

631.423.3:546.4

HET BEPALEN VAN MAGNESIUM-CARBONAAT NĀAST CALCIUM-CARBONAAT IN GROND

door

P. BRUIN en J. TEN HAVE.

Aanleiding tot het onderzoek. Het CaCO_3 -gehalte in grond wordt in het Rijkslandbouwproefstation te Groningen volgens de methode-Scheibler bepaald. Als zuur wordt azijnzuur van 25 % gebruikt; na ongeveer $1\frac{1}{2}$ uur laten staan onder herhaald omschudden is de CO_2 -ontwikkeling geëindigd. Het was reeds lang bekend, dat zich bij de carbonaathoudende kleigronden bij gebruik van zoutzuur veel meer CO_2 ontwikkelde. Voor het geval men het totale carbonaatgehalte wilde kennen, werd daarom zoutzuur van ongeveer 8 % in plaats van azijnzuur gebruikt. In verband met het verdere grondonderzoek was voorheen het gehalte aan koolzure kalk het belangrijkste. Men meende dit gehalte het meest te benaderen, door het door azijnzuur ontlede carbonaat te nemen. Het was echter niet bekend, waaraan het koolzuur gebonden was, dat door zoutzuur méér werd ontwikkeld. Op grond van onderzoek van anderen werd aan ijzercarbonaten gedacht.

Maschhaupt en ten Have gaan op deze kwestie nader in in een pas verschenen publicatie over: „De bepaling van den kalktoestand (verzadigingstoestand) van kleigronden”¹⁾, aangezien er bij den tegenwoordigen stand van het grondonderzoek niet alleen aandacht besteed moet worden aan het calcium, maar ook aan de andere basische kationen. Er moet dan onderscheid worden gemaakt tusschen de basische kationen, die adsorptief aan de klei en de humus gebonden zijn (de z.g. uitwisselbare basen) en de kationen, die op andere wijze, vnl. aan het carbonaation, zijn gebonden. Het gehalte aan uitwisselbare basen wordt in het proefstation in carbonaatvrije gronden bepaald door extractie met 0.1 n zoutzuur, waarbij dan door titratie van het overgebleven zuur de som der uitwisselbare basen (Ca, Mg, K, Na en NH_4) wordt bepaald. Bij carbonaathoudende gronden was het nu de vraag, welk gehalte aan carbonaat van de totale hoeveelheid geneutraliseerd zoutzuur moest worden afgetrokken, om het gehalte aan uitwisselbare basen te krijgen. Wanneer het verschil tusschen het met HCl resp. azijnzuur bepaalde carbonaatgehalte aan ijzercarbonaat zou moeten worden toegeschreven, zou azijnzuur bij de bepaling van het carbonaatgehalte gekozen moeten worden, aangezien bij gebruik van den indicator phenolphthaleïne over het door ontleding van ijzercarbonaat ontstane FeCl_2 (resp. FeCl_3) wordt heen getitreerd. Door Maschhaupt en ten Have wordt echter ook aan de mogelijkheid van de aanwezigheid van magnesiumcarbonaat gedacht.

¹⁾ Verslagen van Landbouwk. Onderz. No. 40 A 1934, blz. 695.

Om eenig denkbeeld te geven van de verschillen in carbonaatgehalte, die door gebruik van HCl resp. azijnzuur worden gevonden, laten wij hier tabel I volgen, die uit de reeds genoemde publicatie is overgenomen.

Tabel I.
 Verschil perc. CaCO_3 „azijnzuur” en CaCO_3 „HCl”.

CaCO ₃ met azijnzuur %	Gemiddeld CaCO ₃ -gehalte		Zoutzuur hooger dan azijnzuur	Aantal mon-sters
	azijnzuur %	Zoutzuur %		
0— 0.11	0.06	0.12	0.06	58
0.11— 0.21	0.15	0.28	0.13	40
0.21— 0.51	0.31	0.58	0.27	44
0.51— 0.81	0.64	1.06	0.42	37
0.81— 1.21	1.01	1.52	0.51	24
1.21— 3.01	2.03	2.88	0.85	42
3.01— 5.01	3.61	4.66	1.05	26
5.01—16.5	7.85	9.26	1.41	20

Methode van bepalen. Om iets te weten te komen over de aan het carbonaation gebonden kationen, hebben wij de uitwisselbare basen door behandeling van den grond met een BaCl_2 -oplossing door Ba vervangen. Hiertoe werd 10 g grond met 100 cm³ van een normaal BaCl_2 -oplossing overgoten; onder herhaald omschudden liet men de suspensie staan tot den volgenden dag, waarna de grond op het filter gebracht en uitgewasschen werd met de BaCl_2 -oplossing, tot in het filtraat geen calcium meer was aan te toonen (in totaal ruim 400 cm³ vloeistof). Daarna werd de grootste hoeveelheid BaCl_2 door uitwasschen met water verwijderd. Na deze Ba-voorbehandeling werd de grond met zoutzuur resp. azijnzuur behandeld. In dit zure extract konden dan CaO en MgO worden bepaald, waarvan zou kunnen worden aangenomen, dat ze van de carbonaten afkomstig waren.

Het was a priori lang niet zeker, dat deze wijze van werken tot het beoogde doel zou leiden. Immers omzetting van CaCO_3 en eventueel aanwezig MgCO_3 door de BaCl_2 -behandeling was geenszins buitengesloten, hetgeen uit de oplosbaarheidsproducten van MgCO_3 , CaCO_3 en BaCO_3 moege volgen (resp. 1.5×10^{-4} , 0.95×10^{-3} en 2×10^{-9}). Behandelt men dan ook gepraecipiteerd, dus zeer fijn verdeeld CaCO_3 , op soortgelijke wijze als hierboven is beschreven, met BaCl_2 -oplossing, dan wordt wel terdege BaCO_3 gevormd. Zoo werd van 500 mg gepraecipiteerd CaCO_3 door genoemde behandeling 121 mg omgezet, terwijl uitgaande van 200 mg gepraecipiteerd MgCO_3 155 mg door omzetting in BaCO_3 verdween. Behandeling van 200 mg gepraecipiteerd MgCO_3 met 500 cm³ n CaCl_2 -oplossing had een omzetting van 137 mg MgCO_3 in CaCO_3 tengevolge.

De verkregen resultaten hebben echter bewezen, dat de hierboven genoemde omzettingen der carbonaten in den grond in het geheel niet of slechts in zeer geringe mate plaats grijpen. Dit zal zeer waarschijnlijk aan de geringere fijnheid der deeltjes moeten worden toegeschreven. Het is dus praktisch mogelijk gebleken een scheiding te maken tusschen adsorptief gebonden CaO resp. MgO en aan CO_2 gebonden CaO en MgO. Het is duidelijk, dat langs dezen weg ook kan worden nagegaan, welke carbonaten in azijnzuur en welke in zoutzuur oplossen.

In één geval hebben wij den grond i.p.v. met

BaCl₂ met CaCl₂ resp. MgCl₂ voorbehandeld. Het is dan natuurlijk alleen maar mogelijk de hoeveelheid MgCO₃ resp. CaCO₃ te bepalen. Aangezien MgCl₂ geen CaCO₃ omzet, schijnt het, dat deze behandeling bij uitstek geschikt zou zijn om zonder kans op omzettingen CaCO₃ alléén te bepalen. Wij moeten echter bedenken, dat bij behandeling van den grond met een MgCl₂-oplossing adsorptief gebonden calcium wordt uitgewisseld, zoodat het a priori niet buitengesloten is, dat MgCO₃ in CaCO₃ omgezet wordt. Wanneer echter bij de behandeling van den grond met BaCl₂ geen merkbare omzetting plaats grijpt, zal deze a fortiori bij behandeling met CaCl₂ resp. MgCl₂ uitblijven.

Op het aanbrengen van één correctie moeten wij nog iets nader ingaan. Na de voorbehandeling met BaCl₂-oplossing wordt de grond voor het in oplossing brengen der carbonaten met zuur behandeld. De vraag ligt nu voor de hand, of door deze behandeling mogelijk nog CaO en MgO in oplossing gaat, dat niet aan CO₂ gebonden is en toch niet door de BaCl₂-oplossing wordt verwijderd. Wij denken aan aantasting der mineralen door behandeling met zuren, aan het in oplossing gaan van silicaten, fosfaten, enz. IJzerverbindingen gaan bij deze behandeling zeer zeker in oplossing, zoodat het niet wel mogelijk zal zijn langs dezen weg uit te maken, of er mogelijk ook nog ijzercarbonaat in den grond aanwezig is.

Om omtrent de aan te brengen correctie eenige aanwijzing te krijgen, hebben wij een paar carbonaatvrije gronden, die van dezelfde bodemformatie waren als de behandelde carbonaathoudende gronden, na de gebruikelijke BaCl₂-voorbehandeling, met zuur behandeld. Het kleigehalte van de gronden hebben wij zooveel mogelijk gelijk gekozen. In onderstaande tabel II zijn eenige karakteristieke gegevens van de bij dit onderzoek gebruikte grondmonsters vermeld.

Tabel II.

No.	Herkomst	Zand %	Klei < 20 μ	Humus %
Dollardafzetting:				
P.B. 141	Proefboerderij Nw. Beerta	25	71	4.2
G.O. 79	Nieuwland	17	79	2.8
O.N. 6	Oud-Nieuwland	19	76	2.2
G.O. 81	Reiderwolderpolder	24	66	2.7
Ijsselmonde:				
29494	Smeetsland	8	88	4.2
29420	Deyffelsche polder	32	64	3.0
29430	Jan Wals buitenland	28	63	2.9
44012	Zavelgrond uit Eenrum (op terrein proefstation)	73	23	1.3
51751	Proefveld Afferden (Betuwe) Consulentschap Zuid- Gelderland	64	33	1.9
40256	Gulpen (Limburg)	56	35	2.7

PB 141 is van de genoemde Dollardgronden het carbonaatvrije monster, terwijl ook 29494, afkomstig van Ijsselmonde, geen carbonaat bevat en met de beide andere monsters van Ijsselmonde vergeleken kan worden. Van de andere genoemde typen hebben wij geen vergelijk met carbonaatvrije gronden getrokken.

Bij PB 141 werd na behandeling met BaCl₂ door zoutzuur nog 2.7 millival CaO en 3.2 millival MgO opgelost per 100 g drogen grond, terwijl deze cijfers

voor azijnzuur resp. 0 en 2.8 bedroegen. Bij 29494 waren deze getallen voor zoutzuur resp. 0.5 CaO en 4.5 MgO, terwijl in azijnzuur geen CaO en MgO meer oploste.

Men kan deze cijfers voor de carbonaathoudende gronden als correctie in rekening brengen. Wij zijn ons in dit geval natuurlijk bewust, dat dit maar een eerste benadering is.

Gevolgte analysemethoden. Ter bepaling van CaO en MgO in het zure extract wordt, na de acetaatscheiding ter verwijdering van Fe, Al en P₂O₅²⁾, barium met zwavelzuur neergeslagen. Daarna wordt calcium als oxalaat neergeslagen en titrimetrisch met permanganaat bepaald. In het filtraat wordt MgO na afrooken van de NH₄-zouten volgens de oxychinolinemethode bepaald³⁾. De MgO-bepalingen zijn ten deele ook volgens de methode Schaffgott⁴⁾ bepaald.

Bij de uitvoering van de methode Scheibler worden ter uitschakeling van den invloed van temperatuur en druk bepalingen met 100 % CaCO₃ aangezet.

Resultaten. In tabel III zijn de verkregen resultaten samengevat.

In de kolommen 4 en 7 der linkerhelft van deze tabel zijn de CaO- resp. MgO-cijfers vermeld, die in het 8 % HCl-extract van den met BaCl₂ behandelde grond gevonden zijn. De som van CaO en MgO staat in kolom 8, terwijl in kolom 9 de correctie toegepast is, die in het vorige hoofdstuk genoemd wordt. Als correctie voor de laatste drie monsters is het gemiddelde genomen van den Dollard- en Ijsselmondegrond. In kolom 10 is het aantal millival CO₂ vermeld, dat zich bij gebruik van 8 % zoutzuur uit de carbonaten van den grond ontwikkelde. Wanneer dus slechts Mg- en Ca-carbonaten in den grond aanwezig waren en voor alle gebruikte gronden de gekozen correctie geldigheid had, zouden de getallen van de kolommen 9 en 10 gelijk moeten zijn. Hieraan ontbreekt nog wel het een en ander.

De conclusie, die uit de cijfers getrokken kan worden is, dat het totale carbonaatgehalte praktisch geheel uit calcium- en magnesiumcarbonaat bestaat. Aan de onzekerheid der correctie en aan analysefouten zal het moeten worden toegeschreven, dat de cijfers niet zoo heel mooi kloppen.

In het Limburgsche monster 40256 is slechts zeer weinig MgCO₃ aanwezig. De kolommen van de rechterhelft der tabel geven analoge cijfers voor het gedeelte der carbonaten, dat in azijnzuur oplosbaar is.

Het grondmonster ON 6 is i.p.v. met n BaCl₂-oplossing ook nog met n CaCl₂-oplossing voorbehandeld. In 8 % zoutzuur ging daarna in oplossing 16.3 millival MgO. Na voorbehandeling met n MgCl₂-oplossing werd in het zoutzuur-extract 54 millival CaO gevonden. Deze cijfers komen dus zeer goed overeen met die, welke na voorbehandeling met BaCl₂ zijn verkregen, waarbij resp. 16.4 en 53.4 werd gevonden.

In tabel IV zijn de resultaten der bepalingen volgens Schleiber vermeld, die aan de in tabel III als gemiddelde opgegeven CO₂-cijfers ten grondslag liggen. Na de BaCl₂-voorbehandeling is ook nog vaak een CO₂-bepaling verricht.

²⁾ Treadwell II, 1930, blz. 126.

³⁾ R. Berg, Z. anal. Chem. 71, 23 (1927).

⁴⁾ Treadwell II, 1930, blz. 60.

Tabel III.

	Behandeling met zoutzuur na BaCl ₂								CO ₂ met HCl	Behandeling met azijnzuur na BaCl ₂				CO ₂ met azijnzuur
	CaO			MgO			CaO + MgO	CaO + MgO aan CO ₂		CaO	MgO	CaO + MgO	CaO + MgO aan CO ₂	
	1e bep.	2e bep.	Gemidd.	Oxin meth.	Schaffgott	Gemidd.								
P.B. 141			2.7			3.2	6		0	0	2.8	3		0
G.O. 79	30.7	33.5	31.8	15.6	14.6	15.1	47	41	43	20.8	4.0	25	22	24
O.N. 6			53.4			16.4	70	64	69	38.9	7.9	47	44	43
G.O. 81	167.2	164.2	165.7	22.0	22.7	22.4	188	182	185	143.6	8.4	152	149	158
29494	0	1.0	0.5	4.8	4.1	4.5	5		0	0	0	0	0	0
29420	47.8	49.6	48.7			22.5	71	66	65	28.2	5.3	34	34	34
29430	145.0	140.0	142.5	34.5	33.7	34.1	177	172	177	115.7	11.4	127	127	123
44012	67.1	64.1	65.6	14.3	13.4	13.9	80	74	75	51.0	3.0	54	53	57
51751	37.3	37.8	37.6	13.1	13.8	13.5	51	46	47	25.3	2.7	28	27	29
40256	142.7	139.7	141.2	4.2	5.4	4.8	146	141	149	136.1	1.6	138	136	149

De gehalten zijn aangegeven in milligramaequivalenten per 100 g drogen grond.

Tabel IV.

	CO ₂ met zoutzuur (m. aeq.)			CO ₂ met azijnzuur (m. aeq.)		
	na BaCl ₂	Oorspr. monster	Gemidd.	na BaCl ₂	Oorspr. monster	Gemidd.
P.B. 141			0			0
G.O. 79	42.4	42.2—43.0	43	43.4	24.6—24.0	24
O.N. 6	69.0		69		43	
G.O. 81	184.2—185.6	183.8	185		158.6—156.6—158.4	158
29494			0			0
29420	63.4—67.0	64.0—64.4—66.2	65		30.0—35.4—35.4 35.4	34
29430	181.4—173.4	174.8	177		120.4—124.8—123.8	123
44012	75.2—75.8	76.6	75		55.4—58.2—58.0	57
51751	43.8—46.4	49.2—49.2	47		30.2—28.2—29.4	29
40256	145.4—144.6	146.6—159.8	149		144.0—148.2—149.8—152.2	149

Tabel V.

Berekening van de carbonaten.

	Carbonaten, ontleed met zoutzuur						Carbonaten, ontleed met azijnzuur					
	CaCO ₃ m. aeq.	MgCO ₃ m. aeq.	CaCO ₃ + MgCO ₃ m. aeq.	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %	CaCO ₃ + MgCO ₃ %	CaCO ₃ m. aeq.	MgCO ₃ m. aeq.	CaCO ₃ + MgCO ₃ m. aeq.	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %	CaCO ₃ + MgCO ₃ %
G.O. 79	29	12	41	1.45	0.50	1.95	21	1	22	1.05	0.05	1.10
O.N. 6	51	13	64	2.55	0.55	3.10	39	5	44	1.95	0.20	2.15
G.O. 81	163	19	182	8.15	0.80	8.95	144	6	150	7.20	0.25	7.45
29420	48	18	66	2.40	0.75	3.15	28	5	33	1.40	0.20	1.60
29430	142	30	172	7.10	1.25	8.35	116	11	127	5.80	0.45	6.25
44012	64	10	74	3.20	0.40	3.60	51	2	53	2.55	0.10	2.65
51751	36	10	46	1.80	0.40	2.20	25	1	26	1.25	0.05	1.30
40256	140	1	141	7.00	0.05	7.05	136	0	136	6.80	0	6.80

Tabel VI.

	CaCO ₃ in procenten v. totaal carb. (zoutzuur)	MgCO ₃ in procenten v. totaal carb. (zoutzuur)	"CaCO ₃ -azijnzuur" in proc. van "CaCO ₃ totaal"	"MgCO ₃ -azijnzuur" in proc. v. "MgCO ₃ totaal"	CaCO ₃ in millival per 100 g gr., niet opl. in azijnzuur	MgCO ₃ in millival per 100 g gr., niet opl. in azijnzuur	MgCO ₃ totaal
G.O. 79	71	29	72	8	8	11	12
O.N. 6	80	20	76	38	12	8	13
G.O. 81	90	10	88	32	19	13	19
29420	73	27	58	28	20	13	18
29430	83	17	82	37	26	19	30
44012	86	14	80	20	13	8	10
51751	78	22	69	10	11	9	10
40256	99	1	97	0	4	1	1

In tabel V zijn de verkregen resultaten, zoowel in millival per 100 g drogen grond als in percenten CaCO_3 resp. MgCO_3 , op den drogen grond betrokken, vermeld. Bij deze cijfers is de reeds eerder genoemde correctie toegepast.

In de kolommen 2 en 3 der linkerhelft van tabel VI zijn de millival aan CaCO_3 resp. MgCO_3 in percentages van het totaal carbonaatgehalte aangegeven (hierbij is voor het totaal carbonaatgehalte de som van CaCO_3 en MgCO_3 genomen). Wanneer de Limburgsche grond 40256 wordt uitgeschakeld, wordt dus gemiddeld 80 % aan CaCO_3 en 20 % aan MgCO_3 gevonden. Wanneer wij bedenken, dat de nummers, zoowel bij de Dollardgronden als bij de beide gronden van IJsselmonde naar stijgend carbonaatgehalte gerangschikt zijn, zien wij duidelijk, dat bij voortschrijdende uitlooging MgCO_3 relatief minder snel wordt uitgespoeld, hetgeen in overeenstemming is met het feit, dat het in veel mindere mate aantastbaar blijkt te zijn. Dit laatste volgt duidelijk uit de kolommen 4 en 5 van dezelfde tabel, waaruit te lezen is, dat CaCO_3 voor verreweg het grootste percentage reeds in azijnzuur oplost, terwijl MgCO_3 grootendeels pas in zoutzuur oplosbaar is. Er lost echter ook nog wel MgCO_3 in azijnzuur op, terwijl in azijnzuur nog niet alle CaCO_3 in oplossing gaat. Uit de geanalyseerde monsters volgt, dat, wanneer men het met azijnzuur ontwikkelde CO_2 als maatstaf neemt voor de aanwezige hoeveelheid CaCO_3 , te lage cijfers worden genomen. Dit volgt duidelijk uit de vergelijking der 4e kolom der linkerhelft van tabel 3 (na aftrek van de correctie) met de 5e kolom der rechterhelft van tabel 3. Bij gebruik van zoutzuur krijgt men voor koolzure kalk cijfers, die nog méér naar den te hoogen kant afwijken.

In de eerste twee kolommen der rechterhelft van tabel 6 hebben wij in millival per 100 g grond aangegeven de hoeveelheden CaCO_3 resp. MgCO_3 , die niet in azijnzuur oplossen. De hoeveelheden CaCO_3 zijn op één uitzondering na hooger dan de MgCO_3 -hoeveelheden. In kolom 3 zijn de totale hoeveelheden MgCO_3 genoemd, die gevonden zijn. Deze cijfers komen aardig overeen met de cijfers die voor in azijnzuur onoplosbaar CaCO_3 zijn gevonden. Mogelijk is hierin een aanwijzing gelegen, dat wij naast CaCO_3 met een moeilijk aantastbare verbinding $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ te maken hebben.

Om zeker te zijn, dat wij met 8 % zoutzuur alle carbonaten bepaalden, hebben wij nog een paar gronden met zoutzuur van 30 % behandeld. Wij hebben hiervoor een paar monsters met een laag carbonaatgehalte uitgekozen uit de overweging, dat de carbonaten, die het moeilijkst worden aangetast, wel het langst in den grond zouden achterblijven. Wij vonden bij twee Dollardgronden, PB 15 en 16, in 30 % zoutzuur resp. 0.32 en 0.38 % als CaCO_3 omgerekend carbonaat, terwijl in zoutzuur van 8 % 0.34 resp. 0.41 werd gevonden. Deze verschillen vallen binnen de foutengrens.

Slotopmerking. Uit de hierboven genoemde gegevens blijkt zeer duidelijk, dat MgCO_3 in onze zee- en rivierkleiafzettingen aanwezig is. Het vermoeden van Hissink, dat in ons humide klimaat de carbonaathoudende gronden geen koolzure magnesia, maar alleen koolzure kalk zouden bevatten⁵⁾, vindt dus geen bevestiging. Hissink meende uit het feit, dat voortgaande extractie met NH_4Cl geen magnesium doch alleen maar calcium in oplossing brengt, te mogen concludeeren tot het afwezig zijn van MgCO_3 . Wij hebben hier blijkbaar te maken met de omstandigheid, dat NH_4Cl evenmin als BaCl_2 in staat is het in den grond voorkomende MgCO_3 om te zetten.

Samenvatting. Het is reeds lang bekend, dat behandeling van carbonaathoudende zee- en rivierkleigronden met zoutzuur veel meer CO_2 -ontwikkeling geeft dan bij gebruik van azijnzuur. Het is ons gelukt, door voorbehandeling van den grond met n BaCl_2 -oplossing, een scheiding teweeg te brengen tusschen de adsorptief gebonden basen en de carbonaten. De resultaten brachten aan het licht, dat er bij deze behandeling practisch geen omzetting plaats greep tusschen de aanwezige carbonaten en BaCl_2 . Door hieropvolgende behandeling met azijnzuur resp. zoutzuur kon worden nagegaan, waaraan CO_2 voornamelijk gebonden is. Wij vonden bij de door ons geanalyseerde gronden gemiddeld 80 % CaCO_3 en 20 % MgCO_3 (wanneer de hoeveelheden werden aangegeven in millival per 100 g grond). In azijnzuur wordt verreweg het grootste gedeelte van het aanwezige CaCO_3 opgelost en een klein gedeelte van het in totaal aanwezige MgCO_3 . Neemt men het door azijnzuur ontwikkelde CO_2 als basis voor het gehalte aan CaCO_3 , dan heeft men te lage cijfers, terwijl bij het nemen van het door zoutzuur ontwikkelde CO_2 als maatstaf voor het CaCO_3 -gehalte in sterkere mate te hooge cijfers gevonden worden.

Door de hoeveelheid CaCO_3 (in millival per 100 g grond), die niet door azijnzuur werd opgelost, te vergelijken met het totaal gehalte aan MgCO_3 , werd een aanwijzing verkregen, dat mogelijk naast CaCO_3 een moeilijk aantastbare verbinding $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ aanwezig zou kunnen zijn.

In tegenstelling met de tot nu toe heerschende opvatting is met zekerheid gebleken, dat er in onze carbonaathoudende rivier- en zeelei-afzettingen MgCO_3 voorkomt. In een monster Limburgsche grond (klevenerd) bleek echter nagenoeg geen MgCO_3 aanwezig te zijn. Bij de hiervóór genoemde gemiddelde cijfers hebben wij dezen grond buiten beschouwing gelaten.

Groningen, Rijkslandbouwproefstation.

⁵⁾ Verslagen van Landbouwk. Onderz. XXLV, 166 (1920).