

PROEFSTATION VOOR DE AKKER- EN WEIDEBOUW
WAGENINGEN

GESTENCILDE VERSLAGEN
van
INTERPROVINCIALE PROEVEN
Nr. 98 (1964)

Wijzigingen in de magnesiumtoestand van de grond
onder invloed van bemesting met kieseriet (II)

Serie 26 - 1958 t/m 1962
aangevuld met
Serie 21 - 1954 t/m 1962

door
Ir. C.M.J. Sluijsmans
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
Groningen

INHOUD

	Blz.
I. Inleiding	5
II. Proefvelden	6
III. Bewerking	8
IV. Resultaten	13
V. Bespreking van de resultaten	16
VI. Toepassing van de resultaten	19
VII. Samenvatting en conclusies	21
Literatuur	23

I. INLEIDING

In de periode 1954 tot 1962 werd met een serie van elf proefvelden (de interprovinciale serie 21) een onderzoek uitgevoerd naar de wijzigingen in de magnesiumtoestand van de grond onder invloed van bemesting met kieseriet. De resultaten hiervan zijn gepubliceerd (Sluijsmans, 1963).

Reeds tijdens de uitvoering van dit onderzoek werd het wenselijk geacht het aantal proefvelden uit te breiden. Wij stelden ons namelijk voor een poging te doen de verschillen tussen de resultaten van de afzonderlijke proefvelden te verklaren door deze in verband te brengen met bepaalde karakteristieken van de proefpercelen, waarvan verondersteld mocht worden, dat zij een invloed op de magnesiumhuishouding van de grond uitoefenen. Hiertoe kunnen de pH en het humusgehalte van de grond gerekend worden. De ervaring leert, dat een dergelijke poging weinig kans van slagen heeft indien slechts over de gegevens van elf proeven beschikt kan worden. Bovendien werd de kans op succes nog beperkt door de betrekkelijk geringe variatie in humusgehalte van de proefvelden. Dit gehalte liep namelijk slechts uitéén van 2,2 tot 7,4 %.

In 1958 deed zich de mogelijkheid voor het onderzoek uit te breiden door een voor een ander doel aangelegde serie proefvelden (de interprovinciale serie 26) gedeeltelijk voort te zetten. De voortzetting had tot doel de wijzigingen van de magnesiumtoestand van de grond onder invloed van bemesting met kieseriet na te gaan, maar om de uitvoering eenvoudig en goedkoop te houden werd in de proeven van de nieuwe serie alleen in het eerste proefjaar een verschil in Mg-bemesting aangebracht. Het daardoor ontstane verschil in MgO-gehalte van de bouwvoor in eerste en volgende proefjaren is onderwerp van onze studie geweest.

Behalve de resultaten van serie 26 wordt in dit verslag opnieuw een aantal resultaten van serie 21 behandeld. De gegevens zijn zo geordend, dat de twee series elkaar aanvullen en vergeleken kunnen worden.

Het onderzoek heeft uitsluitend betrekking op bouwland op zandgrond.

II. PROEFVELDEN

Serie 26 werd in 1958 begonnen. In dat jaar werden op de 42 proefvelden van deze serie voederbieten verbouwd om de behoefte van dat gewas aan bemesting met K, Na en Mg na te gaan. Op elk proefveld waren 4 K-, 2 Na- en 2 Mg-trappen aanwezig. Mg werd in het voorjaar gegeven naar 0 en 150 kg MgO per ha als kieseriet. Van de 42 proefvelden werden er 21 geselecteerd om voort te zetten. Hiervan zijn er 17 een voldoende aantal jaren gehandhaafd. Een overzicht van de registratienummers en van enkele bodemkarakteristieken wordt gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van de proefvelden van serie 26

Reg.nr.	Grondsoort*	Ontwatering*	% org. st.	pH-KCl
WD 458	oude ontginning	goed	7,2	4,6
WD 459	esgrond	goed	9,6	4,9
WD 462	jonge ontg. leemh.	goed	6,3	5,0
OD 797	zandgrond	matig	10,0	4,9
OD 798	oude ontginning	goed	4,7	4,7
OD 799	zandgrond	goed	8,1	4,7
OGe 1323	zandgrond	matig	3,9	5,7
U 1016	oude ontg. leemh.	vrij goed	6,8	4,2
U 1018	oude ontginning	goed	4,7	4,5
WB 2528	oude zandgrond	goed	4,1	5,1
WB 2531	zandgrond	goed	5,0	5,6
MB 411	ijzerh. esgrond	slecht	5,5	5,3
MB 412	zandgrond	goed	3,2	5,5
NOB 667	zandgrond	goed	4,8	4,8
NOB 668	zandgrond	goed	4,8	5,0
NL 563	oude zandgrond	goed	5,1	4,6
NL 566	rivierzand	goed	6,5	5,3

* volgens de verslagstaten van de R.L.V.D.

Na 1958 werd de behandeling van de proefvelden aan de proefveldhouders overgelaten. Er werd slechts als voorwaarde gesteld, dat het proefveld wat betreft teelt, bemesting enz. over zijn hele oppervlakte steeds uniform moest worden behandeld. Gebruik van stalmest en andere Mg-houdende meststoffen, mits regelmatig over het hele proefveld toegepast, werd toegestaan. Er werd gevraagd geen kalk te gebruiken om sterke wijzigingen in de pH tijdens de proefperiode te vermijden.

Hoe de proefveldhouders in werkelijkheid bemest hebben, is voor het merendeel van de proefjaren niet bekend. Zeker is, dat in een aantal gevallen Mg-houdende produkten als stalmest en Thomasmeeel gebruikt zijn. Verder is voor enkele proefjaren bekend, dat kleine hoeveelheden kalkmeststof zijn toegepast.

Te beginnen met 1958 werden elk njaar twee grondmonsters genomen, namelijk één van alle veldjes die in 1958 geen Mg ontvingen en één van alle veldjes die toen 150 kg MgO per ha kregen. Alleen de bouwvoor werd bemonsterd. De monsters werden o.a. op Mg onderzocht (0,5 n NaCl-extract).

Van de 17 proefvelden werden er 11 tot en met 1962 voortgezet; 5 werden er na 1961 en 1 reeds na 1960 opgeheven.

Voor opzet en uitvoering van serie 21 verwijzen wij naar het reeds verschenen rapport (Sluijsmans, 1963). De registratienummers en enkele bodemkarakteristieken van deze proefvelden zijn vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Overzicht van de proefvelden van serie 21

Reg. nr.	Grondsoort*	Ontwatering*	% org. st.	pH-KCl
WD 266	oude ontginning	goed	7,4	4,2
OGe 1196	oude ontginning	goed	5,4	4,4
U 864	oude ontginning	goed	3,7	6,1
WB 2174	lichte zandgrond	goed	3,8	5,8
WB 2177	lichte zandgrond	goed	4,2	4,2
MB 174	lichte zandgrond	goed	2,7	5,5
MB 177	gewone zandgrond	goed	4,5	3,8
MB 179	lichte zandgrond	goed	3,3	4,2
NOB 475	zandgrond	goed	4,5	4,2
NL 192	leemh. zandgrond	goed	2,2	4,4
NL 194	oude ontginning	slecht	3,6	4,3

* volgens de verslagstaten van de R.L.V.D.

III. BEWERKING

In het eerdergenoemde verslag over serie 21 is een formule gegeven, waarmee het verband tussen het MgO-gehalte van de grond in een bepaald najaar en dat in het voorafgaande najaar kan worden beschreven:

$$x_1 = ax_0 + bh + c \quad (\text{formule A})^*$$

x_1 = het MgO-gehalte in een bepaald najaar.

x_0 = het MgO-gehalte in het voorafgaande najaar.

h = de hoeveelheid MgO gegeven in het tussenliggende voorjaar.

a , b en c zijn constanten.

Uitgaande van deze formule zullen we nu een formule afleiden voor het verband tussen de grootte van het verschil in MgO-gehalte van de grond, dat ontstaat door een één keer toegepaste Mg-bemesting, en de tijd. Aangezien het laatste de doelstelling van serie 26 is, vinden we zodoende een aansluiting tussen beide series.

Noemen we het MgO-gehalte van de grond in het najaar vóór de bemesting x_0 , in het eerste najaar na de bemesting x_1 , in het tweede najaar x_2 enz. We krijgen dan voor het object, dat geen Mg-bemesting kreeg en voor het object, dat wel een (één keer toegepaste) bemesting ontving, volgens formule A resp.:

geen Mg-bemesting

$$x_1 = ax_0 + c$$

$$x_2 = ax_1 + c$$

$$x_3 = ax_2 + c$$

$$x_n = ax_{n-1} + c$$

wel Mg-bemesting

$$x_{11}^1 = ax_0 + bh + c$$

$$x_{21}^1 = ax_{11}^1 + c$$

$$x_{31}^1 = ax_{21}^1 + c$$

$$x_{n1}^1 = ax_{n-1}^1 + c$$

Noemen we verder de grootte van het verschil in het MgO-gehalte van de twee objecten in het eerste najaar V_1 , in het tweede najaar V_2 enz. dan volgt uit bovenstaande formules:

$$V_1 = x_{11}^1 - x_1 = bh$$

$$V_2 = x_{21}^1 - x_2 = a(x_{11}^1 - x_1) = abh$$

$$V_3 = x_{31}^1 - x_3 = a(x_{21}^1 - x_2) = a^2bh$$

$$V_n = x_{n1}^1 - x_n = a(x_{n-1}^1 - x_{n-1}) = a^{n-1}bh$$

$$\text{of } V_n = a^{n-1}V_1 \quad (\text{formule B})$$

Formule B stelt een meetkundige reeks voor, waarvan V_1 de beginterm en a de reden is.

Indien de uit serie 21 afgeleide formule A ook van toepassing is voor het materiaal van serie 26, zal het verschil in MgO-gehalte van de twee objecten,

* Bij de afleiding van deze formule is aangenomen, dat a , b en c onafhankelijk zijn van de hoeveelheid MgO, die in voorafgaande jaren is toegepast.

gevonden in laatstgenoemde serie, dus volgens een meetkundige reeks moeten samenhangen met de tijdsduur na de bemesting.

Allereerst is nagegaan of formule B inderdaad past bij het gemiddelde resultaat van serie 26. Voor dit doel is alleen gebruik gemaakt van de elf proefvelden, die tot en met 1962 voortgezet werden.

Daartoe zijn eerst de verschillen in MgO-gehalte tussen het wel en niet met Mg bemeste object over de elf proefvelden gemiddeld voor elk van de vijf waarnemingstijdstippen (najaar 1958/najaar 1962). De afzonderlijke en gemiddelde verschillen zijn vermeld in tabel 3.

Tabel 3. Verschil in MgO-gehalte van de grond in mg/kg tussen het in 1958 met 150 kg MgO/ha bemeste object en het niet bemeste object

Reg.nr.	Najaar				
	1958	1959	1960	1961	1962
WD 458	36	31	9	18	15
WD 459	64	33	8	35	--
WD 462	45	43	21	11	-15
OD 797	76	50	16	15	3
OD 798	36	29	2	4	5
OD 799	67	26	10	5	10
OGe 1323	41	29	17	--	--
U 1016	38	25	11	7	0
U 1018	32	15	5	19	15
WB 2528	52	14	7	9	7
WB 2531	30	22	7	5	9
MB 411	--	24	17	13	--
MB 412	48	20	23	22	--
NOB 667	62	28	18	12	--
NOB 668	67	31	24	7	4
NL 563	44	35	16	13	25
NL 564	49	28	27	7	--
Gem. over alle getallen	49,2	28,4	14,0	12,6	7,1
Gem. over de 11 prv., die liepen van 1958/1962	47,5	30,1	11,6	10,3	7,1

De gegevens over het gemiddelde verschil in MgO-gehalte (onderste regel van tabel 3) zijn vervolgens gebruikt om het model, neergelegd in formule B, te toetsen en de parameters a en V_1 te bepalen. Dit is gebeurd door de formule eerst te transformeren tot de logaritmische vorm en daarna een rechtlijnige vereffening volgens het principe van de kleinste kwadraten toe te passen. Zo doende worden de best passende waarden van de parameters van de functie, dus van a en V_1 verkregen. Op de grootte van deze parameters wordt in het eerste deel van het volgende hoofdstuk ingegaan. De berekende lijn is in figuur 1 weergegeven. Vooruitlopend op de bespreking van de resultaten blijkt hieruit, dat de formule inderdaad in overeenstemming is met de gegevens van de proefvelden.

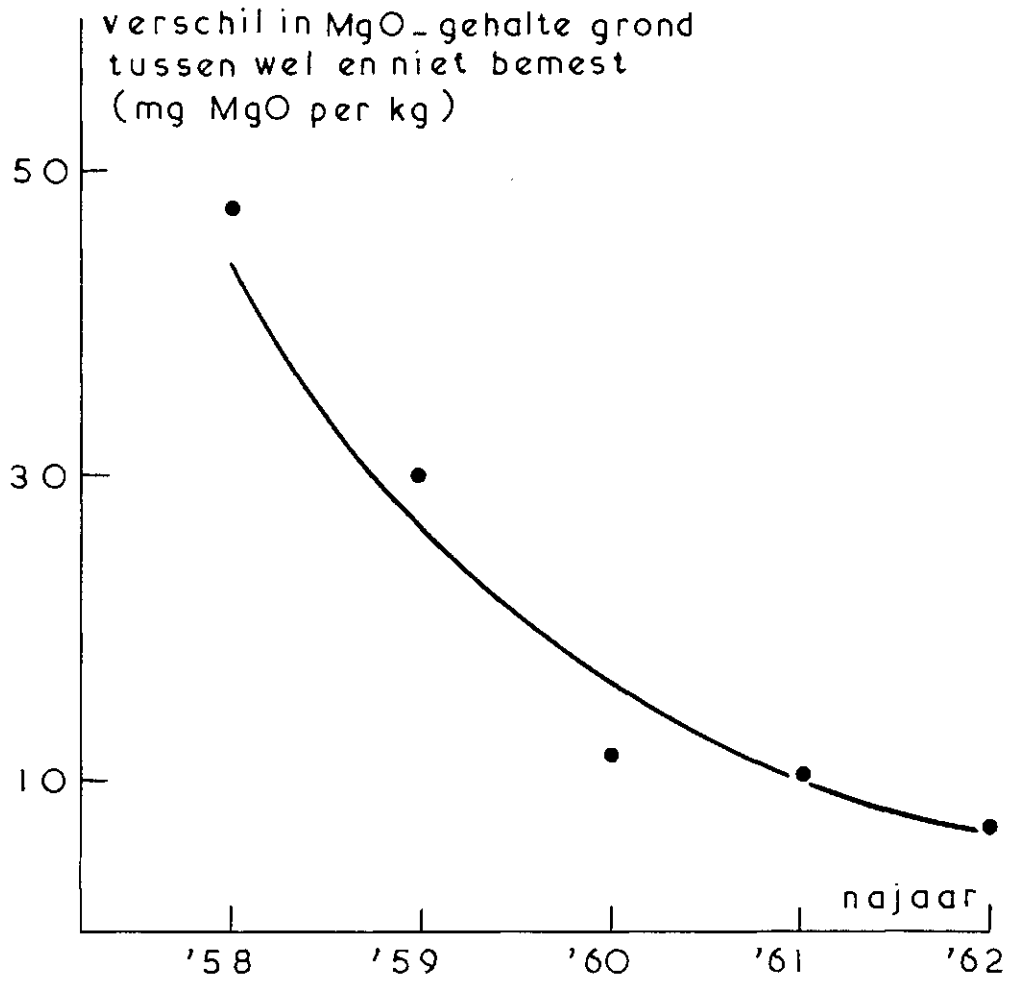
Indien een bepaald functioneel verband aanvaardbaar is voor het gemiddelde resultaat van een aantal proefvelden, is dat zelfde verband, zij het met andere parameters, ook aanvaardbaar voor de afzonderlijke proefvelden. Op soortgelijke wijze als hierboven beschreven is, werden daarom voor elk van de proeven van serie 26 de parameters a en V_1 berekend. Zij zijn vermeld in tabel 4.

Tabel 4. Parameters V_1 en a en de standaardafwijkingen voor de proefvelden van serie 26

Reg. nr.	$V_1^{\#}$	$S(\log V_1)^{\#}$	$a^{\#}$	$S(\log a)^{\#}$
WD 458	31	0,164	0,80	0,067
WD 459	45	0,345	0,72	0,185
WD 462	54	0,086	0,61	0,047
OD 797	90	0,133	0,46	0,054
OD 798	27	0,337	0,55	0,137
OD 799	46	0,202	0,58	0,083
OGe 1323	42	0,020	0,64	0,016
U 1016	52	0,161	0,43	0,005
U 1018	19	0,251	0,88	0,011
WB 2528	31	0,178	0,64	0,005
WB 2531	22	0,210	0,72	0,085
MB 411	24	0,014	0,74	0,010
MB 412	37	0,126	0,80	0,067
NOB 667	55	0,050	0,58	0,027
NOB 668	70	0,079	0,49	0,033
NL 563	37	0,150	0,80	0,062
NL 566	54	0,146	0,56	0,078
Gemiddeld	43,3		0,65	

$\# V_1$ = beginterm van de meetkundige reeks.
 a = reden van de meetkundige reeks.
 $S(\log V_1)$ = standaardafwijking van $\log V_1$.
 $S(\log a)$ = standaardafwijking van $\log a$.

Fig. 1



Behalve voor de proefvelden van serie 26 zijn de waarden van a en V_1 ook berekend voor de elf proefvelden van serie 21. Daartoe zijn de resultaten van elk proefveld van die serie vereffend volgens formule A: $x_1 = ax_0 + bh + c$. Uit de afleiding van formule B uit A is gebleken, dat de coëfficiënt a in laatstgenoemde dezelfde is als die in formule B en dat de term bh dezelfde is als V_1 in formule B. Aangezien in serie 26 slechts één gift, nl. 150 kg MgO is toegepast, heeft de hieruit berekende waarde voor V_1 ook alleen betrekking op deze gift. Om uit serie 21 een vergelijkbare waarde te verkrijgen zal de berekende coëfficiënt b (zie formule A) dus met 150 vermenigvuldigd moeten worden.

De voor a , b en c gevonden waarden zijn vermeld in tabel 5. Bovendien zijn daarin de waarden voor V_1 opgenomen, die verkregen zijn door b te vermenigvuldigen met 150.

Tabel 5. Parameters a , b en c (uit formule A) en hun standaardafwijkingen voor de proefvelden van serie 21. De waarden V_1 zijn verkregen door vermenigvuldiging van b met 150.

Reg. nr.	a	s_a	b	s_b	c	s_c	V_1
WD 266	0,67	0,06	0,32	0,04	10,2	3,9	48
OGe 1196	0,45	0,07	0,18	0,02	20,3	3,4	27
U 864	0,72	0,05	0,17	0,02	10,9	2,6	26
WB 2174	0,52	0,08	0,31	0,05	17,6	4,5	47
WB 2177	0,43	0,13	0,21	0,05	14,9	4,8	31
MB 174	0,70	0,04	0,13	0,02	9,1	1,9	19
MB 177	0,43	0,08	0,19	0,02	8,6	2,2	29
MB 179	0,84	0,07	0,12	0,02	3,4	2,3	19
NOB 475	0,87	0,09	0,16	0,04	2,2	4,3	24
NL 192	0,39	0,07	0,31	0,04	11,8	4,1	47
NL 194	0,38	0,07	0,25	0,03	9,6	2,8	37
Gemiddeld	0,58		0,21		10,8		32,2

a = reden van de meetkundige reeks

V_1 = beginterm van de meetkundige reeks

voor b en c zie tekst

s_a , s_b en s_c zijn standaardafwijkingen van resp. a , b en c .

De waarden a en V_1 (of zo men wil b , want b is rechtstreeks uit V_1 te berekenen door deling met een factor, gelijk aan de toegepaste hoeveelheid MgO in kg/ha) kunnen beschouwd worden als karakteristieken voor de Mg-huishouding van de grond. Immers de parameter V_1 geeft aan, hoeveel van de toegepaste gift in

het eerste najaar na de bemesting teruggevonden wordt (uitgedrukt in mg MgO per kg grond) en a de factor, waarmee de teruggevonden hoeveelheid elk jaar daalt. Het is interessant en van belang voor het bemestingsadvies na te gaan, of en in welke mate de genoemde karakteristieken samenhangen met bodemeigenschappen. In dit verband denken wij in het bijzonder aan de pH en het humusgehalte, omdat algemeen aangenomen wordt en op basis van gevonden wetmatigheden bij de omwisseling van kationen ook beredeneerd kan worden, dat deze beide factoren invloed hebben op de uitspoeling van magnesium. Daarnaast kunnen ook factoren als ontwatering, doorlatendheid en onttrekking door de gewassen van invloed zijn, maar wij beschikken niet over voldoende gegevens om deze in onze berekeningen op te nemen. De pH en het humusgehalte zijn van alle proefvelden bekend en vermeld in de tabellen 1 en 2.

Om de samenhangen na te gaan zijn twee analyses uitgevoerd, de een met V_1 en de ander met a als te verklaren variabele, en beide met pH en humusgehalte als verklarende variabelen. Of er een verband tussen V_1 en a bestaat, is buiten beschouwing gelaten. Als resultaat van de toegepaste methode wordt de invloed van de pH op V_1 resp. a gevonden bij constant humusgehalte en van het humusgehalte bij constante pH. Op de resultaten van deze bewerking wordt in het tweede gedeelte van het volgende hoofdstuk ingegaan.

Fig. 2

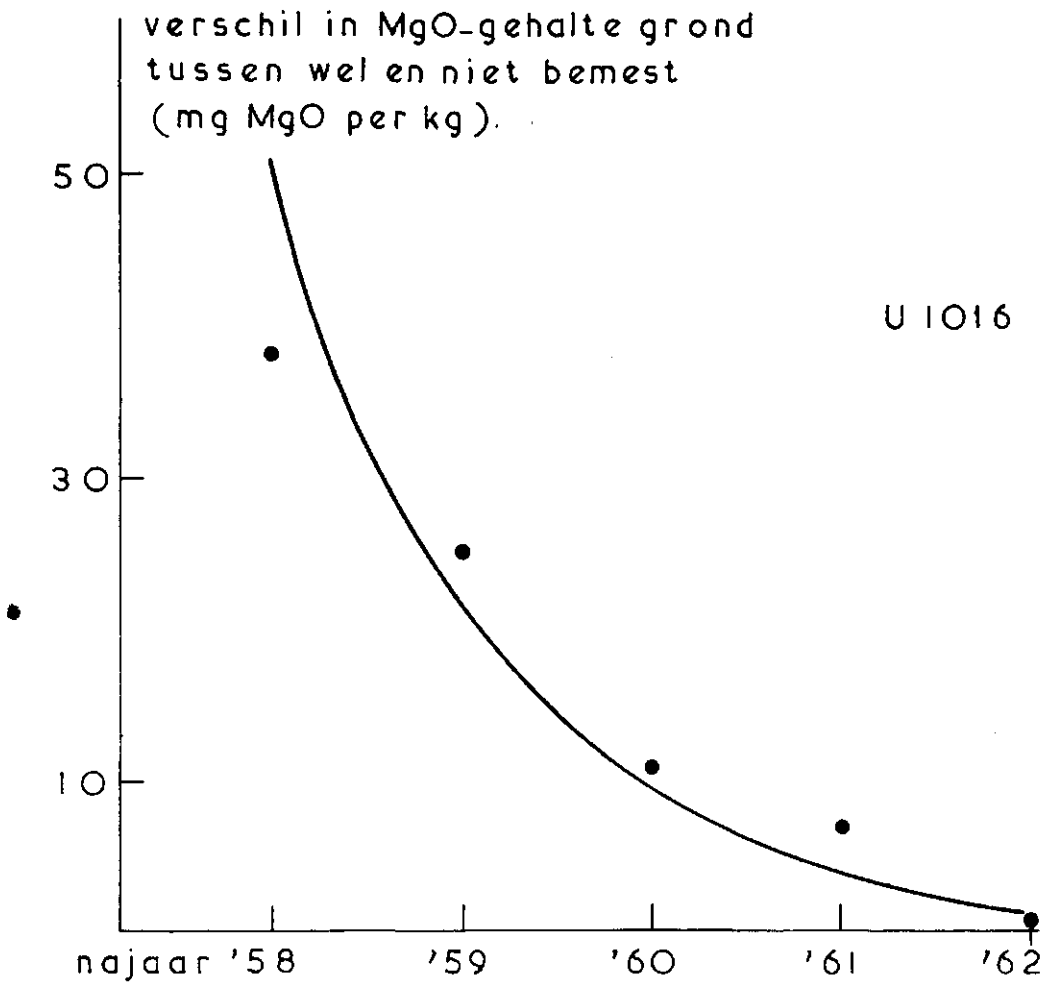
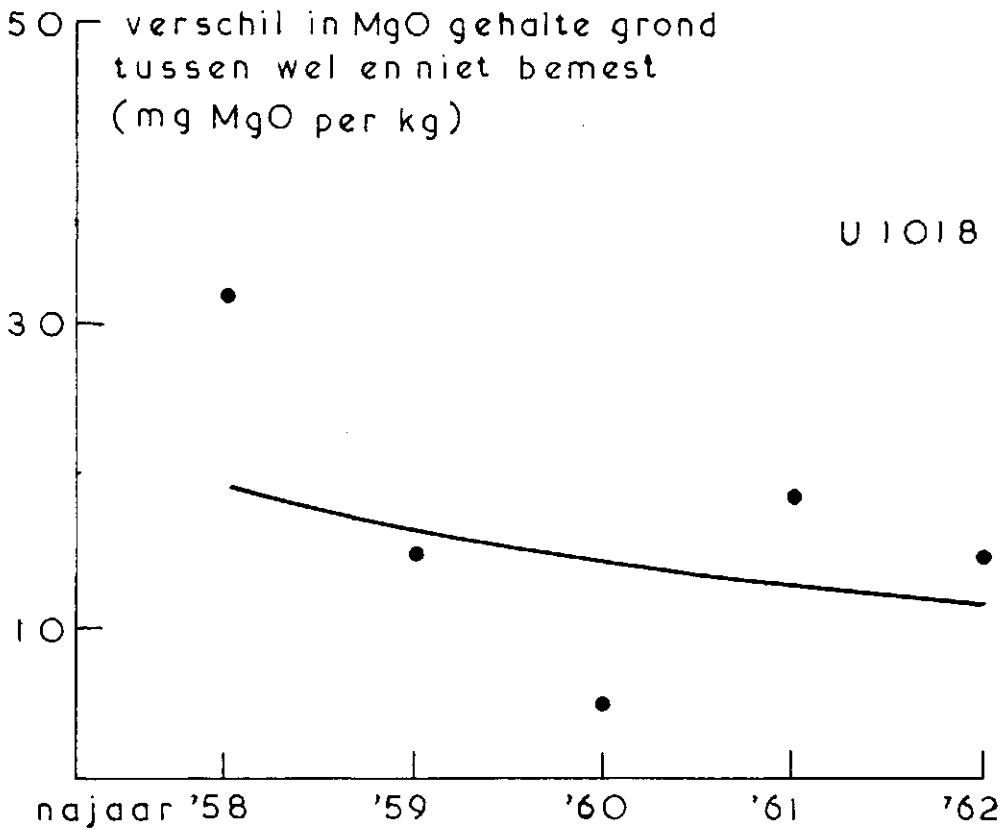


Fig. 3



IV. RESULTATEN

1. De van een bemesting in de grond overgebleven hoeveelheid MgO in afhankelijkheid van de tijd tussen bemesting en grondbemonstering

In het vorige hoofdstuk is de formule (B) voor het verband tussen de overgebleven hoeveelheid (in mg MgO per kg grond) en de tijd afgeleid, die voor de resultaten van serie 26 zou moeten gelden, gesteld dat de vroeger voor serie 21 gevonden formule (A) ook voor de nieuwe serie van toepassing zou zijn. Het genoemde verband zou volgens een meetkundige reeks moeten verlopen met beginterm V_1 en reden a .

Vereffening van het over elf proefvelden gemiddelde resultaat volgens formule B leverde voor V_1 een waarde van 43,7 en voor a een waarde van 0,64 op. De voor deze waarden geldende lijn is getekend in figuur 1., waarin tevens de werkelijk gevonden verschillen in MgO-gehalte zijn opgenomen.

Uit figuur 1 blijkt, dat de meetkundige reeks als functie voor het verband tussen de verschillen en tijd zeker aanvaardbaar is. In elk geval geeft ons deze figuur voldoende steun om de stap te doen ook voor elk van de afzonderlijke proefvelden de waarden van V_1 en a te berekenen.

De resultaten van de berekening zijn voor serie 26 in tabel 4 en voor serie 21 in tabel 5 vermeld. In sommige gevallen paste de functie met de berekende parameters uitstekend bij de proefresultaten, in andere was de spreiding rond de berekende lijn zo groot, dat een oordeel niet mogelijk is. Figuur 2 is een voorbeeld van het eerste, figuur 3 van het laatste.

Gemiddeld over de 17 proefvelden van serie 26 werd voor V_1 43,3 en voor a 0,65 gevonden, gemiddeld over de 11 proefvelden van serie 21 voor V_1 32,2 en voor a 0,58. Er is slechts een klein verschil in de waarden van a . Het verschil in V_1 hangt, zoals we hierna zullen zien, samen met een verschil in gemiddeld humusgehalte van beide series.

Volgens deze gegevens wordt dus van een in het voorjaar gegeven bemesting met 150 kg MgO per ha als kieseriet in het eerstvolgende najaar 43,3 (serie 26) resp. 32,2 (serie 21) mg MgO per kg grond teruggevonden. Rekenen we deze gehalten met behulp van de bouwvoorgewichten om op kg MgO per ha, dan komen we op 100 (serie 26) resp. 80 (serie 21) kg. In het eerste najaar na de bemesting wordt dus ruwweg 60 % van de gift in de bouwvoor teruggevonden.

De reden van de reeks was 0,65 (serie 26) resp. 0,58 (serie 21). Dat wil zeggen, dat de hoeveelheid magnesium, die in een bepaald najaar van een bemesting in de bouwvoor achtergebleven is, ongeveer 60 % is van die in het voorafgaande najaar. Van een bepaalde Mg-gift wordt in het eerste najaar dus 60 % (V_1) teruggevonden, in het tweede 36 %, in het derde 22 % enz.

Uit de tabellen 4 en 5 blijkt verder, dat de waarden van V_1 en a sterk uiteenlopen. Als laagste en hoogste waarde werd voor V_1 resp. 19 en 90 en voor a resp. 0,38 en 0,88 gevonden. De in de tabellen opgenomen standaardafwijkingen laten zien, dat aan beide parameters grote fouten kunnen kleven.

In de volgende paragraaf wordt een poging gedaan de verschillen, die tussen de proefvelden optreden, te verklaren.

2. De van een bemesting in de grond overgebleven hoeveelheid MgO in afhankelijkheid van pH en humusgehalte

Achtereenvolgens worden de invloeden van beide factoren op V_1 en daarna op a behandeld.

2.1 De invloed op de parameter V_1 .

De invloeden van pH en humusgehalte zijn berekend uitgaande van het volgende regressie-model:

$$V_1 = p_1 q_1 + p_2 q_2 + p_3 \quad (\text{formule C})$$

V_1 = de parameter V_1

q_1 = de pH

q_2 = het humusgehalte

p_1 , p_2 en p_3 zijn de te berekenen parameters.

De pH liep in ons totale materiaal van 28 proefvelden uiteen van 3,8 tot 6,1 en was gemiddeld 4,84, het humusgehalte van 2,2 tot 10,0 en was gemiddeld 5,2.

De berekening gaf de volgende resultaten:

$$p_1 = +3,38 \quad (p > 0,05)$$

$$p_2 = +4,65 \quad (p < 0,01)$$

$$p_3 = -1,59$$

pH en humusgehalte hadden dus beide gemiddeld een positieve invloed op V_1 ; de invloed van de pH was niet significant (bij overschrijdingskans $p = 0,05$), die van het humusgehalte daarentegen zeer significant.

Om de grootte van de invloeden van pH en humusgehalte te vergelijken, substitueren we voor q_1 in formule C de twee uiterste pH-waarden van ons materiaal bij de gemiddelde waarde voor q_2 (dus 5,20) en vervolgens de twee uiterste humusgehalten bij de gemiddelde waarde voor q_1 (4,84). Bij pH 6,1 resp. 3,8 vinden we dan voor V_1 resp. 43,2 en 35,4; bij humusgehalte 10,0 resp. 2,2 vinden we voor V_1 resp. 61,3 en 25,0. De invloed van de pH, die al niet met voldoende betrouwbaarheid kon worden aangetoond, is bovendien dus kwantitatief niet belangrijk. De uiterste pH-waarden van dit materiaal zijn nl. ook in de praktijk weinig voorkomende extremen. De invloed van het humusgehalte is echter zeer belangrijk gezien de grote variatie van dit gehalte in de praktijk.

De conclusie kan dus zijn, dat een bemesting met kieseriet in het voorjaar op gronden met een hoog humusgehalte een veel sterkere verhoging van het Mg-gehalte in het eerstvolgende najaar teweegbrengt dan op gronden met een laag humusgehalte. Een invloed van de pH, zo al aanwezig, is waarschijnlijk van weinig betekenis.

De samenhang van V_1 met pH en humusgehalte is weergegeven in figuur 4.

Fig. 4

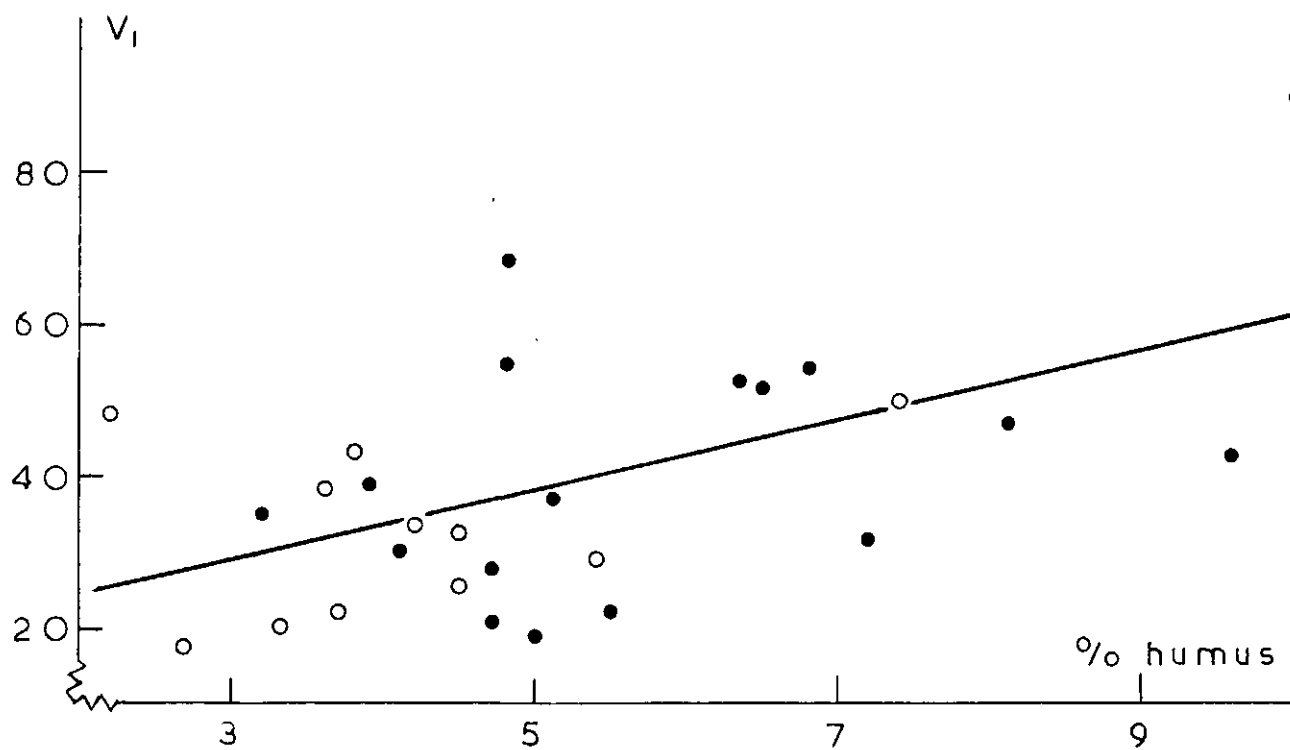
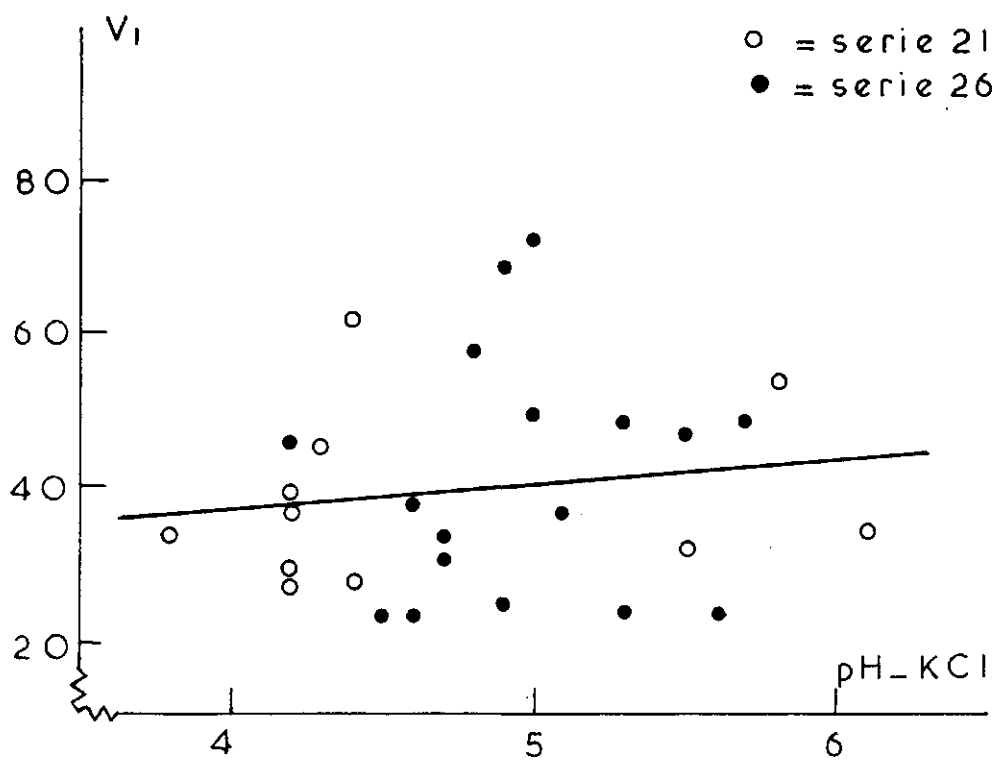
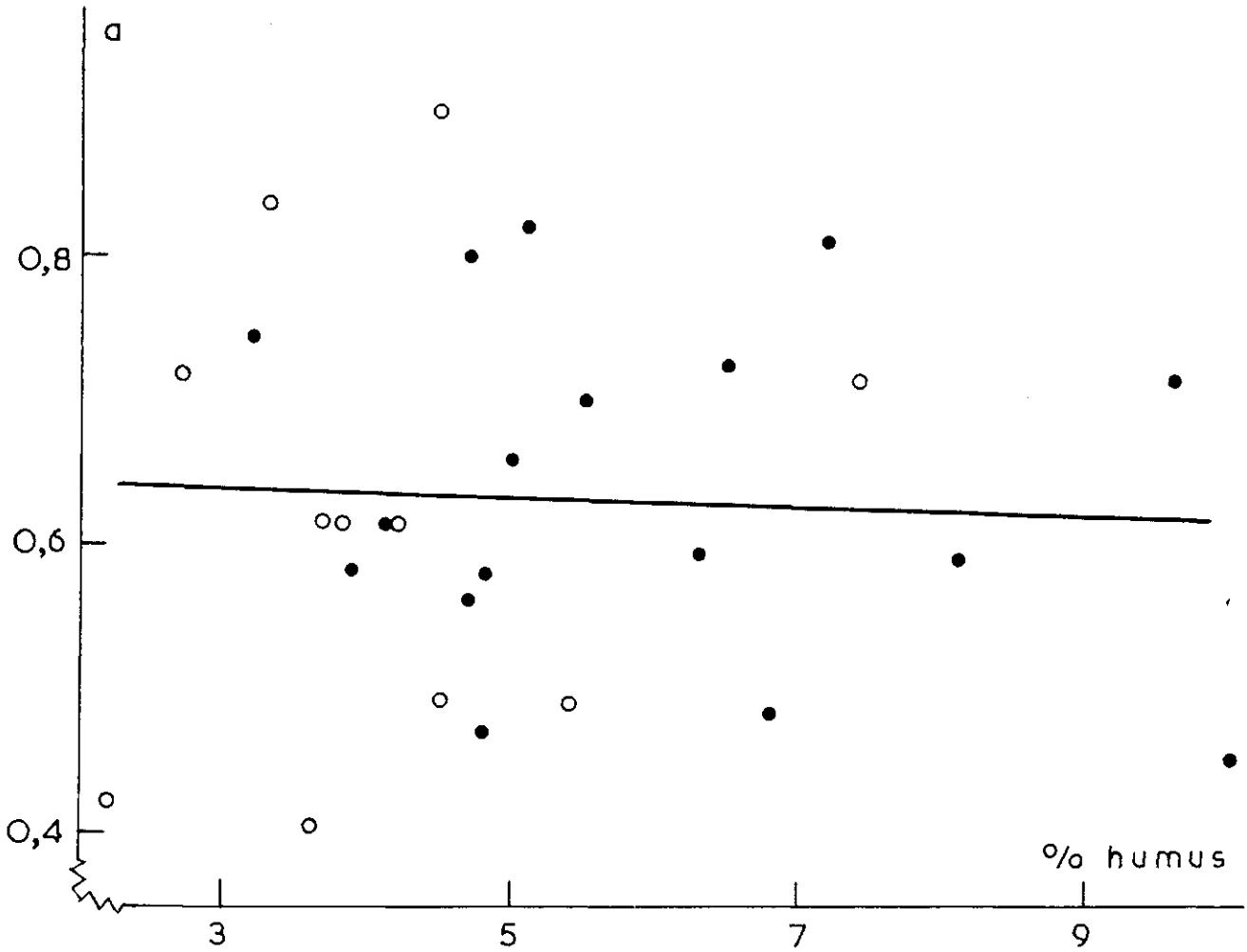
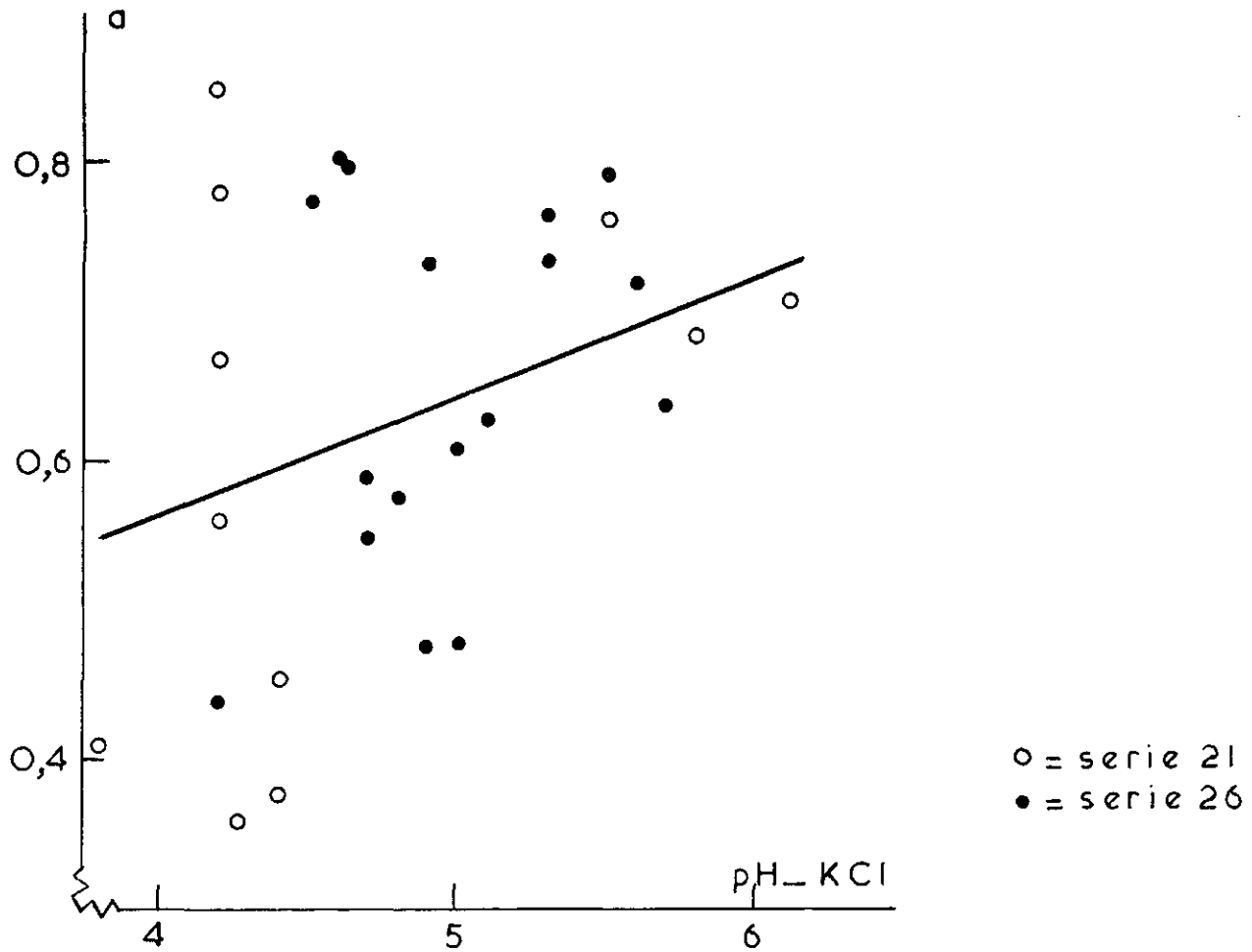


Fig. 5



2.2 De invloed op de parameter a.

De invloeden van pH en humusgehalte op a zijn berekend volgens een regressiemodel overeenkomend met dat voor V_1 .

$$a = r_1 q_1 + r_2 q_2 + r_3 \quad (\text{formule D})$$

De berekening gaf de volgende resultaten:

$$r_1 = +0,080 \quad (p > 0,05)$$

$$r_2 = -0,003 \quad (p > 0,05)$$

$$r_3 = +0,262$$

Van de pH noch van het humusgehalte kon dus met voldoende betrouwbaarheid een invloed worden aangetoond.

Beschouwen we nochtans de gevonden waarden als de beste schattingen, dan kunnen we hiermee de waarden van a berekenen bij de uiterste pH's en humusgehalten. Door in formule D voor q_1 de pH-waarden 6,1 en 3,8 en voor q_2 het gemiddelde humusgehalte (5,2) in te vullen, vinden we voor a resp. 0,73 en 0,55. Voor de uiterste humusgehalten 10,9 en 2,2 van ons materiaal vinden we bij de gemiddelde pH (4,84) resp. 0,64 en 0,62.

Het is duidelijk, dat de invloed van het humusgehalte op a van geen enkele betekenis is. De invloed van de pH is, indien de berekende waarden reëel zijn, echter zeker van praktische betekenis.

Uit deze berekening kan dus geconcludeerd worden, dat de invloeden van pH en humusgehalte op de factor, waarmee de door een Mg-bemesting teweeggebrachte verhoging van het MgO-gehalte in volgende jaren daalt, niet met voldoende betrouwbaarheid werden aangetoond. Bij hoge pH werd in ons materiaal gemiddeld een minder snelle daling gevonden dan bij lage pH; bij hoog humusgehalte werd een vrijwel even sterke daling gevonden als bij laag humusgehalte.

De samenhang van a met pH en humusgehalte is weergegeven in figuur 5. (Er dient opgemerkt te worden, dat de spreiding van a bij lage pH veel groter is dan bij hoge pH; bij de toegepaste toets is hiermee geen rekening gehouden).

V. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

In het eerste gedeelte van het vorige hoofdstuk werd aangetoond, dat van een voorjaarsbemesting met 150 kg MgO als kieseriet in het eerste najaar gemiddeld over alle proefvelden ongeveer 90 kg of 60 % in de bouwvoor werd teruggevonden. Aangezien de teruggevonden hoeveelheid recht evenredig is met de gift (immers $V_1 = b \times h$, zie hoofdstuk III) kan algemeen gesteld worden, dat van een voorjaarsbemesting in het eerstvolgende najaar ca. 60 % in de bouwvoor over was.

Daar de reden van de reeks (de waarde a) eveneens ongeveer 0,6 was, wordt formule B ($V_n = a^{n-1} V_1$) na substitutie van deze waarden: $V_n = 0,6^{n-1} \times 0,6 = 0,6^n$. Bij wijze van vuistregel kan dus voor het materiaal als geheel worden gesteld, dat van een bemesting met kieseriet in het n^e najaar na de bemesting $0,6^n$ in de bouwvoor teruggevonden werd.

In het tweede deel van het vorige hoofdstuk is o.a. op de invloed van het humusgehalte op V_1 en op a ingegaan. Wij willen nu eens nagaan, welke verhoging van het MgO-gehalte van de grond door een Mg-bemesting in een willekeurig najaar daarna verwacht mag worden op de noordelijke en welke op de zuidelijke zandgronden. De gemiddelde humusgehalten hiervan zijn resp. 7,5 % en 4,2 % (Draisma, 1958). Voor de noordelijke zandgronden vinden we dan voor V_1 (bij toepassing van 150 kg MgO) 50 en voor de zuidelijke 34 (beide berekend voor de gemiddelde pH = 4,84 van ons materiaal). De waarde van a werd door het humusgehalte vrijwel niet beïnvloed; bij pH 4,84 was deze gemiddeld 0,63. Substitutie van deze waarden in formule B geeft het volgende:

$$\text{zand Noord: } V_n = 0,63^{n-1} \times 50$$

$$\text{zand Zuid: } V_n = 0,63^{n-1} \times 34$$

We zien dus, dat de verhoging door bemesting met 150 kg MgO in een willekeurig jaar na de bemesting op de zuidelijke zandgronden slechts 34/50 of ongeveer 2/3 is van die op de noordelijke zandgronden. Aangezien V_1 evenredig is met de toegepaste gift kan dus ook algemeen gesteld worden, dat de verhoging van het MgO-gehalte door een bepaalde gift op de zuidelijke zandgronden ongeveer 2/3 is van die op de noordelijke.

Vervolgens zullen we nagaan, welke verschillen in Mg-niveau van de grond tussen noord en zuid te verwachten zijn bij geregelde toepassing van Mg-bemesting. We veronderstellen daarbij voor het gemak, dat het MgO-gehalte van de grond bij weglating van Mg-bemesting in beide gebieden tot hetzelfde niveau terugloopt, alhoewel hiertegen bedenkingen zijn aan te voeren.

Stel, dat in beide gebieden jaarlijks 40 kg MgO gegeven wordt. De verhoging van het MgO-gehalte van de grond, die het gevolg is van deze steeds terugkerende bemesting, is na n jaren:

$$\text{verhoging} = V_1 + a^1 V_1 + a^2 V_1 + a^3 V_1 + \dots + a^{n-1} V_1.$$

$$= \frac{V_1 (a^n - 1)}{a - 1} \quad (\text{som van een meetkundige reeks}).$$

$$a-1$$

Na een oneindig aantal jaren is de totale verhoging dus:

$$\frac{V_1(a^\infty - 1)}{a - 1}$$

of, aangezien a kleiner is dan 1:

$$\text{verhoging} = \frac{-V_1}{a-1} \quad (\text{formule E}).$$

Bij toepassing van 150 kg MgO was V_1 voor zand-noord 50 en voor zand-zuid 34. Bij bemesting met 40 kg MgO krijgen we dus voor noord en zuid resp. $\frac{40}{150} \times 50$ en $\frac{40}{150} \times 34$ is resp. 13,3 en 9,1. De waarde a kan voor beide op 0,63 worden gesteld.

Substitutie van deze resultaten in formule E geeft:

zand-noord: totale verhoging = 36

zand zuid : totale verhoging = 25

Gesteld dus dat in beide gebieden het MgO-gehalte zonder bemesting tot hetzelfde niveau daalt, dan zal het uiteindelijke niveau bij toepassing van jaarlijks 40 kg MgO op de noordelijke zandgronden 11 mg/kg hoger liggen dan in het zuiden. Bij toepassing van jaarlijks 40 kg MgO op de noordelijke zandgronden 11 mg/kg hoger liggen dan in het zuiden. Bij toepassing van hogere giften zal het verschil evenredig hoger zijn. Indien het MgO-gehalte bij weglating van Mg-bemesting niet tot hetzelfde niveau daalt, maar op humusrijke grond zoals te verwachten is hoger ligt, dan zal ook het uiteindelijke verschil groter zijn.

Hoewel het humusgehalte geen invloed van betekenis heeft op de factor, waarmee de door de Mg-bemesting teweeggebrachte verhoging van het MgO-gehalte vanaf het eerste najaar na de bemesting daalt, is de invloed op de verhoging in het jaar van de bemesting zelf zodanig groot, dat hierdoor een belangrijk verschil in Mg-niveau van de noordelijke en zuidelijke zandgronden kan ontstaan.

Het is eigenlijk onverwacht, dat het humusgehalte geen aantoonbare invloed op de factor a heeft. Indien het MgO-gehalte van de grond en de pH gelijk blijven, zal immers bij stijgend humusgehalte de verhouding van de hoeveelheid geadsorbeerde Mg-ionen tot die van andere basische kationen afnemen en kunnen dus minder Mg-ionen in oplossing raken en daarom mindergemakkelijk uitspoelen. Hierdoor zou a moeten stijgen met toenemend humusgehalte. Dat de resultaten van de proeven geen invloed van humus laten zien, wijst dus of op het kwantitatief niet belangrijk zijn van de meer of minder sterke adsorptie of op het bestaan van invloeden, die tegengesteld werken. Beschouwingen over welke invloeden dit zijn laten we achterwege, omdat zij te hypothetisch zijn.

Het is nog nuttig een bespreking te wijden aan de samenhang tussen het humusgehalte en V_1 . De waarde V_1 , dus de verhoging van het MgO-gehalte van de grond, zoals die in het najaar na de bemesting gevonden werd, was hoger naarmate het humusgehalte hoger was. Ook hierbij kan gedacht worden aan een conserverende invloed, die het gevolg is van de grotere hoeveelheid absorberend materiaal, maar daarnaast is een geheel andere factor in het spel. Wij doelen hier op de zwaarte van de bouwvoor. Een humusrijke grond heeft bij gelijke laagdikte een lichtere

bouwvoor dan een humusarme. Aangezien de gehalten steeds uitgedrukt worden in gewichtseenheden per gewichtseenheid kan het niet anders, of een Mg-bemesting moet op eerstgenoemde onmiddellijk na de toediening een sterkere stijging van het MgO-gehalte van de grond teweegbrengen dan op de humusarme grond. In de loop van de groeiperiode zou het zo ontstane verschil enerzijds geaccentueerd moeten worden door de conserverende invloed van een grotere hoeveelheid adsorberend materiaal, althans indien in die periode uitspoeling optreedt, anderzijds enigszins genivelleerd door de onttrekking van het gewas. Gezien de betrekkelijk geringe uitspoeling tijdens het eerste groeiseizoen na de bemesting stellen wij ons niettemin voor, dat de invloed van het bouwvoorgewicht bij de bepaling van het MgO-gehalte in het najaar nog doorwerkt.

Bij dit soort beschouwingen is het nuttig voor de optredende invloeden een orde van grootte aan te geven. Wij willen dit doen voor de factor bouwvoorgewicht. Voor de noordelijke zandgronden met gemiddeld 7,5 % humus kan, rekening houdende met de in ons materiaal voorkomende bouwvoordikten, een bouwvoorgewicht van $1,83 \times 10^6$ kg aangenomen worden en voor de zuidelijke $2,58 \times 10^6$ kg. Voegt men nu 150 kg MgO toe, dan kan het MgO-gehalte op de humusrijke grond maximaal $\frac{150}{1,83 \times 10^6} = 83$ mg/kg stijgen en op de humusarme $\frac{150}{2,58 \times 10^6} = 58$ mg/kg.

De verhouding van arm ten opzichte van rijk is dus 70 %. Eerder in dit hoofdstuk werd vermeld, dat voor V_1 op de noordelijke zandgrond 50 en op de zuidelijke 34 gevonden werd, hetgeen neerkomt op een verhouding van 68 %. De verhouding is dus ongeveer gelijk gebleven aan die, die op grond van verschil in bouwvoorgewicht verwacht werd. Voorts volgt uit bovenstaande cijfers, dat op de humusrijke grond in het eerste najaar $\frac{50}{83} = 60$ % van de gegeven hoeveelheid teruggevonden werd en op de humusarme $\frac{34}{58} = 59$ %. Er is dus tussen de beide gronden wel een verschil in stijging van het MgO-gehalte, maar geen verschil in teruggevonden hoeveelheid MgO. Men is dus geneigd te concluderen, dat bij V_1 evenals bij a de meer of minder sterke mogelijkheid tot adsorptie kwantitatief geen belangrijke rol speelt of dat er factoren zijn, die op humusrijke grond de invloed van de sterkere adsorptie tegenwerken.

In het eerste deel van hoofdstuk IV is gewezen op een verschil in de waarde van V_1 tussen de twee series proefvelden. Voor serie 26 was V_1 gemiddeld 43,3, voor serie 21 32,2. Het verschil is grotendeels uit een verschil in humusgehalte te verklaren. De proeven van serie 26 en 21 hadden nl. gemiddelde humusgehalten van resp. 5,9 en 4,1 %. Door substitutie van deze gehalten in formule C is te berekenen dat V_1 in serie 26 ruim 8 eenheden hoger moet liggen dan in serie 21.

De invloed van de pH op de beide parameters is meer in overeenstemming met de verwachting dan die van het humusgehalte. Immers zowel V_1 als a waren bij hoge pH gemiddeld hoger dan bij lage pH, hetgeen een groter verlies betekent op zure gronden. Wij herinneren er echter aan, dat deze invloeden niet met voldoende betrouwbaarheid konden worden aangetoond en dat zij bovendien betrekkelijk klein waren.

Daarom zijn wij van mening, dat de op onze zandgrond optredende positieve correlatie tussen pH en MgO-gehalte niet alleen op de sterkere uitspoeling bij lage pH kan berusten. Zo moeten wij bedenken dat bij toepassing van kalkmeststoffen meestal ook een zekere hoeveelheid magnesium gegeven wordt.

VI. TOEPASSING VAN DE RESULTATEN

Het is de bedoeling, dat de uitgevoerde proeven een bijdrage leveren voor de vaststelling van een bemestingsbeleid. De belangrijkste vraag daarbij is welke hoeveelheid magnesium gegeven moet worden om een goede magnesiumtoestand van de grond te krijgen en te handhaven.

Wij gaan daartoe terug naar formule A (hoofdstuk III):

$$x_1 = ax_0 + bh + c$$

x_1 = het MgO-gehalte in een bepaald najaar.

x_0 = het MgO-gehalte in het voorafgaande najaar.

h = de hoeveelheid MgO gegeven in het tussenliggende voorjaar.

a , b en c zijn constanten.

Bij een bepaalde jaarlijks toegepaste gift zal het MgO-gehalte vroeg of laat op een constant niveau, een evenwichtsniveau, komen. Dan is x_1 in de formule dus gelijk aan x_0 . Gaan we er vanuit, dat de toestand goed moet zijn (MgO-gehalte 45 volgens de Adviesbasis), dan kunnen we de daarvoor benodigde gift h uit formule A oplossen, indien a , b en c bekend zijn.

Wat de factoren a en b betreft beschikken we nu over de gegevens van twee series met tezamen 28 proefvelden. De factor a was gemiddeld over alle proefvelden 0,63. Van pH en humusgehalte kon geen statistisch betrouwbare invloed worden aangetoond. De term bh was gemiddeld 39. Deze term had betrekking op een gift van 150 kg MgO, zodat de factor b 0,26 is. Deze factor hangt sterk van het humusgehalte af (formule C, hoofdstuk IV).

De term c in formule A is slechts uit een deel van ons materiaal te berekenen, namelijk alleen uit de elf proeven van serie 21. Serie 26 geeft hierover geen informatie, omdat hierin alleen het verschil tussen twee giften (0 en 150 kg MgO) nagegaan werd.

De voor c gevonden waarden zijn in tabel 5 vermeld. Gemiddeld over de elf proefvelden was c 10,8. De standaardafwijking van dit gemiddelde is 2,66. Een invloed van het humusgehalte of van de pH kon niet worden vastgesteld.

We zouden nu met behulp van de hierboven genoemde waarden voor a , b en c de gift, die nodig is om het MgO-gehalte op 45 te houden, via formule A kunnen berekenen. Daar echter de berekening (schatting) van de waarde van c afhankelijk is van de waarden van a en b en de waarde voor c uit een kleiner deel van het materiaal berekend is dan a en b , moet de voorkeur gegeven worden aan een berekening van de gevraagde gift uit het beperkte materiaal (de elf proefvelden van serie 21); in dit materiaal konden a , b en c tegelijk berekend worden. De gemiddelde waarden voor a , b en c in dit materiaal waren 0,58, 0,21 en 10,8. Vullen we deze in in formule A, dan vinden we voor de jaarlijks toe te passen gift 39 kg MgO. Deze gift geldt dan voor een voor deze serie gemiddeld humusgehalte en pH, zijnde resp. 4,1 % en 4,65.

Het humusgehalte van serie 21 is vrijwel gelijk aan het gemiddelde van de zuidelijke zandgronden. Daarvoor kan dus als richtlijn aangehouden worden, dat jaarlijks ongeveer 40 kg MgO per ha nodig is om een goede Mg-toestand te krijgen en te behouden. Voor de noordelijke zandgronden is, zoals in het vorige hoofdstuk werd aangetoond, de verhoging van het gehalte door een Mg-bemesting 3/2 van die

op de zuidelijke zandgronden. Aannemend, dat de factor c gelijk is, kan dus in het noorden (bij $7\frac{1}{2}$ % humus) met $\frac{2}{3}$ van de in het zuiden benodigde hoeveelheid worden volstaan, dat wil dus zeggen ruwweg 30 kg.

Deze adviezen berusten zoals gezegd vnl. op de gegevens van elf proefvelden, maar we weten, dat de uit dit beperkte materiaal berekende waarden van twee parameters (a en b) goed overeenstemmen met de waarden gevonden uit een groter materiaal. Het zou geen weelde zijn nog wat meer gegevens te bewerken om ook de grootte c beter vast te stellen.

VII. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Van 1954 tot 1962 werd met behulp van elf meerjarige veldproeven een onderzoek ingesteld naar de wijzigingen in de magnesiumtoestand van bouwland op zandgrond onder invloed van bemesting met kieseriet. Over dit onderzoek werd reeds eerder gepubliceerd (Sluijsmans, 1963). Ten einde de resultaten te versterken werd in 1958 begonnen met een nieuwe serie van zeventien meerjarige veldproeven. Elk proefveld had twee objecten, nl. een object met 150 kg MgO in 1958 en een zonder MgO in dat jaar. In de daarop volgende jaren werden de proefvelden uniform bemest. Elk najaar werd van beide objecten een grondmonster genomen voor onderzoek op Mg (0,5 n NaCl-extract). De door de bemesting teweeggebrachte verhoging van het MgO-gehalte van de grond werd overeen periode van drie tot vijf jaar vervolgd.

Hoewel over de eerste serie proefvelden reeds een verslag verschenen is, werden de gegevens daarvan tesamen met die van de nieuwe serie opnieuw bewerkt en wel zodanig, dat de uitgewerkte gegevens elkaar konden aanvullen.

Het humusgehalte liep uitéén van 2,2 tot 10,0 %, de pH-KCl van 3,8 tot 6,1.

Conclusies

1. Het verband tussen de verhoging van het MgO-gehalte, veroorzaakt door een één keer toegepaste bemesting met kieseriet, en het aantal jaren na die bemesting is te beschrijven als een meetkundige reeks. Noemen we de verhoging in het eerste najaar na de bemesting V_1 , in het tweede najaar V_2 enz., dan is $V_n = a^{n-1} V_1$. De factor V_1 is de beginterm, de factor a de reden van de reeks.
2. De beginterm V_1 was gemiddeld over de elf proeven van serie 21 voor een gift van 150 kg MgO 32,2 en voor de zeventien proeven van serie 26 43,3. Gemiddeld over alle proeven was V_1 39. Omgerekend op het gemiddelde gewicht van de bouwvoor komt dit er op neer, dat in het eerste najaar na de bemesting 60 % van de gegeven hoeveelheid in de bouwvoor werd teruggevonden. Dit percentage geldt ook voor andere giften dan 150 kg MgO.
3. De reden a van de meetkundige reeks was voor serie 21 gemiddeld 0,58 en voor serie 26 0,65. Gemiddeld over alle proeven was a 0,63. Dat betekent, dat de verhoging van het MgO-gehalte in een bepaald najaar ongeveer 60 % is van die in het voorafgaande najaar. In een eerdere publikatie over serie 21 is aangetoond, dat dit percentage nagenoeg niet wordt beïnvloed door de toegepaste MgO-gift.
4. De waarden voor V_1 zowel als voor a liepen voor de afzonderlijke proefvelden sterk uiteen. De factor V_1 hangt positief en zeer significant samen met het humusgehalte van de grond; V_1 gaf ook een positieve, maar niet significante samenhang met de pH. De invloed van humus op V_1 is voor de praktijk van veel groter belang dan die van de pH.
5. De voor a gevonden waarden vertoonden een positieve, maar niet significante samenhang met de pH en geen samenhang met humus. Het eerste wil zeggen, dat de van een bemesting in de bouwvoor overgebleven hoeveelheid MgO gemiddeld minder snel afnam naarmate de pH hoger was, maar dit verband staat onvoldoende vast.

6. De van een Mg-bemesting overgebleven hoeveelheid MgO (uitgedrukt in mg MgO/kg grond) is in elk willekeurig najaar na de bemesting op de zuidelijke zandgronden met gemiddeld 4,2 % humus ongeveer 2/3 van die op de noordelijke zandgronden met gemiddeld 7,5 % humus.
7. Bij geregelde toepassing van dezelfde gift blijft het MgO-gehalte van zandgronden in het noorden op een hoger niveau liggen dan in het zuiden dank zij een invloed van het humusgehalte op V_1 .
8. Bij de invloed van het humusgehalte op V_1 speelt het bouwvoorgewicht een rol. De waarde V_1 , uitgedrukt in kg MgO per ha, bleek bij de noordelijke zandgronden even groot te zijn als bij de zuidelijke.
9. De positieve correlatie tussen MgO-gehalte van de grond en de pH, die men in de praktijk aantreft, is niet alleen een gevolg van sterkere uitspoeling van Mg bij lagere pH.
10. Met enig voorbehoud kan gesteld worden, dat voor het verkrijgen en behouden van een goed Mg-niveau op de zuidelijke zandgronden jaarlijks 40 kg MgO per ha nodig is en op de noordelijke 30 kg.

LITERATUUR

- Draisma, M.: Het produktieniveau-onderzoek. I. Teelt en bemesting op bouwland in de praktijk.
Versl. Landbouwk. Onderz. 64.9 (1958).
- Sluijsmans, C.M.J.: Wijzigingen in de magnesiumtoestand van de grond onder invloed van bemesting met kieseriet (serie 21).
P.A.W. Gestenc. Versl. van Interprov. Proeven nr. 94 (1963).