfaat zeer gestegen, hoewel niet zoo sterk als bij bemesting met de in water oplosbare, eenbasische fosfaten. De stijging is echter veel grooter geweest dan bij bemesting met het eveneens in water oplosbare diammoniumfosfaat. De door het magnesiumammoniumfosfaat teweeggebrachte verhooging van het P-getal is geringer, maar overtreft toch die van het diammoniumfosfaat. Opgemerkt moet evenwel worden, dat bij een in 1936 uitgevoerde proef (zie 16, tabel 17, blz. 719) het omgekeerde gevonden is.

Ook bij den zwaarderen kleigrond (8) blijken overeenkomstige verschillen, hoewel in minder sterke mate, voor te komen.

Uit deze proeven kan dus de conclusie worden getrokken, dat een in water onoplosbaar magnesiumfosfaat een invloed op de oplosbaarheids-verhoudingen in den grond heeft, welke weinig onderdoet voor dien van in water oplosbare fosfaten, en dat de verplaatsbaarheid slechts weinig geringer is. Een betere oplosbaarheid en beweeglijkheid werd echter in geen enkel geval vastgesteld.

3. De opname van fosforzuur door het gewas bij verschillende magnesiumvoorziening

Bij een aantal pot- en veldproeven, waarbij de factor magnesium gevarieerd werd, heeft een chemisch onderzoek van de droge stof plaats gevonden, en is het MgO- en het P₂O₅-gehalte bepaald. In de meeste gevallen is het gewas in groenen toestand geogst, en is bovendien, ter kenschetsing van het ontwikkelingsstadium, het N-gehalte bepaald. Het N- en P₂O₅-gehalte nemen namelijk in den loop van de ontwikkeling geleidelijk af; verschillen in het P₂O₅-gehalte zijn daarom alleen van beteekenis, als het ontwikkelingsstadium, aangeduid door het N-gehalte, van de vergeleken objecten gelijk is.

A. Potproeven

De potproeven zijn uitgevoerd in potten volgens Mitscherlich, de behandeling gebeurde geheel op de gebruikelijke wijze. Het verbouwde gewas was in de beide eerste proeven haver, in de derde rogge, en in de vierde weer haver.

a. *Potproef ter bestudeering van de Hooghalensche ziekte (magnesiumgebrek van zuren grond), genomen in 1935.*

In deze proef zijn o.a. de volgende objecten vergeleken: N-bemesting in den vorm van ammonsalpeter, zonder K_2O , met en zonder MgO ; N als zwavelzure ammoniak met mergel zonder K_2O , met K_2O naar 165 kg/ha, en eenzelfde serie, die bovendien een MgO -gift naar 70 kg/ha in den vorm van $MgSO_4$ ontving. De N-gift bedroeg 100 kg/ha, de mergelgift 4670 kg mergel/ha.

De grond was een zure eschgrond afkomstig uit Noordlaren (Gr.) met een humusgehalte van 6 % en een pH 4,1. De resultaten van deze proef zijn door VAN ITALLIE (4) beschreven.

Tabel 3 vermeldt naast de gehaltecijfers tevens de opbrengsten van de vroegtijdig, op 20 Mei, geoogste haver.

TABEL 3

Involed van bemesting met en zonder MgO-toevoeging op het P_2O_5 -gehalte van groen geoogste haver

Proefomschrijving	Object	Opbrengst	N %	MgO %	P_2O_5 %	Opgenomen P_2O_5 (mg/pot)
Hooghalensche ziekte-pot-proef, 1935 eschgrond Noordlaren	as zonder K	47	5,93	0,15	3,09	70
	" " K + Mg	71	5,52	0,36	2,97	100
	za + mergel zonder K	74	5,34	0,34	2,34	82
	" " met K (165 kg K_2O /ha)	100 = 4,75	4,90	0,22	1,85	88
	za + mergel zonder K + Mg (70 MgO/ha)	82	—	0,38	2,55	99
	za + mergel met K + Mg (70 MgO/ha)	97	—	0,31	1,92	88
Hooghalensche ziekte-pot-proef, 1936 zandgrond Kolham (Gr.) Eschgrond, Noordlaren	$CaCO_3$	91	—	0,30	1,97	280
	" + $MgSO_4$	100 = 15,6 g	—	0,43	1,74	271
Eschgrond, Zeyen (Dr.)	$CaCO_3$	83	—	0,25	2,54	320
	" + $MgSO_4$	100 = 15,2 g	—	0,38	2,31	351
eschgrond, IJzerlo (Gld.)	$CaCO_3$	96	—	0,25	2,65	450
	" + $MgSO_4$	100 = 17,7 g	—	0,37	2,37	420
humusarme zandgrond Rathem (L.)	$CaCO_3$	85	—	0,16	0,40	32
	" + $MgSO_4$	100 = 9,3 g	—	0,25	0,39	36
leemige zandgrond, Bosschenhoofd (W.N.Br.)	$CaCO_3$	78	—	0,28	1,23	107
	" + $MgSO_4$	100 = 11,1 g	—	0,38	1,04	115
leemige zandgrond, Bosschenhoofd (W.N.Br.)	$CaCO_3$	101	—	0,21	0,75	127
	" + $MgSO_4$	100 = 16,7 g	—	0,27	0,68	114

De eerste vergelijking, met N in den vorm van ammonsalpeter, toont een groot verschil in MgO-gehalte naast een gering verschil in P_2O_5 -gehalte. Dit laatste is met MgO-toediening zeer weinig lager, waarbij evenwel het iets verder gevorderde groeistadium (lager % N) in acht moet worden genomen, zoodat het geen beteekenis heeft.

In de serie zwavelzure ammoniak + mergel worden lagere P_2O_5 -gehalten aangetroffen, vermoedelijk onder invloed van de mergeltoevoeging. Het P_2O_5 -gehalte blijkt bij MgO-aanwending een weinig hooger dan bij de serie zonder MgO, de verschillen zijn echter gering. Mogelijk is in dit verschijnsel een zwakke aanwijzing te zien, dat de aanwezigheid van MgO de vermoedelijk door de mergel uitgeoefende verlagende werking op het P_2O_5 -gehalte weer een weinig opheft.

b. Potproef ter bestudeering van de Hooghalensche ziekte, genomen in 1936

Bij een serie zandgronden van verschillende herkomst is o.a. de invloed bepaald van een toevoeging van uitsluitend $CaCO_3$ in den vorm van krijt, toegediend in een hoeveelheid ter verhooging van de pH met 0,5 eenheid, vergeleken met een gezamenlijke toediening van $CaCO_3 + MgSO_4$, dit laatste naar 70 MgO/ha. Een verslag van deze proef is reeds gepubliceerd (VAN ITALLIE 5). Voor het hier beschreven onderzoek zijn zes der vijf en twintig gronden, die bij dezen proef betrokken waren, uitgekozen.

De gronden waren alle zure zandgronden, waarop het optreden van Hooghalensche ziekte waargenomen was. De zandgrond uit *Kolham* (Gr.) had een pH 4,2 en bevatte 6,3 % humus, de eschgrond uit *Noordlaren* (Gr.) een pH 4,4 en een humusgehalte van 6,2 %, de eschgrond uit *Zeyen* (Dr.) een pH 4,3 en een humusgehalte van 11,3 %, de eschgrond uit *IJzerlo* (G.) een pH 5,4 en een humusgehalte van 3,1 %, de zandgrond uit *Grathem* (L.) met pH 5,1 was zeer humusarm en bevatte slechts 2,7 %, terwijl eindelijk de leemige zandgrond uit *Bosschenhoofd* (W-N.B.) een pH 4,8 en een humusgehalte van 4,0 % had.

Uit tabel 3 blijkt, dat de MgO-aanwending steeds een sterke verhooging van het MgO-gehalte heeft meegebracht, en dat de opbrengst van de groen geogoste haver, behalve in het laatste geval, toegenomen is. Het P_2O_5 -gehalte is evenwel in alle gevallen na MgO-aanwending lager. Het MgO heeft hier dus een ongunstigen invloed op het P_2O_5 -gehalte uitgeoefend. Het is echter vrij onwaarschijnlijk, dat het P_2O_5 inderdaad minder goed opgenomen is, want vergelijkt men de hoeveelheden opgenomen P_2O_5 , dan blijken deze in alle vergelijkingen praktisch gelijk. Het MgO heeft dus of geen, of een verminderenden invloed op de opname van het P_2O_5 gehad.

c. *De fosfaatsortenpotproef in het najaar van 1935*

Deze proef is onder 2 beschreven, en diende ter bestudeering van de beweeglijkheid van diverse fosfaten in den grond. Hierboven werd echter alleen het met de onbegroeide potten verkregen resultaat vermeld; een gedeelte van de potten werd echter met rogge bezaaid. Deze rogge is in groenen toestand bij het begin van den winter geoogst. Wij beperken ons hier tot de vergelijking tusschen de objecten, welke met monocalcium- en met dimagnesiumfosfaat naar 300 kg P_2O_5 /ha zijn bemest, en vermelden verder slechts de resultaten van de potten zonder P_2O_5 -bemesting. De hoeveelheid MgO, die met het dimagnesiumfosfaat is toegediend, komt met 170 kg/ha overeen.

Dank zij een overvloedige N-bemesting (180 kg/ha) zijn vrij hooge opbrengsten verkregen. De groeistadia zijn in elke serie, blijkens de overeenkomende N-gehalten, goed vergelijkbaar. In de meeste gevallen is met dimagnesiumfosfaat een iets hogere opbrengst verkregen, wat echter geen fosfaat-effect behoeft te zijn, maar eenvoudig op den gunstigen invloed van het magnesium als voedingsfactor kan berusten (tabel 4).

De MgO-gehalten zijn met magnesiumfosfaat in 't algemeen iets hoger. Het P_2O_5 -gehalte, dat onder invloed van de fosforzuurbemesting meer of minder gestegen is, verschilt bij bemesting in verschillende vormen bijna niet; men mag dus aannemen, dat het P_2O_5 bij beide vormen van aanwending gelijk opneembaar was. *Het MgO had blijkbaar geen invloed op de P_2O_5 -opname.*

d. *Dezelfde proef in den zomer van 1936*

De hierboven beschreven proef is grootendeels in 1936 voortgezet. De potten zijn met haver beplant, die rijp is geoogst. Het doel van deze proef was, zooals reeds eerder gezegd, de bestudeering van de beweeglijkheid van het fosfaat in den grond. De potten zijn, om sterk afwijkende omstandigheden te vermijden, slechts uiterst spaarzaam begoten; het gewas leed daardoor herhaaldelijk aan watergebrek, en de verkregen opbrengsteijfers zijn weinig betrouwbaar, zoodat een vermelding achterwege blijft. Het P_2O_5 -gehalte is in den droge stof bepaald, het is hierdoor mogelijk de totale onttrekking te berekenen. Er is reden te veronderstellen, dat de P_2O_5 -opname, die voor een belangrijk deel in vroege groeistadia heeft plaats gehad, minder den invloed van het watertekort heeft ondergaan, en daardoor toch een vrij betrouwbaren indruk van de opneembaarheid geeft. Om echter vrijer te zijn van toevallige variaties, willen wij alleen vergelijken de gemiddelde P_2O_5 -onttrekking zonder MgO-toegift, d.w.z. bij bemesting in den vorm van monocalcium-, mono- en diammoniumfosfaat, en de gemiddelde onttrekking bij bemesting in den vorm van magnesium-ammonium- en dimagnesiumfosfaat, terwijl wij ook

TABEL 4

Vergelijking tusschen den invloed van monocalcium- en dimagnesiumfosfaat op het P_2O_5 -gehalte en de opbrengst van groen gesneden rogge

Grond	Object	Opbrengst g/pot	N %	MgO %	P_2O_5 %
Borgercompagnie oude dalgrond	geen P	11,3	4,86	—	1,33
	monocalciumfosfaat	12,7	4,75	0,34	1,44
	dimagnesiumfosfaat	13,1	4,90	0,36	1,38
Emmercompascuum nieuwe dalgrond	geen P	11,9	4,41	—	1,52
	monocalciumfosfaat	11,6	4,51	0,32	1,60
	dimagnesiumfosfaat	12,5	4,38	0,33	1,53
Noordlaren eschgrond	geen P	8,5	3,80	—	1,32
	monocalciumfosfaat	10,0	3,84	0,21	1,38
	dimagnesiumfosfaat	9,0	4,06	0,25	1,38
Marum nieuwe zandgrond	geen P	11,1	4,76	—	1,04
	monocalciumfosfaat	13,1	4,58	0,27	1,39
	dimagnesiumfosfaat	12,4	4,50	0,30	1,38
Wijster heidegrond	geen P	7,1	4,47	—	0,59
	monocalciumfosfaat	15,5	4,44	0,29	1,60
	dimagnesiumfosfaat	16,0	4,48	0,33	1,59
Paterswolde laagveengrond	geen P	6,2	4,67	—	0,68
	monocalciumfosfaat	12,6	4,71	0,31	1,34
	dimagnesiumfosfaat	13,1	4,51	0,33	1,33
Pieterzijl zavelgrond	geen P	7,3	3,94	—	0,94
	monocalciumfosfaat	9,1	3,69	0,30	1,30
	dimagnesiumfosfaat	10,1	3,71	0,32	1,31
Niezijl kleigrond	geen P	6,8	4,00	—	1,32
	monocalciumfosfaat	8,4	3,77	0,40	1,48
	dimagnesiumfosfaat	9,0	3,85	0,37	1,50

de onttrekking vermelden, die zonder P_2O_5 -bemesting werd vastgesteld. Daar in het voorjaar geen hernieuwde fosforzuurbemesting is gegeven, bestaat het verschil in een MgO-toegift naar 170 kg/ha, welke in het voorgaande najaar was toegediend. In het voorjaar is uitsluitend stikstof- en kalimest gegeven.

Tabel 5 geeft de waargenomen onttrekkingscijfers. Bij de grondsoorten 1, 3 en 4 is de P_2O_5 -opname met en zonder MgO-toegift volkomen gelijk, bij 7 is het verschil zonder beteekenis. Een vrij belangrijk mindere opname is gevonden in aanwezigheid van MgO bij de grondsoorten 6 en 8. De vrij groote variatie in deze beide series in aanmerking genomen, kan nog niet met zeker-

heid gezegd worden dat deze verschillen inderdaad vaststaan. Onze conclusie is dus, dat de toegift van MgO bij deze grondsoorten ook bij haver geen, of misschien in enkele gevallen een ongunstigen, invloed op de P_2O_5 -opname heeft gehad.

TABEL 5

P_2O_5 -onttrekking in mg/pot, met en zonder MgO -bemesting, bij de fosfaatsortenproef in 1936

Bemesting	1. Oude dalgrond Borgercompagnie	3. Eschgrond Noordlaren	4. Nieuwe zandgrond Marum	6. Laagveen- grond Paterswolde	7. Zavel- grond Pieterzijl	8. Klei- grond Niezijl
Geen P_2O_5 , geen MgO	213	201	124	99	62	127
Wel P_2O_5 , geen MgO	263	242	227	193	134	191
Wel P_2O_5 , wel MgO	263	243	227	150	140	163

B. Veldproeven

De proefvelden, waarbij de invloed van een magnesiumbemesting op het gewas is onderzocht, en waarbij een gelijktijdige MgO - en P_2O_5 -bepaling in den drogen stof van groen geoogste planten is gebeurd, zijn o. a. de beide proefvelden Pr 257 en Pr 258 op eschgrond te Zeyen (Dr.) en te Oudemolen (Dr.), waarin begin Mei over het havergewas, dat verschijnselen van Hooghalensche ziekte vertoonde, een bemesting met $MgCl_2$ naar 140 kg/ha is gegeven, en na eenigen tijd, waarin met Mg -bemesting duidelijk herstel is opgetreden, gewasmonsters van de haver zijn genomen. P_2O_5 was hier toegediend in normale praktijkhoeveelheid in den vorm van slakkenmeel. Verder het reeds eerder genoemde proefveld Pr 32 (blz. 175) met jaarlijksche K- en Mg -bemesting in den vorm van zuivere zouten op nieuwen dalgrond te Emmercompascuum (Dr.), waar in 1934 monsters van het groene gewas genomen zijn; het eveneens hierboven (blz. 176) genoemde proefveld Pr 263 op eschgrond te Oudemolen, waar in 1937 van een aantal objecten gewasmonsters van de haver in onrijpen toestand zijn genomen. De objecten, die bij het grondonderzoek ter sprake zijn gekomen, zijn ook bij dit onderzoek betrokken. Zonder bekalking bedroeg de pH van dezen grond 4,6, door de zwaarste bekalking is deze tot 5,6 gestegen.

Eindelijk vonden bij het kalk-magnesium-proefveld Pr 477 op eschgrond te Donderen (Dr.) bepalingen plaats in monsters van groen geoogste haver, die van verschillende objecten genomen waren, namelijk van de objecten:

geen kalk en geen magnesium (1, pH 5,0), 1600 kg CaCO₃ (2, pH 5,4), 3600 kg CaCO₃ (4, pH 5,9), 9000 kg CaCO₃ (7, pH 6,9) per ha, alles als mergel en als dolomietmergel; bij de laatstgenoemde serie is met de dolomietmergel resp. 45, 101 en 252 kg MgO/ha toegediend; verder de objecten met resp. 1180, 2630 en 6600 kg MgO/ha in den vorm van gebrande magnesiet. De bekalking gebeurde voor het zaaien, fosforzuur is gegeven naar 104 kg P₂O₅/ha als superfosfaat.

De resultaten van het onderzoek worden in tabel 6 aangetroffen.

TABEL 6

Invloed van verschillende magnesiumvoorziening op het fosforzuurgehalte van groen geoogst gewas

Proefomschrijving	Object	N %	MgO %	P ₂ O ₅ %
Pr 257, Zeyen, 1935, eschgrond, haver	onbehandeld	4,79	0,09	1,25
	MgCl ₂ -overbemesting	3,69	0,24	0,96
Pr 258, Oudemolen, 1935, zandgrond, haver	onbehandeld	4,14	0,11	1,99
	MgCl ₂ -overbemesting	3,83	0,19	1,36
Pr 32, zuivere zouten proefveld, Emmercompas- cuum, 1934, nieuwe dal- grond, rogge	KCl	5,59	0,28	1,64
	K ₂ SO ₄	5,67	0,26	1,77
	KCl + MgSO ₄	6,06	0,46	1,71
	K ₂ SO ₄ + MgCl ₂	5,82	0,44	1,70
Pr 263, Oudemolen, 1937, zandgrond, haver	za + k 20	5,69	0,17	2,53
	za + k 20 + 1 mergel	—	0,21	2,62
	za + k 20 + 2 mergel	—	0,23	2,28
	za + k 20 + 4 mergel	—	0,22	2,24
	za + k 20 + 1 dolomietmergel	—	0,21	2,41
	za + k 20 + 2 dolomietmergel	—	0,25	2,33
	za + k 20 + 4 dolomietmergel	—	0,28	2,15
	za + k 20 + 1 MgSO ₄	—	0,32	2,51
za + k 20 + 3 MgSO ₄	—	0,41	2,43	
Pr 477, Donderen, 1938, eschgrond, haver	geen kalk	5,66	0,12	1,66
	kalktrap 2 mergel	5,57	0,18	1,70
	kalktrap 4 mergel	5,53	0,25	1,41
	kalktrap 7 mergel	5,19	0,25	1,55
	kalktrap 2 dolomietmergel	5,57	0,25	1,67
	kalktrap 4 dolomietmergel	5,48	0,25	1,48
	kalktrap 7 dolomietmergel	5,11	0,29	1,46
	kalktrap 2 gebr. magnesiet	5,64	0,41	1,46
	kalktrap 4 gebr. magnesiet	5,46	0,46	1,34
	kalktrap 7 gebr. magnesiet	5,83	0,63	1,44

Pr 257 en 258. De vergeleken objecten verschilden sterk in groeistadium, hetgeen ook duidelijk in de N-gehalten tot uiting komt. Met Mg-toegift zijn

lagere P_2O_5 -gehalten en hogere MgO-gehalten gevonden. Uit de proeven mag niet met zekerheid afgeleid worden, dat het magnesium de P_2O_5 -opname heeft verlaagd, maar het tegenovergestelde is aan de hand van deze cijfers onwaarschijnlijk.

Pr 32. De MgO-gehalten verschillen zeer sterk. De groeistadia zijn blijkens het N % vrij goed vergelijkbaar, niettemin is er geen belangrijk verschil tusschen de P_2O_5 -gehalten, zoodat de P_2O_5 -opname geen invloed van het groote verschil in magnesiumvoeding heeft ondergaan.

Pr 263. Door toevoeging van mergel is het MgO-gehalte gestegen, maar bij gebruik van dolomietmergel is de stijging grooter. Een veel sterkere invloed op de MgO-opname had het kieseriet. In deze serie zijn geen N-gehalten bepaald, men mag aannemen dat de groeistadia vergelijkbaar waren met die van de bekalkte objecten. Bij toenemende bekalking blijkt het P_2O_5 -gehalte te dalen; het verschil tusschen de objecten met gewone mergel en met dolomietmergel is niet groot. Daarentegen bracht $MgSO_4$, dat geen invloed op de pH had, geen verlaging van het P_2O_5 -gehalte teweeg, maar bedraagt dit hetzelfde als zonder eenige toevoeging van kalk of magnesium. Deze proef bevestigt dus wederom, dat het magnesium geen invloed op de P_2O_5 -opname heeft.

Pr 477. Op dit proefveld zijn de met mergel en dolomietmergel verkregen uitkomsten vrijwel analoog met die van Pr 263, d. w. z. er is eenige verlaging van het P_2O_5 -gehalte bij stijgende pH. Het gebrande magnesiet heeft het MgO-gehalte verlaagd. Deze verlaging lijkt bij de magnesiet-giften nog iets sterker. Dit vindt vermoedelijk zijn oorzaak in het feit, dat een stof als magnesiet veel sneller op den grond inwerkt dan mergel. Wij zien hier dus weliswaar, dat magnesiet een analogen invloed op de P_2O_5 -opname heeft als kalk, als zij beiden op gelijke wijze de pH verhoogden, maar een specifieke magnesiumwerking is dit zeer waarschijnlijk niet.

De gevolgtrekking, die men aan deze bij materiaal van veldproeven genomen steekproeven ontleenen kan, is gelijk aan de op grond van de potproeven verkregen conclusie, namelijk dat *een belangrijk verschil in magnesiumvoorziening geen, of hoogstens een onbeteekenenden invloed op de fosforzuuropname heeft.*

Samenvatting

Een aantal orienteerende proeven zijn genomen om een indruk te verkrijgen, of er van het magnesium een invloed uitgaat op de fosforzuuropname door het gewas. In de literatuur worden namelijk feiten vermeld, die tot dit

vermoeden aanleiding geven. Deze aanwijzingen zijn voornamelijk van chemisch-bodemkundigen aard; bij pot- en veldproeven werd daarentegen meestal geen effect waargenomen.

In dit onderzoek is gebleken dat:

1. Een belangrijk verschil in magnesiumtoestand geen volgens de gebruikelijke methodes van grondonderzoek vast te stellen invloed op de oplosbaarheid van het bodemfosforzuur heeft.

2. Het als magnesiumfosfaat aan den grond toegevoegde fosforzuur daarin meestal na korten tijd dezelfde oplosbaarheid heeft als het in den vorm van monocalcium- en mono- en diammoniumfosfaat toegediend fosforzuur, en praktisch dezelfde beweeglijkheid in den bodem vertoont.

3. Het in potten of te velde bij zeer verschillende magnesiumvoorziening gegroeide gewas vrijwel een gelijke P_2O_5 -opname heeft.

De eindconclusie is, dat magnesium bij normale Nederlandsche cultuurgronden geen invloed van beteekenis op de fosfaathuishouding van grond en gewas uitoefent.

ZUSAMMENFASSUNG

BEITRAG ZUR KENNNTNIS DES EINFLUSSES DES MAGNESIUMS AUF DEN PHOSPHORSÄURE-HAUSHALT

In der Literatur sind Andeutungen vorhanden, von hauptsächlich chemisch-bodenkundlicher Art, dass die Phosphorsäureaufnahme der Pflanzen durch Magnesium beeinflusst werden kann. Orientierende Versuche wurden unternommen um diesen Zusammenhang näher kennen zu lernen.

Es hat sich jedoch gezeigt dass:

1. Ein bedeutender Unterschied in der Mg-Versorgung keinen wesentlichen Einfluss hat auf die Löslichkeit der Phosphorsäure im Boden, bestimmt nach den üblichen Laboratoriumsmethoden.

2. Das dem Boden zugefügte Magnesiumphosphat nach kurzer Zeit dieselbe Löslichkeitsverhältnisse zeigt als in wasserlöslicher Form zugesetztes Phosphat, und dass es auch fast genau dieselbe Beweglichkeit im Boden hat.

3. Die bei weit auseinanderlaufender Magnesium-Versorgung in Topf- und Feldversuchen gewachsenen Pflanzen nahezu eine gleiche Phosphataufnahme zeigen.

Aus diesen Ergebnissen geht also hervor, dass das Magnesium bei normalen holländischen Kulturböden keinen bedeutenden Einfluss hat auf den Phosphorsäurehaushalt von Boden und Pflanze.

LITERATUUR

- (1) CULTRERA, R.: *Ann. staz. sper. agrar. Modena (NS)* 5, 515 (1936). *Ref. Chem. Abstr.* 32, 3072 (1938).
- (2) ECKSTEIN, O.: *Die Ernährung d. Pfl.* 26, 386 (1930).
- (3) GAARDER, F.: *Medd. Nr. 14 fra Vestl. forstl. Forskingsstat. Bergen* 1930.
- (4) ITALLIE, TH. B. VAN: *Landb. Tijdschr.* 48, 125 (1936).
- (5) ——— *Pflanzern., u. B.* 5, 303 (1937).
- (6) ——— *De Nieuwe Veldbode*, 4 Oct. 1935, 3 Juli '36, 15 Oct. '37, 6 Jan. '39.
- (7) NAFTEL, J. A.: *Journ. Am. Soc. Agron.* 28, 740 (1936).
- (8) NIKLAS, H., SCHARRER, K., en SCHROPP, W.: *Landw. Jahrb.* 78, 210 (1933).
- (9) ORLOWSKIĀ, N. B., BELKIN, N. I., KUPTSOVA, A. M., SKOROSPESHKINA, E. V. en TIMOFEEVA, K. A.: *Sibirskii Nauch. — Issledovatel. Inst. Zernov. Khozyakstva* (Siberian Grain Inst.) 51 (1937). *Ref. Chem. Abstr.* 32, 5979 (1938).
- (10) POPP, M.: *Zeitschr. Pflanz.ern. D. u. B. B* 11, 241 (1932).
- (11) POPP, M., CONTZEN, J. en NIESCHLAG, F.: *Zeitschr. Pfl.ern. D. u. B.* 40, 323 (1935).
- (12) SCHMITT, L.: *Der Einfluss der Handelsdünger auf das Pflanzenwachstum und auf verschiedene Eigenschaften kalkarmer Mineralböden. Verslagsges. f. Ackerbau*, Berlin 1932.
- (13) UNGERER, E.: *Zeitschr. Pfl.ern. D. u. B., A* 7, 352 (1926).
- (14) VRIES, O. DE en HETTERSCHIJ, C. W. G.: *Die Phosphorsäure* 5, 38 (1935).
- (15) VRIES, O. DE, HETTERSCHIJ, C. W. G. en PAAUW, F. VAN DER: *Landb. Tijdschr* 49, 768 (1937).
- (16) VRIES, O. DE en PAAUW, F. VAN DER: *Versl. Landb. Onderz.* 43, 677 (1937).
- (17) WRANGELL, M. VON: *Landw. Jahrb.* 57, 1 (1923).
- (18) WRANGELL, M. VON en KOCH, E.: *Landw. Jahrb.* 63, 677 (1926).