INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID, GRONINGEN

KALKTOESTAND VAN DE GROND EN OPBRENGST VAN BIETEN OP ZAND- EN DALGROND

WITH A SUMMARY

LIME STATUS OF THE SOIL AND YIELD OF BEETS
(SUGAR AND FODDER BEETS AND MANGOLDS)
ON SANDY AND SANDY PEAT SOILS

C. M. J. SLUIJSMANS

K. BOSKMA

CENTRUM VOOR

LANDBOUWPUBLIKATIES EN pudoc LANDBOUWDOCUMENTATIE

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. NO. 65.18 — WAGENINGEN — 1959

INHOUD

Blz.

I. INLEIDING 5

II. BESCHRIJVING VAN HET GEBRUIKTE MATERIAAL 9

III. BEWERKING VAN DE GEGEVENS 10

IV. RESULTATEN 14

1. Het verband tussen opbrengst en verschillen in kalktoestand, ontstaan door vroegere bekalking 14
2. Het verschil in effect van een vroegere en van een recente bekalking . 17
3. Kalk oppervlakkig of diep inwerken 20
4. De samenhang tussen het gehalte aan organische stof van de grond en de gewenste pH 24
5. De samenhang tussen de minerale bemesting en de gewenste pH . . . 27
   a. Stikstof 27
   b. Fosfaat 29
   c. Kali 29
   d. Magnesium 30
6. De invloed van stalmest op het verband tussen opbrengst en pH . . . 30
7. De samenhang tussen de gewenste pH en de vruchtbaarheid van de grond 32
8. Het verschil in pH-gevoeligheid van suiker- en voederbieten 32

CONCLUSIES 34

SUMMARY 36

LITERATUUR 38

I. INLEIDING

In vorige publikaties zijn door BRUIN (1936) en VISSER (1939, 1943) samenvattende beschouwingen gegeven over de invloed van de kalktoestand op de opbrengst van rogge, gerst, haver en aardappelen. De betekenis van de kalktoestand voor suikerbieten is aan een beperkt materiaal door VISSER (1938) gedemonstreerd. CASTENMILLER (1948) berekende voor dit gewas en voor de meest voorkomende andere gewassen het gemiddelde verband tussen opbrengst en pH, om met behulp daarvan de beste pH voor elk bouwplan te kunnen aangeven.

Het aantal gegevens over bieten dat op kalkproefvelden verkregen is, is sindsdien sterk toegenomen. Een poging tot samenvatting bood een goede kans op succes om de grootte van de invloed van de pH op de opbrengst van dit gewas nauwkeurig vast te stellen.

Bieten nemen een belangrijke plaats in het bouwplan op de zand- en dalgronden in. Zoals bekend gedragen zij zich ten opzichte van de kalktoestand geheel anders dan de op deze grondsoorten meest verbouwde gewassen, aardappelen, rogge en haver. Door hun afwijkend gedrag en de vrij grote oppervlakte die zij innemen, hebben bieten een grote invloed op het niveau, waarop de kalktoestand voor het bouwplan als geheel moet worden ingesteld. Het is daarom van belang om het verband tussen pH en opbrengst van dit gewas zo nauwkeurig mogelijk te kennen.

Van groot belang is het ook om factoren op te sporen die dit verband zouden kunnen wijzigen. Zou men dergelijke factoren kunnen beheersen, dan zou de ongunstige invloed van een te lage pH belangrijk kunnen worden verzwakt. Dit zou vooral voor de gebieden met een groot aardappelareaal, waar de vrees voor schurft de kalktoestand laag doet houden, van voordeel kunnen zijn.

Uit het hier beschreven onderzoek kon een gemiddeld verband tussen opbrengst en pH worden vastgesteld en konden bovendien enkele factoren die invloed hebben op dit verband, worden aangewezen.

Het is de bedoeling om het materiaal later te gebruiken voor een onderzoek naar de wezenlijke oorzaken van de slechte groei bij lage pH, voor zover die nog niet bekend zijn. De sterke reactie van de biet op verschillen in kalktoestand maakt dit gewas geschikt om een poging in deze richting te ondernemen. Voor dit onderzoek zal nog aanvullend grondonderzoek nodig zijn. Wij meenden echter goed te doen om de tot nu toe verkregen resultaten, die min of meer een afgerond geheel vormen, reeds nu in een publikatie vast te leggen.

De biet reageert reeds in het jeugdstadium op verschillen in kalktoestand (MEYER en HUDIG, 1929). Sommige auteurs vermelden een minder goede opkomst bij lage pH (DEMORTIER e.a. 1950, BAKERMANS en HAMMING, 1955). Zelf hebben wij echter in verschillende gevallen een normale opkomst geconstateerd, maar kort hierna stagneert de groei en vallen de plantjes vaak weg. De bieten die het jeugdstadium overleven, groeien daarna weer beter door. Volgens GOEDEWAAGEN (1942) en SIMON (1950) ontstaan vaak bij deze bieten vertakte wortels. Van een slecht ontwikkeld wortelstelsel wordt ook gesproken door WATSON en RUSSELL (1945).

Overmaat aan oplosbare aluminiumverbindingen schijnt een van de belangrijkste oorzaken voor de slechte groei bij lage pH te zijn. Dit remt de wortelontwikkeling, de wortels kleuren bruinachtig of worden necrotisch, waardoor jonge plantjes kunnen wegvallen. Het loof is donkergroen en doet denken aan fosfaatgebrek (SIMON, 1950). Vooral de suikerbiet is gevoelig voor overmaat aan aluminiumverbindingen.

BAKERMANS en HAMMING (1955) wijzen op de mogelijkheid van calcium- en magnesiumgebrek als oorzaken van de slechte groei bij lage pH. Voor percelen met een hoog magnesiagehalte van de grond gaf het verband tussen opbrengst en pH een vlakkere curve dan voor de percelen met laag magnesiagehalte. SIMON (1950) spreekt verder over vergiftiging door oplosbare mangaan-, ijzer-, zink- of koperzouten, over vastlegging van fosfaat en over storingen in de stikstofvoorziening van de plant door onvoldoende microbiologische activiteit bij lage pH van de grond.

In verband met het optreden van borium- en mangaangebrek geven sommige auteurs een pH-grens aan, die niet overschreden mag worden. Voor de teelt van suikerbieten op lichte gronden adviseert MATTHIES (1932) niet hoger te bekalken dan tot pH (H_2O) 7,5.

Volgens alle geraadpleegde literatuur vragen bieten een hoge pH. ARRHENIUS (1951) vermeldt een pH (H_2O)-waarde van 7,3 als optimum voor de teelt van suikerbieten op de Zweedse suikerbietgronden. Bij pH (H_2O) 6,0 zou de opbrengstdepressie door te lage pH reeds 20% zijn. MATTHIES (1932) noemt eveneens pH (H_2O) 7,3–7,5 optimaal voor suikerbieten in Mecklenburg. Volgens proeven van GERICKE (1951) blijft de opbrengst van suikerbieten bij pH 6–7 5% beneden de opbrengst bij pH 7,0, bij pH 5–6 10%. Voor suikerbieten op Franse leemgronden is volgens JORET (1931) een pH (H_2O) van 7,2–7,5 gewenst. SIMON (1950) adviseert voor de cultuur van suikerbieten op Belgische kleigronden bekalking tot pH (H_2O) 7,0, voor zandgrond tot 6,5. SPURWAY (1944, Amerika) noemt het pH (H_2O)-traject tussen 6,5 en 8,0 optimaal voor suikerbieten indien de overige bodemomstandigheden gunstig zijn. Gevaar voor ernstige schade zou optreden beneden pH 5,5 en boven pH 8,5. De eisen van voederbieten zouden ongeveer 0,5 pH-eenheid lager liggen. Voor de teelt van suikerbieten op Nederlandse zandgronden ligt volgens MEYER en HUDIG (1929) het optimum bij pH (H_2O) 6,0–6,5, volgens CASTENMILLER (1948) zelfs boven 6,5. Voor kleigronden noemt CASTENMILLER 7,5. Evenals ARRHENIUS vindt hij op kleigrond bij pH 6,0 reeds een opbrengstdepressie van 20%, op zandgrond echter aanzienlijk minder. Ook volgens VISSER (1938) ligt het pH-optimum voor suikerbieten hoog; onder normale omstandigheden zou de pH (H_2O) op zandgrond zelfs boven 7,0 moeten zijn, onder bijzonder gunstige milieu-omstandigheden zou echter bij veel lagere pH een maximale groei mogelijk zijn. BAKERMANS en HAMMING (1955) beschrijven het verband tussen opbrengst van voederbieten en pH op zandgrond als een steil verlopende curve van lage pH-waarden tot pH (H_2O) 5,8, waarboven de lijn sterk afvlakt, maar omhoog blijft lopen tot de hoogste waarde, die in hun onderzoek betrokken was (pH–H_2O 6,5). Dit resultaat, dat gevonden werd uit in 1948 verzameld materiaal, werd niet gedekt door de in 1949 verkregen gegevens. Het verband tussen pH en opbrengst bleek toen door een vlakker lopende lijn te kunnen worden weergegeven.

Uit dit overzicht blijkt, dat de literatuur op enkele plaatsen aanknopingspunten

geeft voor verder onderzoek naar factoren, die het verband tussen pH en opbrengst van bieten kunnen wijzigen. Behalve de meer bekende factoren als grondsoort en type biet (voeder- of suikerbiet) wordt de aandacht gevestigd op magnesium en op niet nader gedefinieerde bodem- of milieu-omstandigheden. Enkele van de factoren, die hieronder gerangschikt zouden kunnen worden, hebben wij op hun betekenis getoetst.

TABEL 1. Overzicht van de gebruikte oogstjaren – *Survey of the experiments used for this paper*

Geen recente bekalking – *Not recently limed*

Geen stalmest – *No farmyard manure*												Met stalmest – *Farmyard manure*			
Zandgrond, Voederbieten – *Sandy soil, Fodderbeets and Mangolds*															
Pr	10-1956	WF	138-1934	WD	271-1956	OO	353-1928	U	654-1952			Pr	10-1956	WD	73-1955
Pr	145-1934	WF	139-1936	WD	271-1956*	OO	353-1932	U	692-1953			WF	138-1934	WD	75-1953
Pr	145-1952	WF	140-1936	OD	52-1952	OO	353-1936	WB	1445-1954			WF	139-1936	PO	4-1944
Pr	145-1952*	WF	141-1935	OD	57-1951	OO	354-1936	WB	1445-1956			WF	140-1936	OO	353-1928
Pr	263-1949	ZWF	207-1947	WD	102-1936	OO	355-1940	WB	1447-1951			WF	141-1935	OO	353-1936
Pr	754-1951	ZWF	329-1950	WD	114-1933	OO	1165-1951	WB	1522-1951			D	557-1954	OO	354-1936
Pr	977-1956	D	225-1948	PO	3-1944	OO	1214-1950	NL	90-1955			WD	61-1953	NGe	15-1952
Pr	1081-1951	D	557-1950	OO	351-1932	NGe	15-1952	L	1103-1950			WD	64-1953	U	485-1951
Pr	1554-1954	WD	63-1954	OO	351-1936	NGe	15-1952*	L	1114-1953			WD	64-1956	WB	1445-1956
								L	1327-1951						
Zandgrond, Suikerbieten – *Sandy soil, Sugar beets*															
Pr	4-1922	Pr	4-1929	Pr	10-1924	Pr	837-1949	WB	1448-1955			Pr	837-1949		
Pr	4-1925	Pr	4-1931	Pr	145-1949	OO	1186-1948	WB	1448-1955*			OO	1186-1948		
Dalgrond, Voederbieten – *Reclaimed peat soil, Fodderbeets and Mangolds*															
Pr	32-1955											Pr	119-1952		
Pr	119-1952											Pr	120-1952		
Pr	120-1952														
Dalgrond, Suikerbieten – *Reclaimed peat soil, Sugar beets*															
Pr	13-1925	Pr	120-1949									Pr	119-1949		
Pr	16-1924	Pr	836-1949									Pr	120-1949		
Pr	119-1949											Pr	836-1949		

Recent bijgekalkt – *Recently limed (and also formerly limed)*

Geen stalmest – *No farmyard manure*						Met stalmest – *Farmyard manure*		
Zandgrond, Voederbieten – *Sandy soil, Fodderbeets and Mangolds*								
Pr	10-1929	D	558-1953	WO	372-1942	Pr	10-1952	Ve 482-1952
Pr	10-1952	WD	67-1952	OO	354-1931	Pr	77-1933	Ve 1003-1956
Pr	77-1933	WD	205-1954	OO	1164-1951	WD	62-1952	Ve 1003-1956*
Pr	263-1941	OD	208-1954	NGe	117-1937	WD	65-1953	
NGr	33-1935	WO	107-1936			WD	70-1952	
Dalgrond, suikerbieten – *Reclaimed peat soil, Sugar beets*								
Pr	4-1934	Pr	24-1934					
Pr	24-1936	WD	71-1952					

Recent bekalkt – *Recently limed (not limed formerly)*

Geen stalmest – *No farmyard manure*						Met stalmest – *Farmyard manure*	
Zandgrond, Voederbieten – *Sandy soil, Fodderbeets and Mangolds*							
Pr	1554-1954	WD	67-1950	ZGe	598-1947	OF	204-1934
ZWF	375-1950	WD	204-1953	L	353-1938	WF	141-1934
OF	204-1934	OD	866-1940			WD	160-1951
WF	141-1934	ZGe	13-1933				
Zandgrond, Suikerbieten – *Sandy soil, Sugar beets*							
Pr	83-1929						
OF	80-1934						

* Met Mg-bemesting – *Ample Mg-supply.*

II. BESCHRIJVING VAN HET GEBRUIKTE MATERIAAL

Van alle in de loop der jaren op zand- en dalgrond in Nederland genomen kalktrappen-proeven, waarvan voldoende betrouwbare en volledige gegevens verkregen werden, werden de resultaten van de proefjaren met bieten verzameld. In totaal bleken 81 proefvelden, die tezamen 103 proefjaren met bieten opleverden, bruikbaar te zijn. Het kaartje (FIG. 1) geeft een beeld van de ligging van deze proefvelden. In TABEL 1 wordt een overzicht van de gebruikte oogstjaren gegeven.

De tabel is ingedeeld in een groep van proefjaren, waarbij in hetzelfde voorjaar geen kalk gegeven werd en een groep, waarbij dit wel het geval was. Bij de laatste groep is weer een onderverdeling gemaakt in proefjaren, waarbij in het voorjaar reeds bestaande verschillen in kalktoestand door opnieuw te bekalken groter werden gemaakt en een groep, waarbij in die periode voor het eerst werd bekalkt. Voorts is aangegeven of de bieten wel of niet stalmest ontvingen. Op sommige proefvelden was een aantal veldjes met stalmest en een aantal zonder stalmest aanwezig. De desbetreffende proefjaren komen twee keer in de tabel voor.

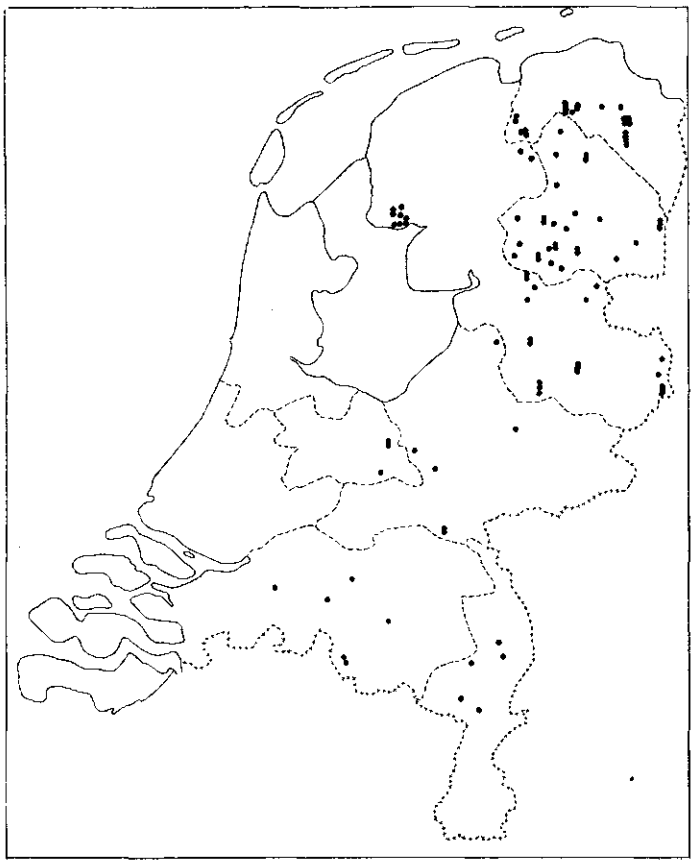

FIG. 1.
Ligging der kalkproefvelden
Location of the lime experimental fields

III. BEWERKING VAN DE GEGEVENS

Voor elk proefjaar werd in een grafiek de opbrengst uitgezet tegen de pH van de verschillende kalktrappen. Door de verkregen puntenzwerm werd een lijn getrokken, die zich zo goed mogelijk bij de punten aansloot. Er is op deze wijze een groot aantal curven verkregen (FIG. 2*a*, *b* en *c*).

De vraag is nu hoe deze lijnen tot één curve, die het gemiddelde verband tussen opbrengst en pH weergeeft, kunnen worden samengevat. Indien alle lijnen precies hetzelfde pH-traject zouden beslaan, zouden bij elke pH de opbrengsten op de verschillende curven afgelezen en gemiddeld kunnen worden, waaruit het gemiddelde verband zou resulteren. Een dergelijke bewerking kon op ons materiaal niet toegepast worden, omdat de pH-trajecten van de verschillende proefvelden elkaar slechts gedeeltelijk of soms helemaal niet overlappen. Er is daarom de volgende werkwijze gebruikt.

Op een aantal punten van elke curve, steeds 0,2 pH-eenheid van elkaar liggend, werd de tangens van de hoek tussen de raaklijn aan de curve en de horizontale as, gemeten. Door bij een bepaalde pH de voor de verschillende lijnen gevonden hellingstangenten te middelen, werd de bij die pH behorende hellingstangens gevonden van de lijn, die het gemiddelde verband tussen opbrengst en pH weergeeft. Met behulp van de gemiddelde hellingstangenten bij de verschillende pH-waarden kon vervolgens een curve geconstrueerd worden voor het verband tussen pH en opbrengstdepressie ten opzichte van de opbrengst bij een willekeurig gekozen pH. Een voorbeeld hiervan wordt in de volgende paragraaf gegeven.

Het blijft nog een bezwaar, dat de gemiddelde hellingstangenten bij de extreem lage en hoge pH-waarden op minder gegevens berusten dan bij de veel voorkomende waarden. Hierdoor is het gevonden gemiddelde verband tussen pH en opbrengst bij de uiterste pH-waarden minder betrouwbaar dan in het midden-traject.

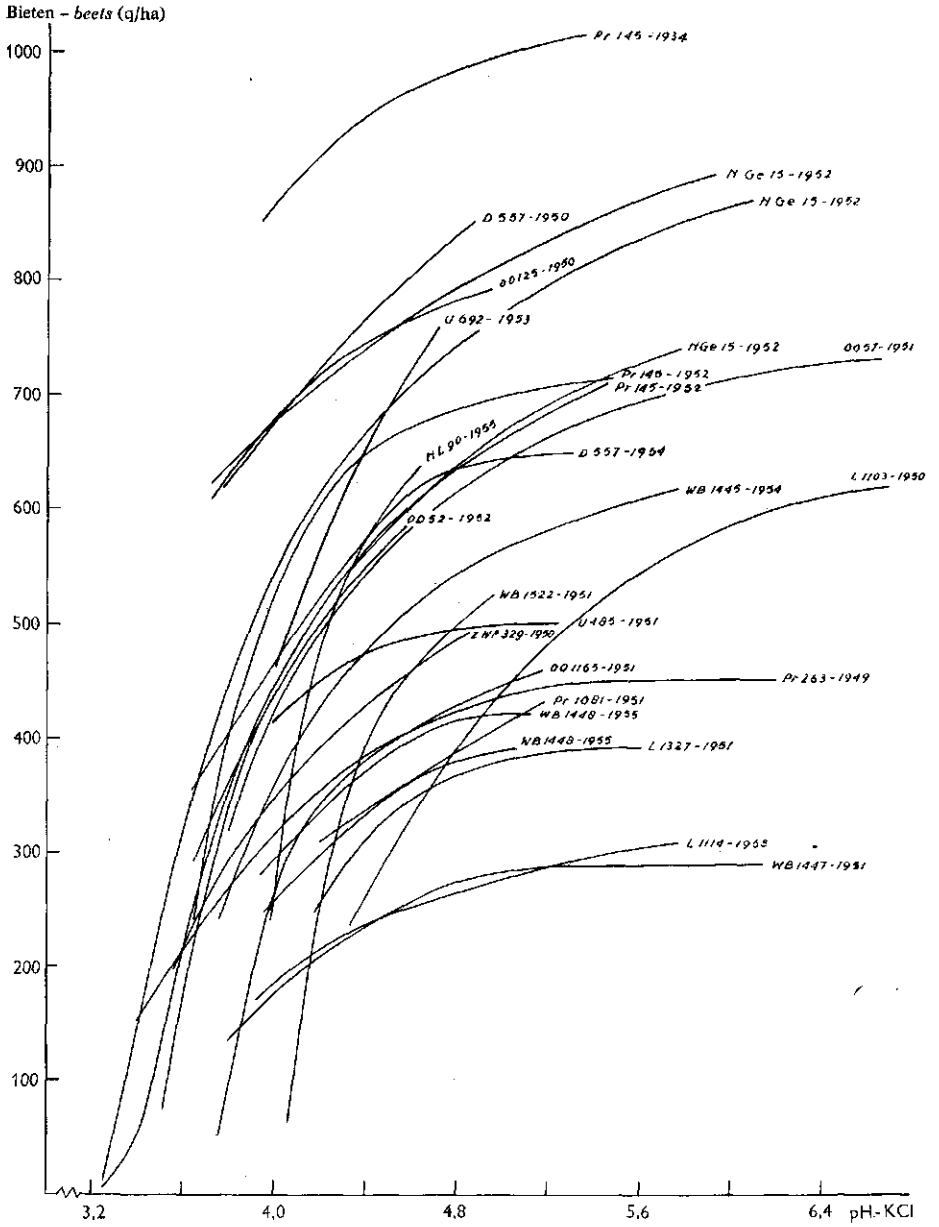

FIG. 2*a*. Verband tussen opbrengst en pH-KCl. In het aan de bieten voorafgaande voorjaar werd geen kalk gegeven

Relation between yield of beets and pH measured in nKC-solution. Differences in pH were caused by liming in preceding years; no lime was applied in the spring previous to the sowing of the beets

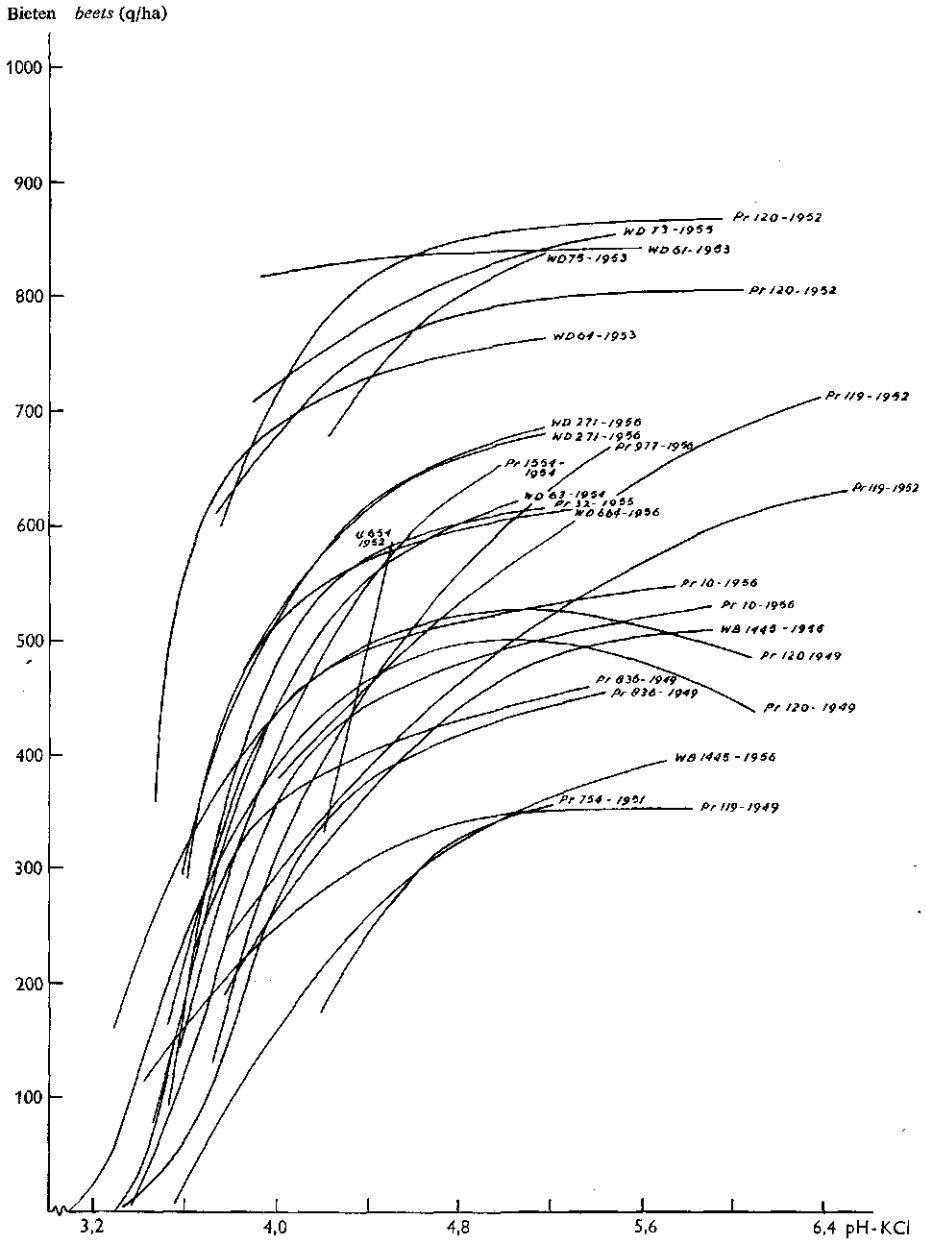

FIG. 2*b*. Verband tussen opbrengst en pH-KCl. In het aan de bieten voorafgaande voorjaar werd geen kalk gegeven

Relation between yield of beets and pH measured in n KCl-solution. Differences in pH were caused by liming in preceding years; no lime was applied in the spring previous to the sowing of the beets

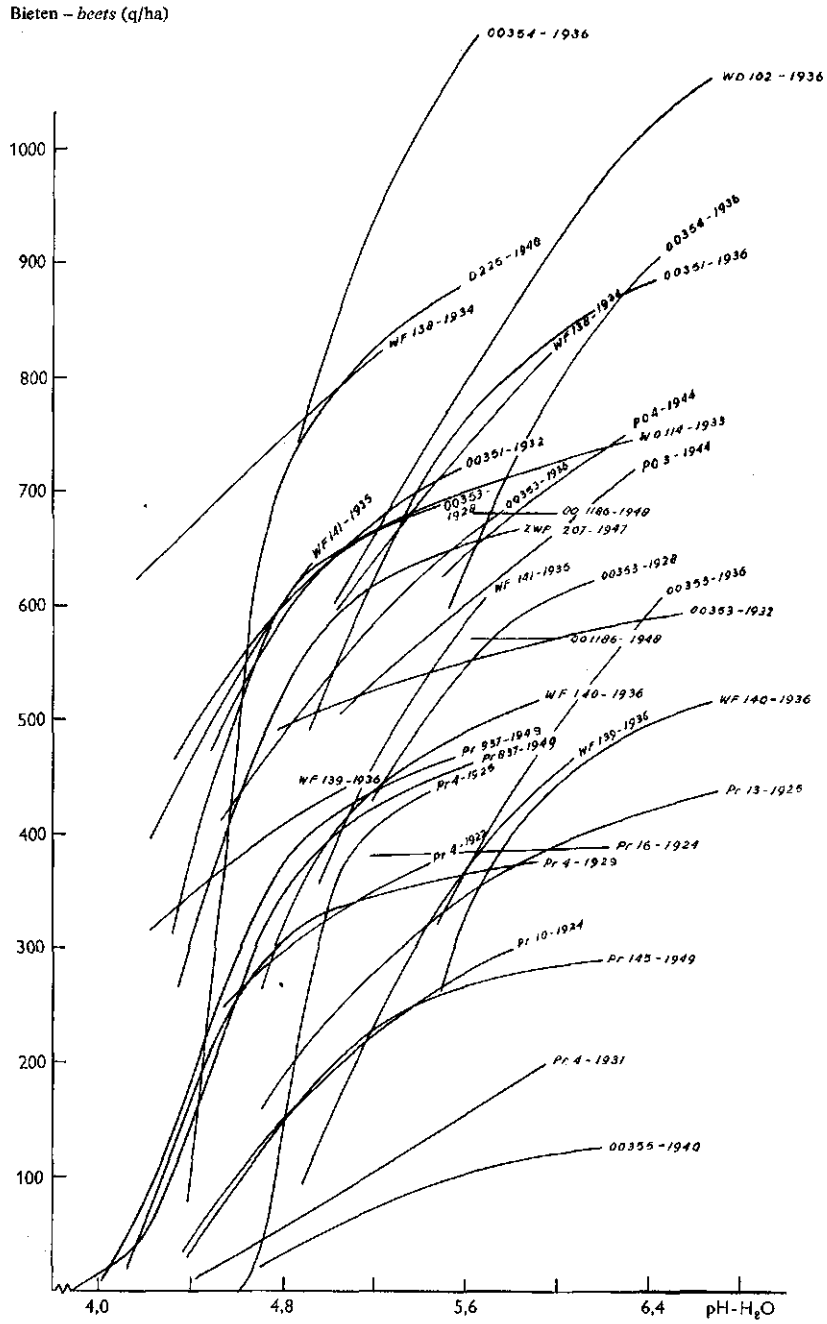

FIG. 2*c*. Als FIG. 2*a* en *b*; van deze proefvelden was alleen de pH-H_2O bekend
The same as FIG. 2a *and* b; *only pH-H_2O was known in these experiments*

IV. RESULTATEN

1. HET VERBAND TUSSEN OPBRENGST EN VERSCHILLEN IN KALKTOESTAND ONTSTAAN DOOR VROEGERE BEKALKING

Om het verband tussen opbrengst en pH vast te stellen, is uitgegaan van de groep van proefvelden die in het voorjaar geen kalk ontvingen. De verschillen in kalktoestand op deze proefvelden waren dus een gevolg van vroeger toegepaste bekalkingen.

Deze groep omvat 68 proefjaren. Op een aantal proefvelden kwam een serie pH-trappen voor met stalmest en een serie zonder stalmest. Deze zijn als twee afzonderlijke objecten in de bewerking opgenomen. Zodoende zijn van de 68 proefjaren in totaal 89 opbrengstlijnen verkregen, die in de FIGUREN 2*a*, *b*, en *c* zijn afgebeeld. FIG. 2*a* en *b* hebben betrekking op de proefvelden, waarvan pH-KCl bekend is. (Ter wille van de duidelijkheid zijn de curven in twee figuren geplaatst, die niet principieel van elkaar verschillen). Op de proefvelden van FIG. 2*c* werd alleen pH-H_2O bepaald. Bij de verdere bewerking zijn deze pH-H_2O-waarden omgerekend in pH-KCl met behulp van de in de Landbouwgids 1954 gepubliceerde tabel. Achteraf is gecontroleerd of door het gebruik van deze omrekeningstabel een duidelijk merkbaar verschil in de resultaten van de proefvelden van FIG. 2*a* en *b* en FIG. 2*c* is ontstaan. Dit blijkt niet het geval te zijn.

Van elk van de lijnen in de FIGUREN 2*a*, *b*, *c* is bij verschillende pH-waarden de helling gemeten, zoals in de vorige paragraaf beschreven is. De bij gelijke pH gevonden hellingstangenten zijn over alle proefjaren gemiddeld en vervolgens uitgezet tegen de pH (FIG. 3). Door de punten is een vloeiende curve getrokken.

Uit FIG. 3 blijkt dat bij de hoogste pH die in het materiaal aanwezig is, dus bij pH–KCl 6,7, de maximale opbrengst nog niet wordt bereikt. Naar lagere pH neemt de hellingstangens eerst langzaam en geleidelijk aan sterker toe. Beneden pH 3,7 neemt de toeneming van de hellingstangens weer af. De helling van de opbrengstlijn blijkt maximaal te zijn bij pH 3,5 en lijkt bij lagere waarden iets af te nemen. De lijn, die het gemiddelde verband tussen de opbrengst van bieten en de pH aangeeft, heeft dus bij pH 3,5 een buigpunt.

De getallen, die bij de lijn in FIG. 3 geplaatst zijn, geven het aantal opbrengstlijnen aan, dat bij de verschillende pH-waarden gemiddeld is. Midden in het pH-traject staat de curve door het grote aantal proefjaren goed vast; aan de uiteinden minder goed, maar uit de goede aansluiting van de punten aan een vloeiende kromme mag geconcludeerd worden, dat de uitkomst bij hoge pH eveneens aannemelijk is.

Met behulp van de curve van FIG. 3 kan, zoals in de vorige paragraaf vermeld is, een lijn geconstrueerd worden, die rechtstreeks het verband weergeeft tussen de pH en de depressie ten opzichte van de opbrengst bij elke willekeurig te kiezen pH. In FIG. 4 wordt een dergelijke lijn gegeven, waarbij pH 6,8 als uitgangspunt gekozen is.

Behalve in het gebied van de zeer lage pH-waarden doet de vorm van de lijn in FIG. 4 sterk denken aan een fuctioneel verband volgens de vergelijking van MITSCHERLICH, die voorgesteld kan worden door de formule $y = ae^{-px}$. In deze formule is y de

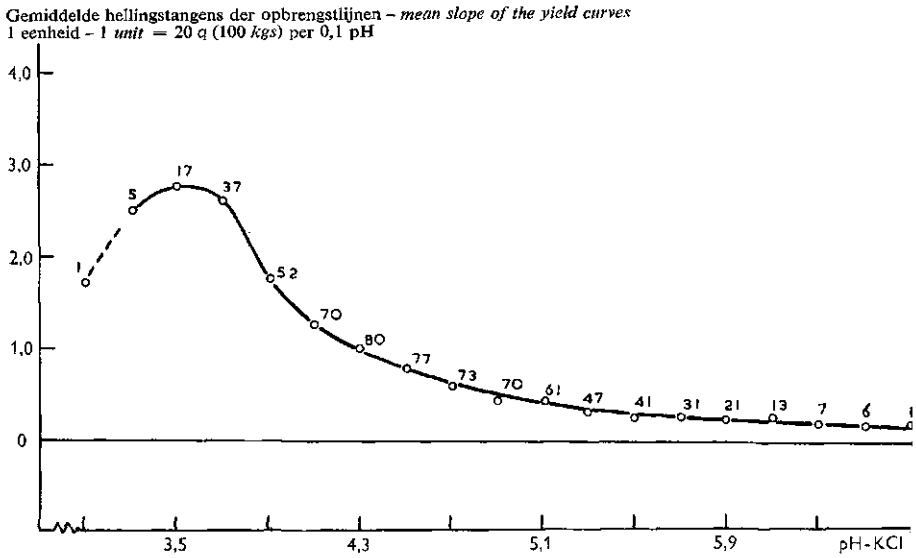

FIG. 3. De gemiddelde helling van de lijnen uit FIG. 2*a*, *b* en *c* bij uiteenlopende pH-waarden [1]
Mean slope of the curves of FIGS. 2a, b *and* c *at different pH levels* [1]

[1] De getallen geven het aantal curven aan waarover gemiddeld is – *the numbers refer to the number of curves averaged at the corresponding pH level.*

maximaal te bereiken meeropbrengst door verhoging van de meststofgift x, a een constante en p een constante afhankelijk van de aard van de meststof. Wordt voor x de pH ingevuld, dan vertoont de lijn van FIG. 4 de beste aanpassing aan de formule van MITSCHERLICH indien voor a de factor $1{,}48 \times 10^4$ en voor p de factor 1 gesubstitueerd wordt. De curve van FIG. 4 is dus bij benadering en met uitzondering van het stuk bij de laagste pH-waarden te beschrijven door de formule $y = 1{,}48 \times 10^4 \times e^{-pH}$

Deze formule hebben wij gebruikt om uit te rekenen bij welke pH een zeker percentage (wij kozen 99%) van de maximaal door verhoging van de pH te bereiken opbrengst wordt verkregen.* Daartoe moest eerst de maximale opbrengst in dit materiaal worden vastgesteld. Deze is berekend door sommering van de bij pH 4,5 over alle proefjaren gemiddelde opbrengst en de door bekalking vanaf deze pH te bereiken meeropbrengst volgens bovenstaande formule. Als maximale opbrengst werd gevonden 69,2 ton bieten per ha. Met behulp hiervan kon vervolgens vastgesteld worden, dat 99% van deze opbrengst bereikt wordt bij pH 7,6. De voor bieten optimale pH ligt dan nog hoger.

Het in FIG. 4 voorgestelde verband tussen opbrengst en pH blijkt goed overeen te stemmen met hetgeen CASTENMILLER (1948) met het destijds voorhanden materiaal voor suikerbieten op zandgrond vond. Dit wordt gedemonstreerd in TABEL 2. De opbrengst bij pH–KCl 4,5 is voor beide gevallen op 100 gesteld.

* Er is niet gezocht naar de pH waar de maximale meeropbrengst bereikt wordt, omdat deze in verband met het asymptotisch verloop van de MITCHERLICH-curve zeer hoog ligt.

TABEL 2. Verband tussen opbrengst van bieten en pH op zand- en dalgrond (%)

pH–KCl:	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Nieuwe gegevens [1]	36	80	100	111	118	123	127	suiker en voederbieten
Castenmiller [2]	33	73	100	112	121	127	128	suikerbieten

TABLE 2. *Relation between the yield of beets and pH on sandy and sandy peat soils*
[1] *new results (sugar plus fodderbeets and mangolds).*
[2] *results published by* CASTENMILLER *(1948) for sugarbeets.*

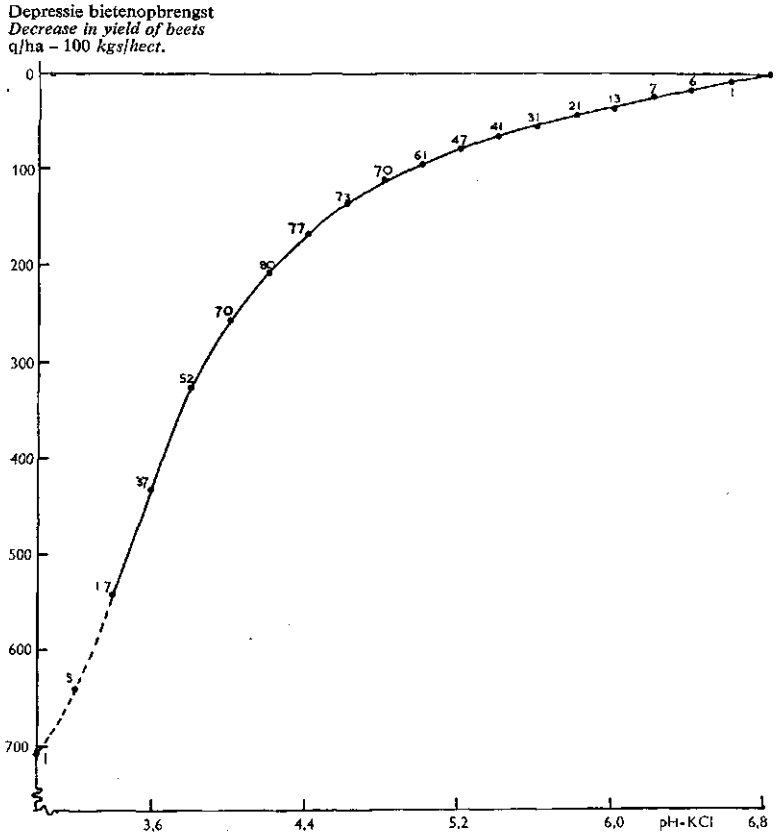

FIG. 4. De depressie ten opzichte van de opbrengst bij pH-KCl 6,8 in afhankelijkheid van de pH
Relation between the yield at various pH levels and the yield at pH-KCl 6,8

De invloed van verschillen in kalktoestand op de opbrengst loopt voor de verschillende proefvelden nogal uiteen, zoals uit FIG. 2*a*, *b*, *c* blijkt. Om deze reden is het wenselijk een indruk te krijgen over de betekenis, die aan het gemiddeld verband van FIG. 4 mag worden toegekend. Daartoe werden alle lijnen van de FIG. 2*a*, *b*, *c* verticaal verschoven en wel zover, dat zij zo goed mogelijk samenvielen met de curve van

FIG. 4. Vervolgens zijn de opbrengsten van alle veldjes die bij de verschillende lijnen behoren, ingetekend. Het resultaat is afgebeeld in FIG. 5. De spreiding van de punten rond de lijn is groter dan alleen uit de proeffout, die voor bieten gewoonlijk tussen 5 en 10% bedraagt, verklaard kan worden. Dit wijst op het optreden van interacties tussen pH en andere factoren, waarvan er enkele in de paragrafen 4 tot en met 7 behandeld worden.

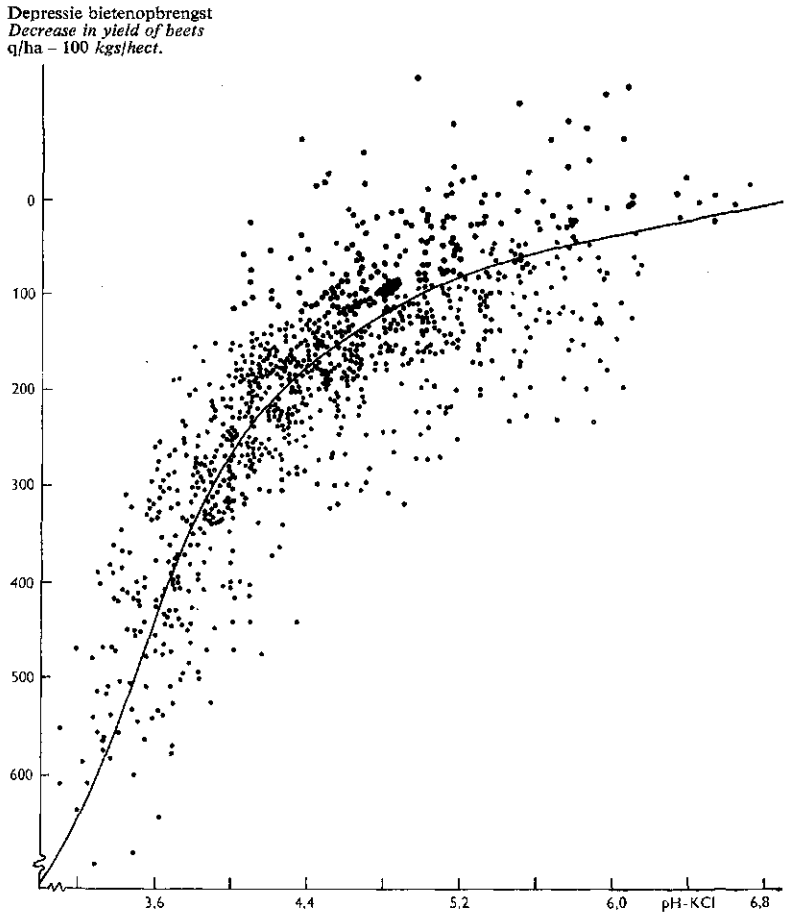

FIG. 5. Als FIG. 4; thans zijn de afzonderlijke veldjes van alle proefvelden als punten uitgezet
The same as FIG. 4: *dots refer to the yields of the single plots of all experimental fields*

2. HET VERSCHIL IN EFFECT VAN EEN VROEGERE EN VAN EEN RECENTE BEKALKING

De proefvelden, waarop in het voorjaar bekalkt werd, zijn als zelfstandige groep bewerkt omdat op grond van ervaring vermoed werd, dat een recente bekalking minder goed werkt dan een vroegere bekalking.

De groep van recent bekalkte proefvelden omvatte 36 proefjaren, die tezamen 41 opbrengstlijnen opleverden. Van deze 41 waren 26 curven afkomstig van proefvelden die reeds van oudsher pH-trappen hadden, maar recent werden bijgekalkt en 15 curven van proefvelden, waar voor het eerst kalk was gegeven. Zowel voor de groep van bijgekalkte als voor die van voor het eerst bekalkte proefvelden werd bij verschillende pH-waarden de gemiddelde hellingstangens van de opbrengstlijnen berekend. Het resultaat is afgebeeld in FIG. 6, waarin bovendien de lijn voor de niet recent bekalkte proefvelden uit FIG. 3 opgenomen is.

Volgens FIG. 6 is er een duidelijk verschil in helling tussen de recent en de vroeger bekalkte proefvelden. Bij een gelijke pH vertonen de opbrengstlijnen van de laatste groep een grotere helling. Een verschil in pH, ontstaan door een kort geleden toegepaste bekalking, heeft dus een kleiner effect op de opbrengst dan eenzelfde pH-verschil, dat door een lang geleden bekalking is veroorzaakt. Overeenkomstig deze conclusie had de lijn voor de bijgekalkte proefvelden (FIG. 6, curve b) eigenlijk tussen de beide andere curven in moeten liggen, maar dit komt niet in het resultaat tot uiting.

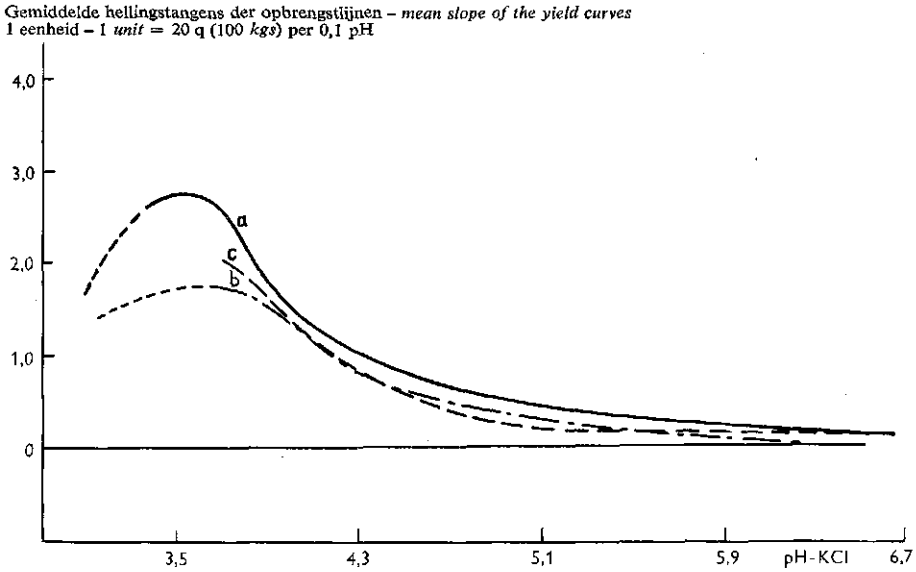

FIG. 6. Gemiddelde helling der opbrengstlijnen (pH × opbrengst) voor *a.* de vroeger bekalkte, *b.* de recent bijgekalkte en *c.* de voor het eerst bekalkte proefvelden
Mean slope of the yield curves (yield × pH). The curves are referring to experimental fields a. *where differences in pH were caused by liming in earlier years (the same as in* FIG. 3*),* b. *where lime was applied in preceding years but also in the spring previous to the sowing of the beets, and* c. *where lime only recently has been applied*

Een fraaie bevestiging van het verschil in effect tussen vroegere en recente bekalking dat in bovengenoemd onderzoek gevonden werd, werd verkregen op de proefvelden Pr 1554 en Pr 119.

Op Pr 1554, een zandgrond te Groningen, waren van oudsher pH-trappen aan-

wezig. Op een aantal veldjes met uiteenlopende kalktoestand werd in 1954 opnieuw kalk gegeven in verschillende hoeveelheden. Deze kalk werd vóór het zaaien van de bieten tot op bouwvoordiepte zeer goed door de grond gewerkt. Reeds kort na de bekalking was de pH op de desbetreffende veldjes tot de beoogde waarden gestegen. Zoals uit FIG. 7 blijkt, was bij gelijke pH na de oogst de opbrengst op de in het voorjaar bijgekalkte veldjes lager dan op de niet bijgekalkte veldjes.

Ook op het proefveld Pr 119, op jonge veenkoloniale grond, waren van oudsher reeds kalktrappen aanwezig. In het voorjaar van 1958 werd een aantal veldjes met

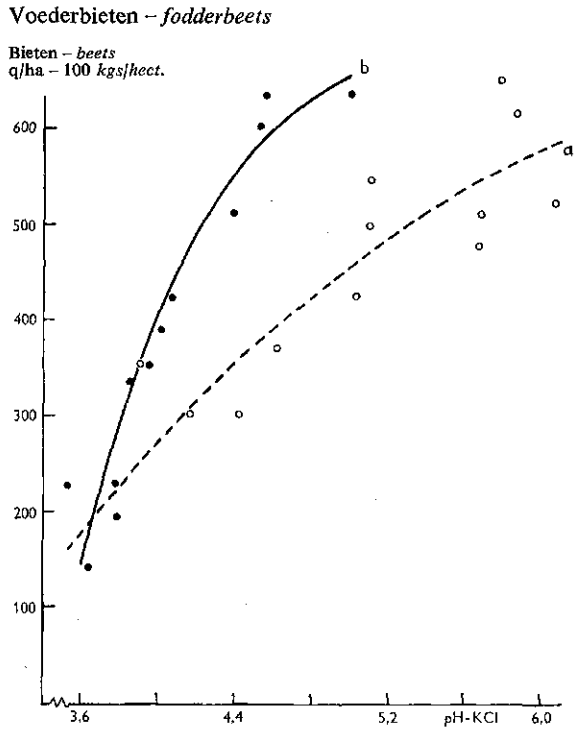

FIG. 7. Verschil in effect van *a.* een recente en *b.* een vroegere bekalking voor een proefveld op zandgrond
Difference in crop response between a. *recently and* b. *earlier limed plots on an experimental field on sandy soil*

uiteenlopende pH bijgekalkt. FIG. 8 laat zien dat ook op dit proefveld een kort geleden tot stand gebracht pH-verschil minder effect heeft dan een gelijk, maar reeds van vroeger bestaand pH-verschil.

In de praktijk op onze zandgronden heeft men de gewoonte om vóór het zaaien van bieten kalk te geven (PRUMMEL, 1954). Bij lage pH wordt dan in het voorjaar vóór het woeleggen en ploegen gekalkt, daarnaast wordt na het ploegen nog een hoeveelheid door het zaadbed gewerkt. Op grond van de resultaten van het hierboven en in het volgende punt beschreven onderzoek, kan op deze gewoonte kritiek worden uitgeoefend. Het effect van de bekalking zal immers geringer zijn dan aan de hand van de beoogde stijging in pH verwacht zou worden. Het verdient daarom aanbeveling

om de voor bieten benodigde pH-verhoging niet in hetzelfde voorjaar, maar eerder tot stand te brengen. Het is geen bezwaar om dit vóór het zaaien van het aan bieten voorafgaande gewas te doen. Zelfs indien dit aardappelen zouden zijn, is de bekalking vóór het poten geen bezwaar. De verse bekalking heeft weinig of geen invloed op de mate van schurftaantasting (SLUIJSMANS en BOSKMA, 1954).

Pr 119–1958
Voederbieten – *fodderbeets*

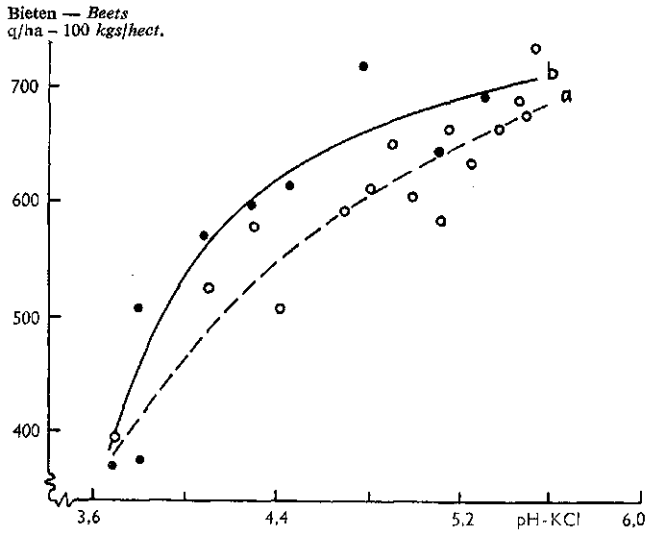

FIG. 8. Als FIG. 7 voor een proefveld op dalgrond
The same as FIG. 7 *for an experimental field on sandy peat soil*

3. KALK OPPERVLAKKIG OF DIEP INWERKEN

Zoals reeds in de vorige paragraaf is vermeld, krijgen bieten in de praktijk behalve een kalkgift door de hele bouwvoor vaak een hoeveelheid kalk, die door het zaadbed gewerkt wordt. Indien de praktijk aanneemt dat de kalktoestand voldoende hoog is, volstaat men met een hoeveelheid van 500–800 kg kalkmeststof per ha, die oppervlakkig wordt ingewerkt. Men gaat uit van de gedachte dat bieten vooral in de eerste ontwikkeling gevoelig zijn voor een te lage pH. Door nu alleen de bovenste centimeters van de grond te bekalken, zal een gunstige kalktoestand worden verkregen voor het aanslaan van het gewas. De verdere groei van het gewas, zo redeneert men, is minder afhankelijk van de pH. Het voordeel van de methode is dat de pH van de bouwvoor voor de teelt van andere gewassen en wel in het bijzonder voor die van aardappelen, waarbij het gevaar voor aantasting door schurft na bekalking toeneemt, binnen redelijke grenzen blijft.

Het kan betwijfeld worden of deze oppervlakkige bekalking veel nut heeft. GOEDEWAAGEN (1942) beschrijft een vakkenproef met bieten, waarbij een bekalkte bouwvoor rustte op een ondergrond, die in een aantal vakken zuur en in een ander

aantal bekalkt was. De dikte van de bouwvoor varieerde van 15 tot 35 cm. De dikte van de bouwvoor varieerde van 15 tot 35 cm. De bouwvoor werd in alle vakken bekalkt tot pH–H_2O 6,1. Bij de oogst bleek dat het voor de lengte, het gewicht en de omvang van de bieten weinig verschil maakte of de ondergrond zuur dan wel bekalkt was indien de bouwvoor een dikte had van 25 cm of meer. De nadelige invloed van de zure ondergrond was het grootst bij de bieten die slechts over een bekalkte laag van 15 cm konden beschikken. Hier waren de bieten in de vakken met de bekalkte ondergrond langer dan bij de zure ondergrond, terwijl ook het gewicht en de omvang van de bieten ten gunste van de bekalkte ondergrond uitviel. Uit deze proef blijkt dat niet alleen de pH van de bovenste centimeters bepalend is voor de ontwikkeling en opbrengst van de bieten. Volgens SIMON (1951) is het opvoeren van de pH van de 10–20 cm laag van evenveel belang als de bekalking van het zaadbed.

In 1953 werd door BAKERMANS en FERRARI (niet gepubliceerd) op zandgrond in de Gelderse Vallei een serie proefvelden met voederbieten (Groeningia) aangelegd. Op elk van de proefvelden was één veldje aanwezig dat een hoeveelheid kalkmergel ontving naar 300 kg per ha en één overigens geheel vergelijkbaar veldje, dat geen kalk kreeg. De kalk werd vlak vóór het zaaien van de bieten gegeven en met een spijkerhark ingewerkt. Van 35 proefvelden werden opbrengstgegevens verkregen. Het effect van de oppervlakkig toegediende kalk blijkt uit TABEL 3. De proefvelden zijn samengevat tot groepen, gerangschikt naar pH.

TABEL 3. Opbrengst zonder en met 300 kg kalkmergel in q/ha

pH–KCl	Geen kalk	300 kg kalkmergel	Aantal proefvelden
3,85–4,2	468	484	9
4,25–4,45	563	545	9
4,5 –4,75	671	663	9
4,8 –5,4	785	742	8
pH–KCl	*No lime*	*300 kg/ha marl*	*Number of exp. fields*

TABLE 3. *The effect of superficial liming on the yield of fodderbeets on a series of 35 exp. fields on sandy soil*

De oppervlakkig toegediende kalkmergel heeft zeer zeker niet gunstig gewerkt. Dat er een ongunstig effect zou zijn, zoals enigszins uit de cijfers blijkt, kon overigens niet met voldoende betrouwbaarheid worden aangetoond.

Om het effect van een bekalking van het zaadbed te vergelijken met dat van een bekalking van de hele bouwvoor werd in 1953 door ons een vakkenproef opgezet. Als proefgrond werd een zandgrond genomen met pH–KCl 3,75. De bakken werden eerst gevuld met de onbehandelde zandgrond tot een diepte van ruim 20 cm onder de bovenrand. Hier bovenop werd een bouwvoor van 20 cm gebracht. Voor het halve aantal vakken werd de hele bouwvoor vóór het inbrengen in de vakken met ver-

schillende hoeveelheden koolzure landbouwkalk gemengd (objectengroep 1). Voor de andere helft van het aantal werd eerst 15 cm onbekalkte grond op de ondergrond gebracht en vervolgens een laag van 5 cm, die vooraf met verschillende hoeveelheden kalk gemengd was (objectengroep 2). De hoeveelheden kalk waren zo gekozen dat er in de bovenste 5 cm van groep 2 een ongeveer gelijk pH-traject zou ontstaan als in de bouwvoor van groep 1. Bovendien was voor een aantal vakken van groep 1 de gegeven hoeveelheid kalk gelijk aan die op bepaalde vakken van groep 2, maar over een verschillende laagdikte verdeeld. Door deze opzet was het mogelijk om het gedrag van het gewas te vergelijken bij gelijke pH van de bovenste 5 cm en van de hele bouwvoor en bovendien bij gelijke hoeveelheden kalk over verschillende laagdikte verdeeld.

Er werden Groeningia voederbieten gezaaid. Na een uitdunning tot 16 planten per vak werden omstreeks half juni 12 planten per vak geoogst. De resterende 4 planten kregen gelegenheid volledig uit te groeien. Van de 12 geoogste planten werd de opbrengst aan loof en wortels bepaald en werd de gemiddelde lengte van de hoofdwortel gemeten. Op 8 juni werden grondmonsters genomen, voor groep 1 van de laag 0–20 cm en voor groep 2 onder andere van de laag 0–5 cm.

TABEL 4 geeft een overzicht van de opbrengsten aan droge stof van loof plus wortel en van de gemiddelde wortellengten. De objectengroepen 1 en 2 worden hierin vergeleken bij gelijke hoeveelheden kalk per vak.

TABEL 4. Opbrengst (droge stof loof en biet in grammen) en wortellengten (cm) in afhankelijkheid van de gegeven hoeveelheid kalk per vak

Kalkgift g $CaCO_3$/vak	Opbrengst		Wortellengten	
	0–20 cm bekalkt objectengroep 1	0–5 cm bekalkt objectengroep 2	0–20 cm objectengroep 1	0–5 cm objectengroep 2
0	17,5	19,0	10,0	10,0
14,77	25,9	19,3	11,0	9,3
29,54	32,0	21,1	13,5	10,2
44,31	25,5	19,9	10,0	10,5
59,08	30,8	18,5	12,3	9,2
g $CaCO_3$ per plot	*upper 8 in. limed*	*upper 2 in. limed*	*upper 8 in. limed*	*upper 2 in. limed*
	Yield in g per plot		*Average length of the main root*	

TABLE 4. *Yield (dry matter of leaves plus roots in grammes) and average root length of beets in dependence on superficial liming and liming of the top soil in an experiment on sandy soil*

Uit deze tabel blijkt dat bekalking van de bovenste 5 cm geen invloed heeft gehad op de opbrengst en de lengte van de wortels. Gelijke hoeveelheden kalk, verdeeld over 0–20 cm, hebben echter wel een duidelijke stijging van de opbrengst gegeven, terwijl ook de wortels gemiddeld iets langer waren. Aangezien een bepaalde kalkgift, verdeeld over een laag van 20 cm, een veel geringere stijging van de pH teweegbrengt

dan bij verdeling over 5 cm, volgt uit TABEL 4 bovendien, dat de pH van de hele bouwvoor van veel meer betekenis is dan die van het bovenste laagje. Dit wordt nog eens geïllustreerd in FIG. 9.

De 4 planten die uiteindelijk op elk vak bleven staan, werden in begin oktober geoogst. In de opbrengst kwam nu ook een zwak, maar niet significant, effect van de oppervlakkige bekalking tot uiting. Van de bekalking van de hele bouwvoor werd een zeer significant effect gevonden.

In 1954 werd een soortgelijke proef genomen, nu met een grond die een pH-KCl had van ongeveer 4,2. De proeffout was groter dan in het vorige jaar, zodat de resultaten minder betrouwbaar waren. Overigens werd hetzelfde beeld verkregen.

V Pr 205–1953
Voederbieten – *fodderbeets*

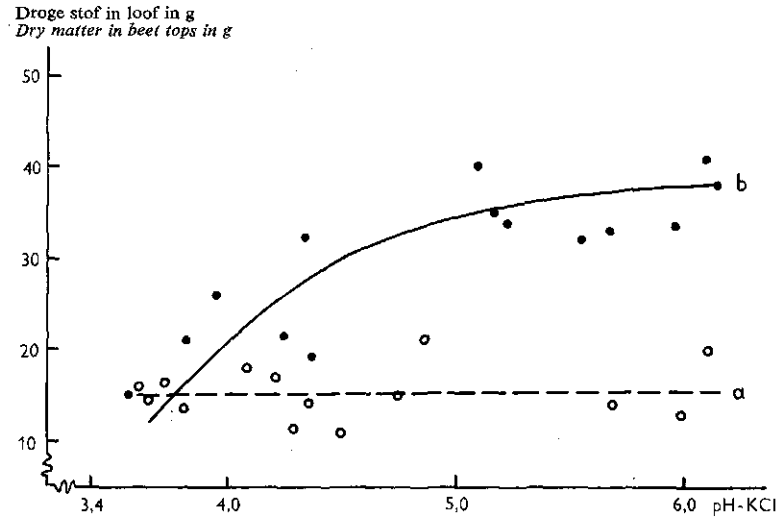

FIG. 9. Verschil in effect tussen *a.* een oppervlakkige bekalking en *b.* een bekalking van de gehele bouwvoor [1]

Difference in crop response between a. *superficial liming and* b. *liming of the total furrow* [1]

[1] pH-KCl heeft voor lijn *a* betrekking op de laag van 0–5 cm en voor lijn *b* op de laag van 0–20 cm – *pH-KCl refers for curve* a *to the* 0–2 *in. surface layer and for curve* b *to the* 0–8 *in. furrow.*

De oppervlakkige bekalking deed heel weinig, de bekalking van de bouwvoor belangrijk meer.

De proeven van BAKERMANS en FERRARI en de aangehaalde vakkenproeven van GOEDEWAAGEN en van ons, wijzen in de richting dat men er met een bekalking van het zaadbed alleen niet komt. Zelfs is men geneigd om te zeggen dat een dergelijke bekalking weinig nut heeft en dat het nog beter zou zijn om de lichte kalkgift, die men gewend is oppervlakkig toe te dienen, door de hele bouwvoor te verdelen. Het blijkt dus dat zowel de tijd waarop de praktijk veelal de kalktoestand voor bieten in orde tracht te maken, als de manier waarop zij dit doet, weinig geschikt zijn.

4. DE SAMENHANG TUSSEN HET GEHALTE AAN ORGANISCHE STOF VAN DE GROND EN DE GEWENSTE pH

Op enkele plaatsen in de literatuur wordt gewezen op een samenhang tussen het gehalte aan organische stof van de grond, kortheidshalve het humusgehalte te noemen, en het meest gewenste pH-niveau. HOFFMANN en FRERCKS (1955) noemen als optimale pH (KCl) voor zuivere heidezandgronden 4,7, voor humeuze zandgronden 4,3 en voor veengronden 3,8. Volgens VISSER (1938) zou de pH op humusrijke gronden ongeveer een halve eenheid lager mogen zijn dan op humusarme gronden.

Wij hebben op twee manieren nagegaan of de vorm van de opbrengstlijnen uit FIG. 2*a*, *b*, *c* samenhangt met het humusgehalte van de grond:

a. Van alle opbrengstlijnen werd de bij pH 4,4–4,6 gemeten hellingstangens uitgezet tegen het humusgehalte van de overeenkomstige proefvelden (FIG. 10).
b. Voor alle opbrengstlijnen werd bepaald bij welke pH de raaklijn aan de curve een bepaalde, voor alle curven gelijke hoek met de horizontale as maakt. De gevonden pH-waarden werden uitgezet tegen het humusgehalte. Dit is in FIG. 11 gedaan voor de pH-waarden waar de raaklijn aan de opbrengstcurve een helling van 40° heeft, hetgeen overeen komt met 16,8 q/ha per 0,1 pH.
   Deze punten met gelijke helling zijn bij benadering de pH-waarden, waarbij de opbrengstdepressie ten opzichte van het te bereiken maximum gelijk is. Met behulp van methode b kan nagegaan worden hoeveel de gewenste pH verschuift per eenheid stijging in humusgehalte.

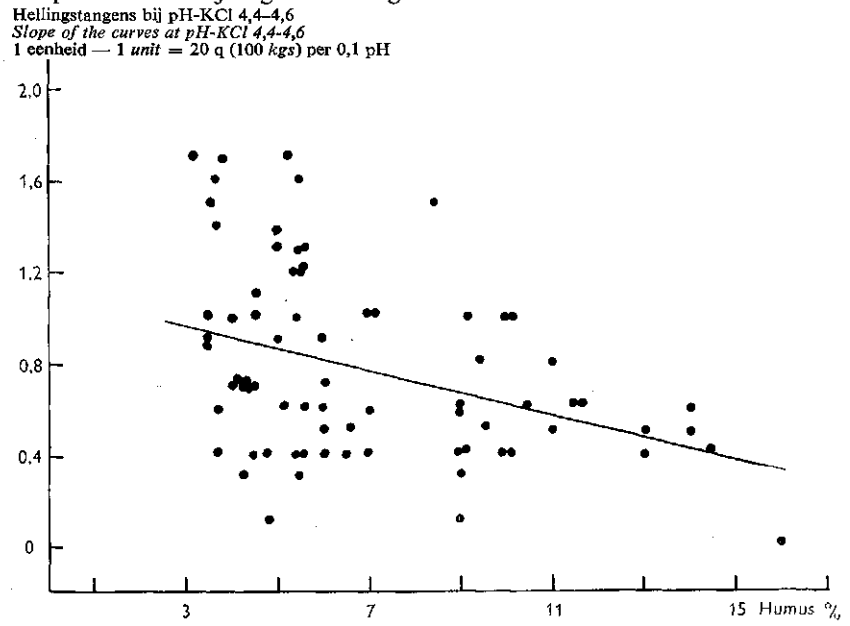

FIG. 10. Verband tussen de helling der opbrengstlijnen (gemeten bij pH 4,4–4,6) uit FIG. 2*a*, *b* en *c* en het gehalte aan organische stof van de grond
Relation between the slope of the curves (measured at pH 4,4–4,6) of FIGS. 2a, b *and* c *and the organic matter content of the soil*

Volgens FIG. 10, verkregen met behulp van werkwijze a, bestaat er inderdaad een duidelijke samenhang tussen de helling van de opbrengstlijnen en het humusgehalte. Naarmate dit hoger is, loopt de opbrengstcurve bij pH–KCl 4,5 gemiddeld vlakker. Bij hoog humusgehalte komen de steile opbrengstlijnen niet voor. Op dergelijke gronden kan dus met een lagere pH worden volstaan dan gemiddeld bij lage humusgehalten het geval is. De vorm van de opbrengstlijnen kan op de humusarme gronden blijkbaar sterk variëren. Een verdere analyse van FIG. 10 wordt in de volgende paragraaf besproken.

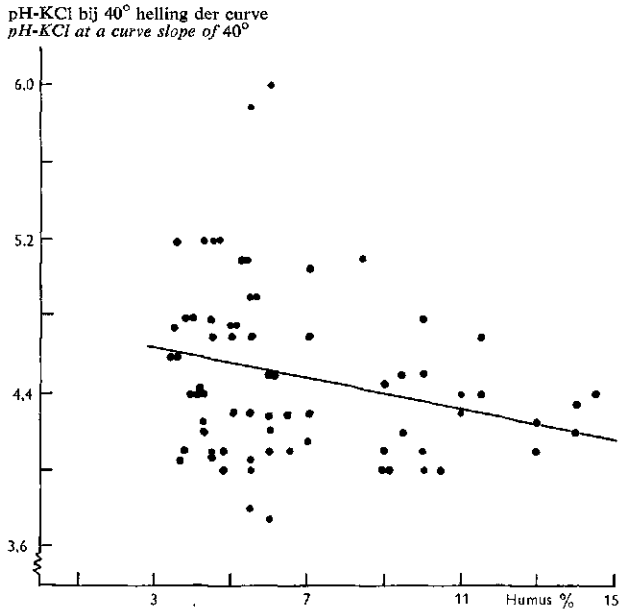

FIG. 11. Samenhang tussen de pH-waarden, waarbij de helling der opbrengstlijnen van FIG. 2*a*, *b* en *c* 40° bedraagt en het humusgehalte van de grond
Relation between the pH levels where the curves of FIGS. 2a, b *and* c *have the same slope (40°) and the organic matter content of the soil*

Ook uit FIG. 11, verkregen volgens werkwijze b, blijkt een samenhang tussen de helling van de opbrengstlijnen en het humusgehalte. Naarmate dit hoger is, liggen de pH-waarden met gelijke helling lager. Per 10% hoger humusgehalte zou, voor het vinden van eenzelfde helling van de opbrengstlijn, de pH ongeveer 0,4 eenheid lager mogen zijn. Indien in plaats van de punten met een helling van 40° (zoals in FIG. 11 gedaan is) punten met een helling van 20°, 30° of 50° gekozen worden, neemt de verschuiving onder invloed van het humusgehalte in ongeveer gelijke mate af. Bij hellingshoeken kleiner dan 20° wordt de verschuiving geringer.

Werkwijze a en b geven kwalitatief hetzelfde resultaat. De eerste methode geeft betrouwbaarder resultaten, omdat hierbij gemeten wordt in het pH-gebied waarin het grootste deel van de curven ligt. Bij werkwijze b blijft een aantal curven buiten

beschouwing of wordt verder naar de uiteinden van de curven gemeten, die minder goed vaststaan dan de middengedeelten.

De samenhang met het humusgehalte komt ook tot uiting als een verschil in helling van de opbrengstlijnen van zand- en dalgrond. Vergelijken wij beide grondsoorten (FIG. 12), dan blijkt dat de opbrengstdepressie ten opzichte van het maximum bij gelijke pH op dalgrond geringer is dan op zandgrond. De lijn voor zandgrond heeft betrekking op 76 curven, die voor dalgrond op 13 curven.

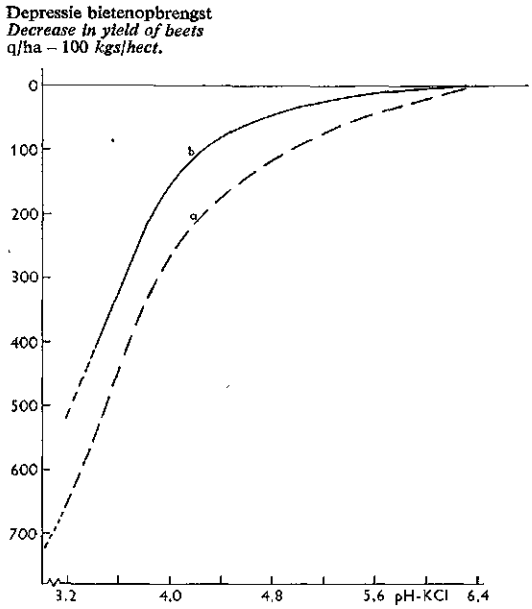

FIG. 12. Verschil in opbrengstreactie op *a* zandgrond en *b* dalgrond
Difference in crop response a *on sandy soil and* b *on sandy peat soil*

NB
Opbrengstdepressie bij pH 6,4 op 0 gesteld.
Decrease in yield at pH 6,4 fixed at zero.

De gevonden samenhang met het humusgehalte houdt mogelijk verband met de methodiek van de pH-bepaling. Het is gebruikelijk om hierbij uit te gaan van een vaste verhouding tussen grond en vloeistof, maar er zou iets voor te zeggen zijn om uit te gaan van een constante verhouding tussen hoeveelheid adsorberend complex en vloeistof. In dat geval zouden twee zandgronden die volgens de normale methode een gelijke pH hebben, een verschil vertonen en wel zo, dat de grond met het laagste humusgehalte de laagste pH zou hebben. De grootte van het verschil is afhankelijk van het verschil in humusgehalte. Met behulp van de gegevens die hierover door BRUIN (1935) gepubliceerd zijn, konden wij berekenen dat de twee lijnen van FIG. 12 (in het traject van de lage pH's) ongeveer zouden samenvallen indien bij de pH-bepaling uitgegaan was van een gelijke hoeveelheid organische stof. Zonder verder op deze kwestie in te gaan, willen wij slechts vermelden dat dit er op zou kunnen wijzen, dat de biet beter reageert op verschillen in de verzadigingsgraad (het V-cijfer) van de grond dan op verschillen in pH.

5. DE SAMENHANG TUSSEN DE MINERALE BEMESTING EN DE GEWENSTE pH

a. Stikstof

JORET (1931) vond bij proefvelden op leemgronden in Frankrijk, dat de oogstdepressie bij suikerbieten als gevolg van een te lage pH zonder N-bemesting groter was dan met N-bemesting. SCHÖNFELD (1943) vermeldt daarentegen dat de N-bemesting op kalkrijke gronden een groter effect had dan op kalkarme. Het is echter de vraag of deze twee groepen van gronden in overige opzichten vergelijkbaar waren. KUIPERS (1955) vond bij suikerbieten op kleigrond in het Groningse Marnegebied, geen invloed van de N-bemesting op het verband tussen opbrengst en pH.

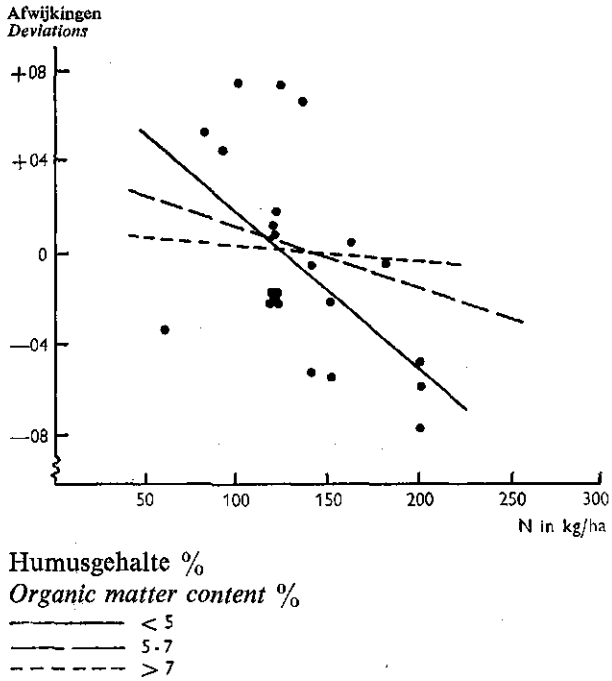

FIG. 13. Afwijkingen uit FIG. 10 uitgezet tegen de N-bemesting (= kunstmest- + stalmeststikstof)
Deviations from the line in FIG. 10 *plotted against the amount of nitrogen applied (= N from artificial + farmyard manure). Dots refer to the fields with an organic matter content < 5%*

Uit FIG. 10 is gebleken dat de helling van de opbrengstlijnen, gemeten bij gelijke pH, vooral bij een laag humusgehalte sterk kan uiteenlopen. Er is nagegaan of deze variatie mogelijk een samenhang vertoont met de grootte van de gegeven bemestingen. Daartoe werden de hellingstangenten die bij pH 4,4–4,6 gemeten werden, eerst gecorrigeerd voor verschillen in humusgehalte en vervolgens onder andere uitgezet tegen de op de proefvelden gegeven N-bemesting en wel in drie groepen, gerangschikt naar humusgehalte (FIG. 13). In de figuur zijn alleen voor de groep met de laagste humusgehalten de bijbehorende punten opgenomen.

In de groep met de laagste humusgehalten en in de volgende groep, valt er een samenhang tussen hellingstangens en N-bemesting waar te nemen. Naarmate de N-bemesting hoger is geweest, heeft een lage pH minder schade gedaan. De beide

lijnen wijken significant af van de horizontale lijn. Dit resultaat is in overeenstemming met de reeds genoemde ervaring van JORET. In de groep van proefvelden met de hoge humusgehalten kon geen invloed van N op de vorm van de opbrengstlijnen worden aangetoond.

Wij kunnen ons nu de vraag stellen of de gevonden samenhang inderdaad door de N-bemesting wordt veroorzaakt, of dat slechts sprake is van een correlatie zonder wezenlijke betekenis. De grootte van de N-bemesting zou immers nog gecorreleerd kunnen zijn met bepaalde eigenschappen van de grond, waarmede de boer rekening houdt. Er werd daarom nagegaan of op proefvelden, waar zowel de pH als de N-bemesting opzettelijk werd gevarieerd, ook een interactie tussen beide factoren op-

Pr 145
Bieten – *beets*

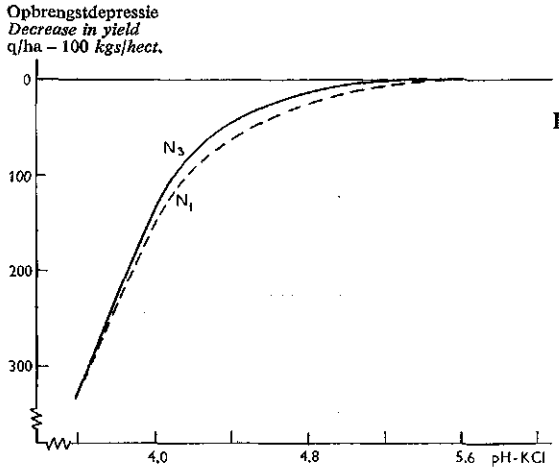

FIG. 14. Invloed van N-bemesting op het verband tussen pH en opbrengst bij een proefveld op zandgrond
Influence of the nitrogen amount on response of beets to differences in pH on an experimental field on sandy soil

N.B.
Opbrengstdepressie bij pH 5,6 op 0 gesteld; N_1 is een lage, N_3 een hoge N-bemesting – *decrease in yield at pH 5,6 fixed at zero; N_1 denotes a slight and N_3 a heavy nitrogen dressing. The result is an average of 2 experimental years.*

treedt. Voor dit doel komen slechts twee proefvelden, Pr 145 en Pr 13, in aanmerking.

Bij het proefveld Pr 145 te Zuidlaren, op een hoge esgrond met een humusgehalte van 5%, is de samenhang tussen opbrengst en pH bij 3 N-trappen bepaald. In twee proefjaren werden bieten verbouwd. Gemiddeld over beide jaren blijkt de opbrengstlijn bij de hoogste N-trap bij pH-waarden ca. 4,4 en hoger iets vlakker te lopen dan bij de laagste N-trap (FIG. 14), maar het verschil tussen beide curven is niet significant. Verder werd nagegaan hoe het bij de andere gewassen in dit opzicht gesteld was. FIG. 15 geeft een beeld voor het gemiddelde van 7 proefjaren met granen. Evenals bij bieten, werd ook bij deze gewassen de vorm van de curve in het praktisch belangrijke pH-traject iets vlakker bij de hoogste N-trap. Voor aardappelen met 4 proefjaren werd een soortgelijk beeld verkregen; het verschil was echter niet significant.

Op het proefveld Pr 13 op oude veenkoloniale grond te Borgercompagnie met een humusgehalte van 11%, werden 3 N-hoeveelheden bij uiteenlopende kalktoestand vergeleken. In de proefperiode werden geen bieten verbouwd. Gemiddeld over 4 proefjaren met granen bleek de helling van de opbrengstlijn bij pH 4,5 gemiddeld

bij hoge N-bemesting sterker dan bij lage N-bemesting, juist andersom dus als op Pr 145. In 2 proefjaren met aardappelen werd geen verschil gevonden.

Al met al moeten wij concluderen dat nog niet bewezen is dat de grootte van de N-bemesting invloed heeft op de schade, die door bieten bij lage pH ondervonden wordt, maar dat er slechts een aanwijzing in deze richting is. Het zal nuttig zijn om dit verder te onderzoeken en daarbij uit te gaan van een grond met een laag humusgehalte, in elk geval lager dan 5%.

Pr 145

Granen – *cereals*

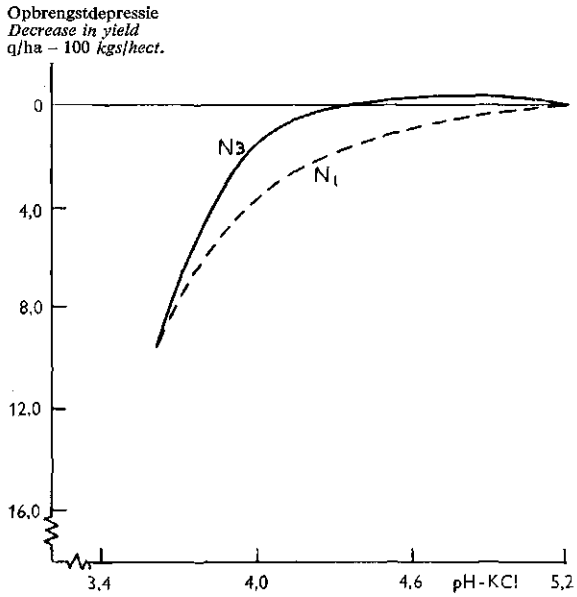

FIG. 15. Als FIG. 14 voor 7 proefjaren met granen
The same as FIG. 14 *for 7 experimental years with cereals*

N.B.
Opbrengstdepressie bij pH 5,2 op 0 gesteld.
Decrease in yield at pH 5,2 fixed at zero.

b. Fosfaat

De kalktoestand heeft een belangrijke invloed op de beschikbaarheid van het fosfaat in de grond (VAN DER PAAUW, 1950). Omgekeerd kunnen de P-toestand en de P-bemesting dus ook van invloed zijn op de vorm van de curve, die het verband aangeeft tussen de opbrengst en de pH. Wijzigingen in de beschikbaarheid van fosfaat onder invloed van de kalktoestand, zullen evenwel niet gauw in de opbrengst tot uitdrukking komen indien de P-bemesting ruim is.

De P-bemesting van de proefvelden die in onze bewerking opgenomen zijn, varieerde van 30 tot 170 kg P_2O_5 per ha. Er kon geen samenhang tussen de gegeven hoeveelheid en de helling van de opbrengstlijnen worden aangetoond.

c. Kali

SLUIJSMANS (1958) vond op proefvelden op zandgrond, dat verhoging van de kalktoestand een sterker effect had op de opbrengst van bieten bij een flinke K-

bemesting dan zonder K-bemesting. De interactie tussen beide factoren bleek niet een gevolg van een verzwakte of versterkte opneming van kali onder invloed van de kalktoestand te zijn, maar hing waarschijnlijk met de Mg-voorziening samen.

De K-bemesting van de proefvelden die in deze bewerking opgenomen zijn, varieerde van 100 tot 400 kg K_2O per ha. Er kon geen samenhang tussen de gegeven hoeveelheid en de helling van de opbrengstlijnen worden aangetoond.

d. Magnesium

Het is een bekende ervaring dat magnesiumgebrek in de gewassen vooral optreedt op zure zandgronden en dat verbetering van de kalktoestand het gevaar voor het optreden van het gebrek kan verminderen. Bijzonder duidelijk blijkt dit bij granen het geval te zijn, zoals onder andere door VAN ITALLIE (1936) is aangetoond. Dit houdt dus ook in dat de reactie van een graan op verschillen in kalktoestand bij een onvoldoende Mg-voorziening, sterker zal zijn dan bij een ruime Mg-voorziening.

BAKERMANS en HAMMING (1955) geven aan dat iets dergelijks ook wel eens het geval zou kunnen zijn bij bieten. Zij vonden namelijk in 1949 een opmerkelijk geringe invloed van de pH op de opbrengst als er een correctie voor de samenhang met het Mg-gehalte van de grond in rekening gebracht werd. Zij wijzen echter op de mogelijkheid dat de toegepaste correctie te sterk kan zijn.

Blijkens de resultaten van enkele proefvelden waar zowel pH- als Mg-trappen aanwezig waren, is het te betwijfelen of Mg-bemesting een belangrijke invloed heeft op het verband tussen pH en opbrengst van bieten. Van de 12 proefjaren waarover wij gegevens hebben, zijn er 5, waarin de bieten duidelijk gunstig reageerden op een Mg-bemesting. Gemiddeld over deze 5 proefjaren werd bij pH 3,6 een opbrengstverhoging verkregen van 36 q/ha, bij pH 4,5 42 q/ha en bij pH 5,6 13 q/ha. De verschillen tussen deze waarden zijn niet significant. Het ziet er dus niet naar uit dat men het nadeel van een te lage pH voor bieten door Mg-bemesting belangrijk kan verminderen.

Er kon niet worden nagegaan of de helling van de opbrengstlijnen van FIG. 2*a*, *b*, *c* een verband vertoont met het Mg-gehalte van de grond, omdat dit voor de meeste proefvelden niet bekend is.

6. DE INVLOED VAN STALMEST OP HET VERBAND TUSSEN OPBRENGST EN pH

In de praktijk ontvangen bieten op zandgrond vrijwel altijd stalmest. Men is wel van mening dat het nadeel van een te lage pH door stalmest verzwakt kan worden.

In het materiaal waarover wij beschikken, kwamen 16 proefvelden voor die één serie kalktrappen hadden met stalmest en één serie zonder stalmest. Op een aantal van deze proefvelden werd stalmest ook in verschillende van de voorafgaande jaren op de desbetreffende veldjes gegeven. De helling van de opbrengstlijnen werd bij verschillende pH-waarden voor beide objecten afzonderlijk gemeten en uitgezet tegen de pH (FIG. 16). De helling voor de stalmestlijn is kleiner dan voor de andere lijn. Inderdaad is dus de mening van de praktijk, dat door bemesting met stalmest de oogstdepressie als gevolg van te lage pH kan worden beperkt, juist, alhoewel men zich geen al te grote voorstelling van dit effect moet maken. Behalve bij de zeer lage

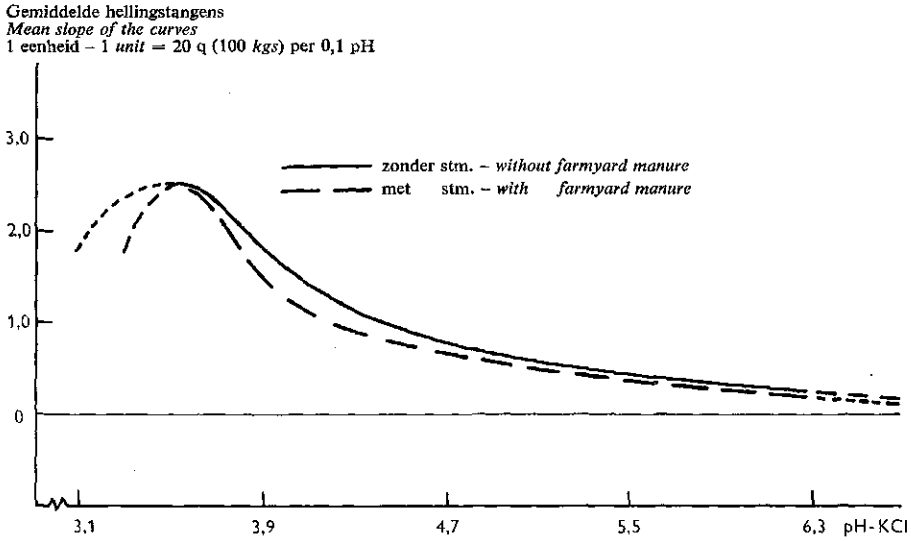

FIG. 16. Invloed van stalmest op het verband tussen pH en opbrengst (gemidd. van 16 proefvelden, waar zowel pH-trappen met als zonder stalmest voorkwamen)
Influence of farmyard manure on the slope of the yield × pH curves (mean of 16 exp. fields each of which having a series of pH levels with and a series without farmyard manure)

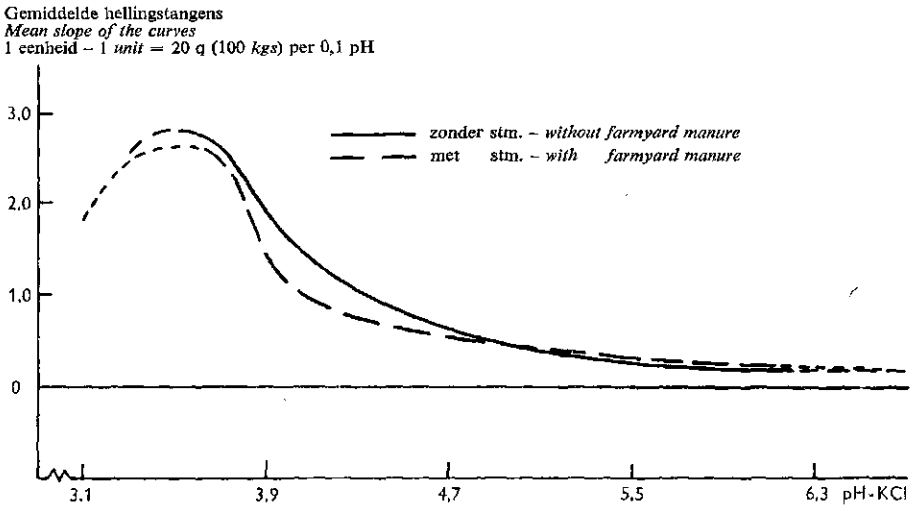

FIG. 17. Als FIG. 16. Thans zijn alle proefjaren uit FIG. 2*a*, *b* en *c* met stalmest gesteld tegenover die zonder stalmest
The same as FIG. 16. *This time all exp. years of* FIGS. 2a, b *and* c *with farmyard manure are compared with those without farmyard manure*

pH-waarden, ligt de stalmest-lijn 0,2 pH-eenheid meer naar links dan de andere lijn. Geeft men dus stalmest, dan kan de pH gemiddeld 0,2 eenheid lager zijn.

Behalve met behulp van de 16 hierboven besproken proefvelden, werd er nog een vergelijking getrokken tussen alle proefjaren waarin stalmest gegeven was en de proefjaren waarin dit niet het geval was. De eerste groep omvatte 25 opbrengstlijnen, de tweede 64. Het resultaat van de vergelijking is weergegeven in FIG. 17, die ongeveer hetzelfde beeld geeft als FIG. 16.

Het is niet mogelijk om aan te geven op welke factor het „bufferend" effect van stalmest berust. Mogelijk hangt het samen met het effect van stikstof, dat in paragraaf 5a besproken is. Op 7 van bovengenoemde 16 proefvelden ontvingen de objecten met stalmest namelijk in totaal meer stikstof dan die zonder stalmest, aangezien zij evenveel kunstmest-N kregen. Brengen wij het effect van deze grotere hoeveelheid stikstof in rekening volgens het in FIG. 13 afgebeelde verband, dan blijft er van een restinvloed van stalmest op het verband tussen opbrengst en pH maar weinig over.

7. DE SAMENHANG TUSSEN DE GEWENSTE pH EN DE VRUCHTBAARHEID VAN DE GROND

Volgens onderzoekingen van BRUIN (1936) en VISSER (1938, 1939, 1943) bestaat er een samenhang tussen de algemene vruchtbaarheidstoestand van de grond, waarvoor het opbrengstniveau als maatstaf gebruikt werd, en de waarde waarbij een bepaalde opbrengstdepressie optreedt. Deze pH (H_2O) zou naar lagere waarden verschuiven indien de algemene vruchtbaarheidstoestand beter is. De verschuiving bleek echter duidelijk in betekenis te verliezen als pH-KCl in plaats van pH-H_2O werd genomen (VISSER, 1943).

Wij hebben in ons materiaal nagegaan of er bij gebruik van pH-KCl van een dergelijk verband bij bieten sprake is. Daartoe werden van alle opbrengstlijnen uit FIG. 2*a*, *b*, *c* hellingstangenten gemeten bij pH 4,4–4,6 en deze werden uitgezet tegen het bij die pH gevonden opbrengstniveau van de desbetreffende proefvelden (FIG. 18). Er treedt geen samenhang op.

8. HET VERSCHIL IN pH-GEVOELIGHEID VAN SUIKER- EN VOEDERBIETEN

Bij suikerbieten werd een gemiddeld wat zwakkere reactie op verschillen in pH gevonden dan bij voederbieten (FIG. 19). De betrouwbaarheid van het verschil is statistisch moeilijk te beoordelen; waarschijnlijk is het niet significant.

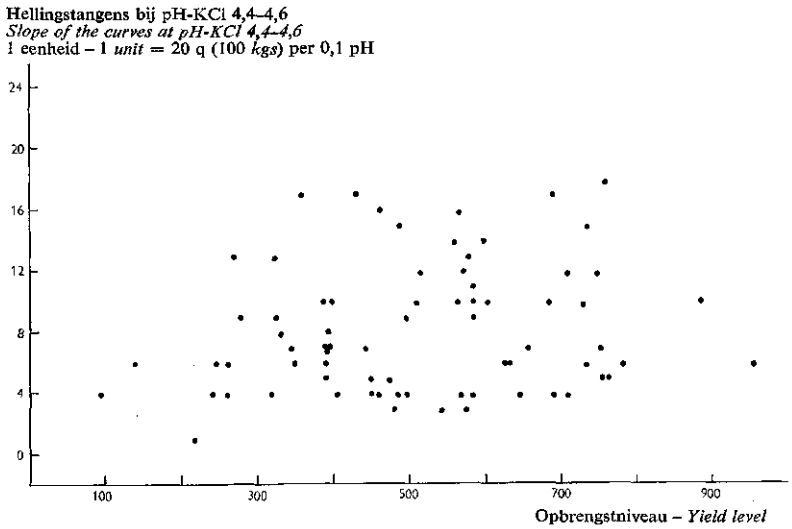

FIG. 18. De helling van de opbrengstlijnen van FIG. 2*a*, *b* en *c* gemeten bij pH-KCl 4,4–4,6, uitgezet tegen het opbrengstniveau van de proefvelden bij deze pH
Slope of the yield curves of FIGS. 2a, b *and* c *measured at pH 4,4–4,6 plotted against the yield levels of the exp. fields at this pH value*

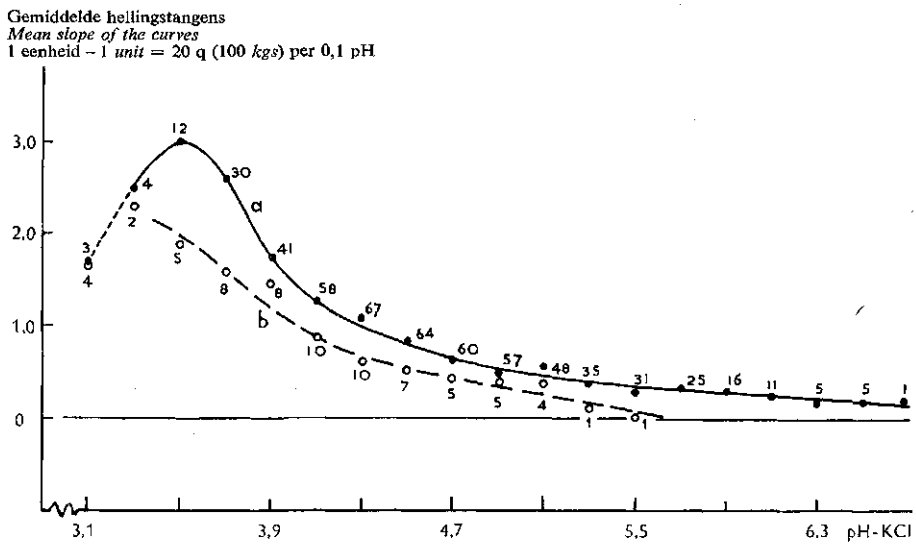

FIG. 19. Verschil in pH-gevoeligheid van suiker- en voederbieten op proefvelden op zandgrond, niet recent bekalkt
Response of sugar and fodderbeets to differences in pH on exp. fields on sandy soil not recently limed

N.B.
Lijn a = voeder- + suikerbieten, b = alleen suikerbieten – *curve* a *refers to fodder + sugar beets,* b *to sugarbeets only.*

CONCLUSIES

De bedoeling van het onderzoek was het vaststellen van het gemiddelde verband tussen de opbrengst van bieten en de pH op zand- en dalgrond en het opsporen van factoren, die op dit verband van invloed zijn. Alle kalkproëfvelden waarover voldoende gegevens ter beschikking stonden, werden gebruikt. Het materiaal omvatte in totaal 103 proefjaren (FIG. 2*a*, *b*, *c*). Conclusies:

1. De lijn die het gemiddelde verband aangeeft tussen opbrengst en pH, loopt vanaf zeer lage pH aanvankelijk steil omhoog en buigt zeer geleidelijk om tot een steeds vlakker verlopende curve (FIG. 4). Behalve bij de zeer lage pH-waarden, kan de vorm van de curve worden beschreven door de vergelijking van MITSCHERLICH. De hoogste opbrengst aan bieten wordt, gemiddeld over alle proefvelden, pas bereikt bij pH-KCl boven 7,6.

2. Verschillen in pH ontstaan door vroeger toegepaste kalkgiften, hebben een grotere invloed op de opbrengst dan gelijke verschillen, die door recente bekalking veroorzaakt zijn (FIG. 6, 7, 8). De in de praktijk veel voorkomende gewoonte om de kalktoestand pas kort voor het zaaien van bieten wat op te voeren, is om deze reden niet de meest gunstige. Beter is het de kalk zo vroeg mogelijk te geven, eventueel vóór het zaaien van het voorafgaande gewas.

3. De schade die bieten ondervinden van een lage kalktoestand, kan niet voorkomen worden door een lichte bekalking van het zaadbed. Het valt zelfs te betwijfelen, of een dergelijke lichte bekalking veel zin heeft (TABELLEN 3 en 4). Verhoging van de pH van de hele bouwvoor heeft in elk geval een veel beter resultaat dan een gelijke verhoging van de pH van het zaadbed alleen (FIG. 9).

4. De reactie van bieten op verschillen in pH bleek op humusrijke gronden geringer te zijn dan op humusarme gronden (FIG. 10). Per 10% hoger humusgehalte mag de pH ongeveer 0,4 eenheid lager zijn (FIG. 11). Op dalgrond stellen bieten geringere eisen aan de kalktoestand dan op zandgrond (FIG. 12), wat misschien aan het verschil in humusgehalte is toe te schrijven.

5. Er werd een samenhang gevonden tussen de reactie van de bieten op de pH en de grootte van de N-bemesting. Bij hogere N-bemesting stelde het gewas geringere eisen aan de kalktoestand. Dit trad het duidelijkst op bij de groep van proefvelden met de lage humusgehalten (lager dan 5%). Voor de proefvelden met humusgehalten hoger dan 7% kon een dergelijke samenhang niet worden aangetoond (FIG. 13). Het is niet bewezen dat de gevonden samenhang inderdaad op stikstofbemesting berust.

6. Er kon geen invloed van de P- en K-bemesting op het verband tussen opbrengst en pH worden aangetoond. Het materiaal bood hiertoe overigens ook slechts beperkte mogelijkheden.

7. Bij toepassing van stalmest mag de pH voor bieten wat lager zijn (FIG. 16). De betekenis van dit effect moet niet overschat worden. In ons materiaal werd slechts een verschuiving van het gewenste pH-niveau van ongeveer 0,2 pH-eenheid gevonden.

8. Er kon geen verband tussen de reactie van bieten op de pH en het opbrengstniveau (als maat voor de vruchtbaarheidstoestand van de percelen) worden aangetoond (FIG. 18).

9. Bij suikerbieten werd een gemiddeld wat zwakkere reactie op verschillen in pH gevonden dan bij voederbieten. Het verschil is waarschijnlijk niet betrouwbaar.

SUMMARY

THE LIME STATUS OF THE SOIL AND BEET YIELDS ON SANDY AND SANDY PEAT SOILS

The investigation was made to establish the mean relationship between the yield of beets (sugar beet and mangold) and the lime status of sandy and sandy peat soils. A second object was to trace the factors which might influence this relationship.

Use was made of all the results of lime experiments with beet available to the Institute for Soil Fertility. The material comprised a total of 103 experimental years.

A curve representing the relationship between yield and pH was established for each experimental year (FIGS. 2*a*, *b*, *c*). To summarize all curves, the gradient of each curve was measured at pH levels at intervals of 0,2 units; the values found were averaged. In this way FIG. 3, for example, was derived from FIGS. 2*a*, *b*, *c*. By integrating a curve as shown in FIG. 3 it was possible to deduce the average relation between yield increase and pH (FIG. 4).

Results:

1. The relationship between yield (root) and pH on sandy and sandy peat soil can be represented by a steep curve at a low pH and a flat curve at a high pH. The transition from one form to the other is very gradual (FIG. 4). Except for the very low pH values the form of the curve can be described by the *Mitscherlich* formula. The highest yield was obtained above 7,6 (pH-KCl) as an average of all experiments.

2. Differences in pH caused by liming in preceding years have a greater effect on yield than equal differences caused by liming in the spring before the beets are sown (FIGS. 6, 7, 8). Hence acid beet-growing land should be limed very early or even before the preceding crop is sown.

3. The damage caused by a low pH cannot be prevented, or only to a slight extent, by applying a small amount of lime to the 1 to 2 in. deep surface layer of the soil. The effect of this is doubtful (TABLES 3 and 4). In any case, raising the pH of the entire topsoil gives a better result thans the same increase of the pH of the surface layer only (FIG. 9).

4. The response of beets to differences in pH was found to be less on soils rich in total organic matter than on those poor in that respect (FIG. 10). A 10% difference in humus content can increase or decrease the required pH level by about 0,4 units. On sandy soils beets require a higher pH than on peat soils (FIG. 12).

5. A correlation was found between the response of the crop to pH and the size of the N dressing, especially in the case of soils having a low humus content (FIG. 13). The smaller the N dressing the higher is the pH which the crop seems to require. It could not be proved that the relationship found was actually due to the nitrogen dressing; the real cause was possibly another unidentified factor correlated to the amount of nitrogen applied.

6. It could not be demonstrated that the P and K dressings had any influence on the relationship between yield and pH.

7. Farmyard manure diminishes the influence of pH, although this effect should not be overrated. According to the results a decrease in the required pH level of about 0,2 pH units is involved (FIG. 16).

8. No correlation was found between the response of the crop to pH and the yield level (as an index of the general fertility level of the experimental fields) (FIG. 18).

9. The response of sugar beet to differences in pH was on an average somewhat weaker than that of mangolds (FIG. 19). It is probable that the difference in sensitivity is not significant.

LITERATUUR

ARRHENIUS, O., Soil acidity and sugar beet in Sweden. *Sugar.* (May 1951) p. 48.

BAKERMANS, W.A.P. en G. HAMMING, Onderzoek naar de factoren, die rendabele bietenverbouw op onze zandgronden beperken. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 61.14 (1955), 39 pp.

BRUIN P., De methodiek der zuurgraadsbepaling van de grond en haar betekenis. *Landbouwk. Tijdschr.* **47** (1935) 1–28.

——— Samenvatting van enige resultaten van kalkproefvelden op bouwland. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 42 (18) A (1956) 47 pp.

CASTENMILLER, G. M., De betekenis van de kalktoestand van het Nederlandse bouwland voor de toekomstige produktiemogelijkheden van de akkerbouw. *Landbouwk. Tijdschr.* **60** (1948) 92–106.

DEMORTIER, G., M. BONUS et A. RIGA, Influence de la chaux et des amendements calcaires sur le développement de la betterave sucrière au cours des premières semaines de la croissance. *Publ. Inst. Belge Amélior. Betterave.* **18** (1950) 2: 43–56.

GERICKE, S., Düngung der Zuckerrübe. Verlag Schaper, Hannover, 1951.

GOEDEWAAGEN, M. A. J., Het wortelstelsel der landbouwgewassen. Algemene Landsdrukkerij, 1942.

HOFFMANN, W. und W. FRERCKS, Aufkalkungs-pH-Werte von Moorböden, anmoorigen und stark humosen Sandböden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk.* **68** (1955) 37–44.

ITALLIE, TH. B. VAN, Hooghalense ziekte en de samenstelling van graanplanten. *Landbouwk. Tijdschr.* **48** (1936) 1–18.

JORET, M., Influence de la réaction du sol sur le rendement de la betterave. *C. R. Acad. Agr. de France.* **17** (1931) 129–132.

KUIPERS, H., Een streekonderzoek gericht op de factoren bodemstructuur en stikstofbemesting *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 61.9 (1955) 79 pp.

MATTHIES, F., Die Bedeutung der Kalkfrage in mecklenburgischen Rübenwirtschaften. *Kühn-Archiv.* **30** (1932) 213–286.

MEYER, C. en J. HUDIG, Het verbouwen van suikerbieten op zandgrond. *Meded. van de 2e Afd. van het R.L.P.S. en BL. te Groningen.* (1929).

PAAUW, F. VAN DER, Invloed van de kalktoestand op de beschikbaarheid van fosfaat op zandgrond. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 56.8 (1950) 19 pp.

PRUMMEL, J., De bemesting in de praktijk II. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 60.8 (1954) 32 pp.

SCHÖNFELD, A., Einfluss der Bodeneigenschaften und der Düngung auf die Höhe und die Zusammensetzung von Rübenernten. *Mitt. der Landwirtsch. Versuchsstat. Ungarns.* **46** (1943) 51–61.

SIMON, M., Le chaulage des terres à betterave. Son importance et ses modalités. *Publ. Inst. Belge Amélior. Betterave.* **18** (1950) 2: 57–84.

——— Comment chauler les terres à betterave nettement acides. *Publ. Inst. Belge Amélior Betterave* **19** (1951) 153–178.

SLUIJSMANS, C. M. J. en K. BOSKMA, De invloed van bekalking, grondsoort, stalmestbemesting en stikstofvorm op het optreden van aardappelschurft. Verslag bespreking aardappelschurft. I.P.O., 1954.

SLUIJSMANS, C. M. J., De reactie van de biet op kalk-kaliverhoudingen in de grond. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 64.7 (1958) 35 pp.

SPURWAY, C. H., Soil reaction preferences of plants. *Mich. Agr. Exp. Sta. Spec. Bull.* nr. 306 (1944).

VISSER, W. C., Kalktoestand en oogstopbrengst. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 44 (6) A (1938) 47 pp.

——— Kalktoestand en oogstopbrengst II. Keniagerst. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 45 (14) A (1939) 23 pp.

——— Kalktoestand en oogstopbrengst III. Haver en IV. Aardappelen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* nr. 49 (1) A (1943) 28 pp.

WATSON, D. J. and E. J. RUSSELL, The Rothamsted experiments on mangolds 1876–1940. Part III Causes of variations of yield. *The Emp. J. of Expt. Agr.* **13** (1945) 61–79.