

CODEN: IBBRAH (14-77) 1-22 (1977)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 14-77

KALKVERLIEZEN OP LÖSSBOUWLAND EN DE INVLOED VAN DE KALKTOESTAND
OP DE OPBRENGSTEN VAN GEWASSEN

door

H. LOMAN

1977

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 14-77 (1977) 22 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Beschrijving van de gegevens	4
3. Invloed kalktoestand op opbrengsten	5
3.1. Wijze van bewerken	5
3.2. Resultaten	5
4. Kalkverliezen op lössbouwland	10
4.1. Wijze van bewerken	10
4.2. Kalkverliezen en onderhoudsbekalking	12
5. Samenvatting	16
6. Literatuur	17
Bijlagen	19

1. INLEIDING

Het oude pH-advies voor lössgrond, dat gold tot 1976, werd in de vijftiger jaren opgesteld na overleg tussen het Rijkslandbouwconsulent-schap te Roermond, het Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodem- en Bemestingsvraagstukken en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Het berustte op proefveldgegevens en praktijkervaringen. De basisgegevens leidend tot het advies werden niet gepubliceerd.

Het pH-advies uit de vijftiger jaren was gebaseerd op het toenmalige bouwplan van het lössgebied. Sindsdien is het bouwplan gewijzigd in de richting van gewassen met een grotere gevoeligheid voor een lage pH, namelijk naar meer bieten en minder granen. Het percentage bieten is toegenomen van circa 15% naar 30% en het percentage haver plus rogge is verminderd van 40% tot 5%. Verder was het gewenst dat, analoog aan het nieuwe pH-advies voor zandgronden, ook de economische aspecten in het advies zouden worden betrokken. Dit betekende een pH-advies gebaseerd op: het bouwplan van de boer, het verband tussen opbrengst en pH, de opbrengst van de gewassen in guldens, het verloop van de pH in de tijd en de kosten van de onderhoudsbekalking.

Sinds het opstellen van het oude pH-advies zijn verscheidene kleinere en grotere kalkproeven uitgevoerd. Sluijsmans (1966) heeft een samenvatting gepubliceerd over de invloed van de kalktoestand op de opbrengsten van wintertarwe, winterroge en haver. Thans zijn de opbrengstresultaten van alle bekende proeven opnieuw bewerkt zodat het verband tussen opbrengst van de gewassen en de pH van de grond op meer gegevens berust dan voorheen. Bovendien is het door deze proeven mogelijk geworden om een redelijke schatting te maken van de pH-daling en de kalkyerliezen op lössbouwland.

Dit rapport is te beschouwen als de basis voor het pH-advies 1976 voor bouwland op lössgronden.

2. BESCHRIJVING VAN DE GEGEVENS

Aan de hand van de "Lijst van proeven van consultantschappen, onderzoek-instituten en andere instellingen" werd nagegaan welke kalkproefvelden er sinds 1946 waren aangelegd of nog in studie waren. Dit leverde een flink aantal proefjaren op. Van deze proefjaren vielen er een aantal af omdat er bijvoorbeeld geen pH-KCl was bepaald, het pH-traject te kort was, gebrekssymptomen voorkwamen die de pH-reactie mogelijk hadden beïnvloed, of omdat de proefnemer het proefjaar onbetrouwbaar achtte (bijv. vogelschade bij granen). Na deze selectie bleven er voor aard-appelen 13, bieten 24, tarwe 23, rogge 15, haver 8, gerst 4 en mais 6 proefjaren over. Een overzicht van deze proefvelden-jaren is gegeven in bijlage I. Voor het berekenen van de kalkverliezen waren 20 bruikbare proefvelden aanwezig (bijlage II).

3. INVLOED KALKTOESTAND OP OPBRENGSTEN

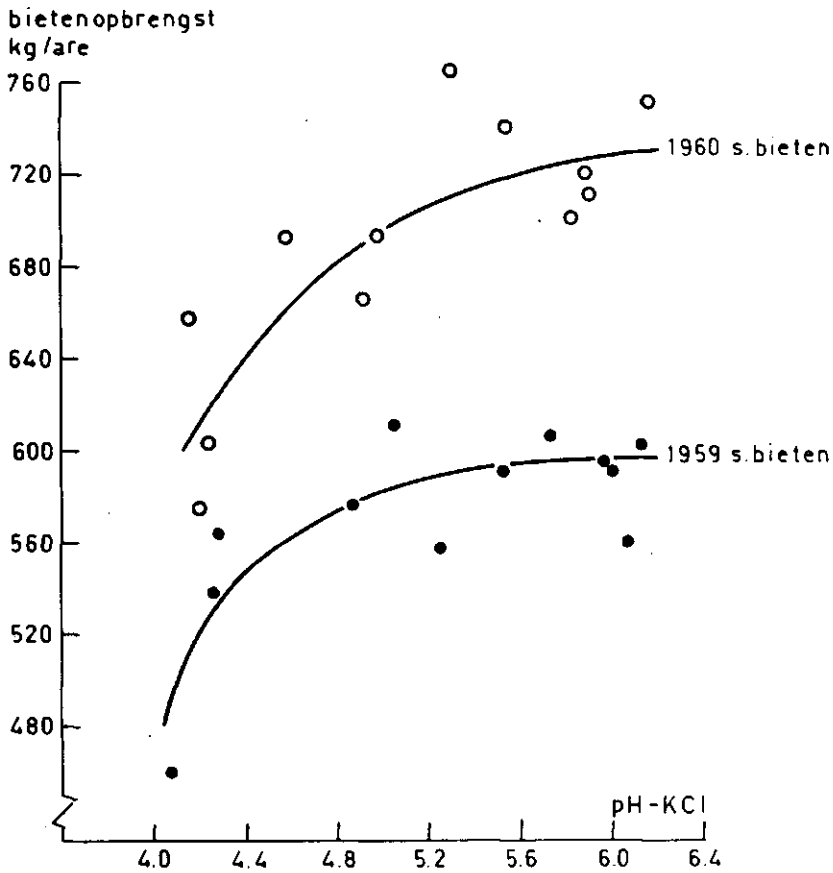
3.1 *Wijze van bewerken*

Eerst is voor elk proefjaar afzonderlijk de opbrengst grafisch uitgezet tegen de pH-KCl van de grond. Door de puntenzwerm werd vervolgens een zo goed mogelijk passende kromme getekend. Hierbij werd ervoor gezorgd dat de sommatie van de verticale afwijkingen van de punten tot de kromme tot nul naderde. Figuur 1 geeft een voorbeeld voor het gewas suikerbieten.

De gemiddelde invloed van de verschillen in pH op de opbrengst kan niet worden berekend door de krommen eenvoudig te middelen, omdat de pH-trajecten elkaar niet volledig overlappen. De beste schatting van de vorm van de gemiddelde curve, die tevens eenvoudig is uit te voeren, wordt verkregen door voor kleine pH-intervallen de opbrengstverandering te bepalen. Hiervoor werd van elke kromme per 0,4 pH-eenheid de opbrengstverandering afgelezen, evenals de opbrengst bij pH 6,0. Daarna werd per pH-interval de gemiddelde verandering berekend. Deze gemiddelde veranderingen werden gesommeerd vanaf pH 6,0 naar hogere en lagere waarden. De aldus verkregen gesommeerde curve (voor bieten zie figuur 2 met de rechter Y-as) geeft de beste schatting van de vorm van de curve die de gemiddelde samenhang tussen opbrengst en pH-KCl weergeeft. Het opbrengstniveau ontbreekt echter nog. Hiervoor wordt de gemiddelde opbrengst bij pH 6,0 genomen. Deze pH is in zekere zin willekeurig maar komt op veel proefvelden voor. De opbrengstverandering nul op de rechter Y-as wordt gelijkgesteld aan de gemiddelde opbrengst bij pH 6,0 zodat de linker Y-as ontstaat. Nu kan op eenvoudige wijze het verband tussen relatieve opbrengst en de kalktoestand van de grond worden berekend.

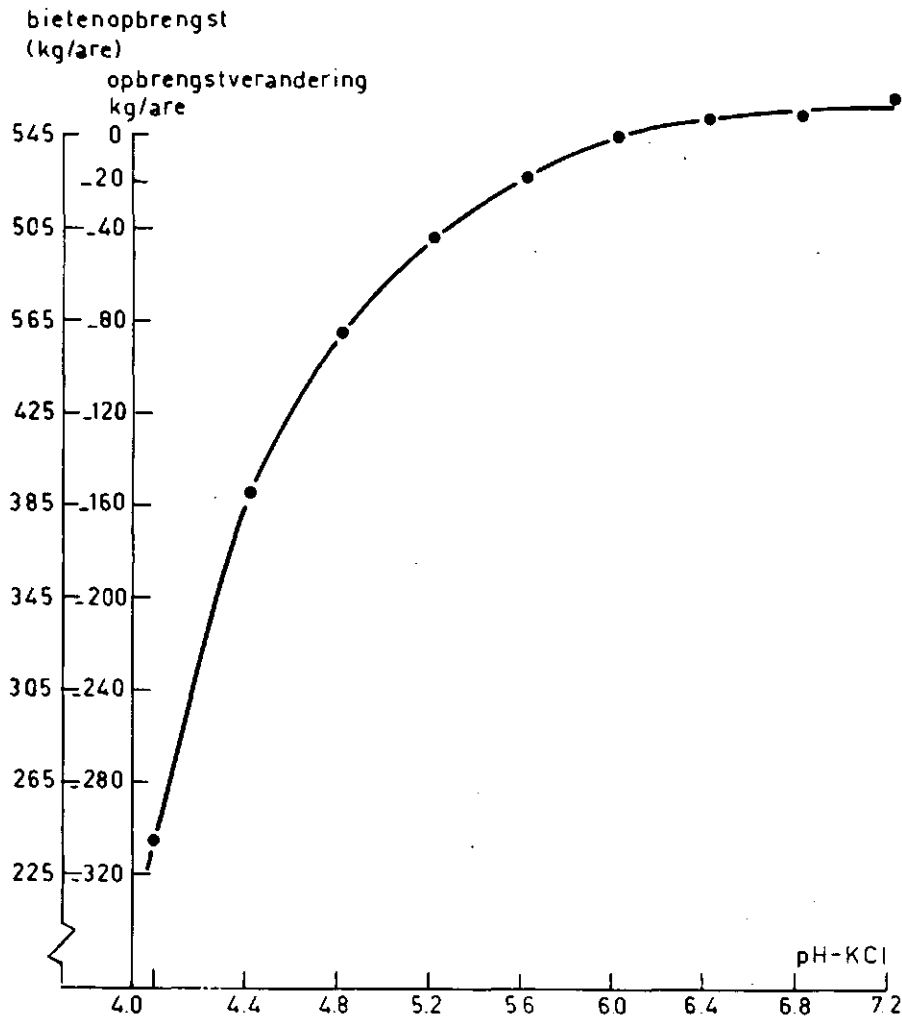
3.2. *Resultaten*

Het onderzoek naar de invloed van de kalktoestand van de grond op de opbrengst van de gewassen is op zand-, dal- en kleigronden veel uitgebreider dan dit onderzoek op lössgrond.



Figuur 1. Verband tussen bietenopbrengst en pH-KCl van de grond voor de veldjes van het proefveld ZL 2002.

In de inleiding is gesteld dat het oude pH-advies was gebaseerd op proefresultaten en praktijkwaarnemingen. Sluijsmans heeft daarna een aantal proefresultaten gepubliceerd (1956, 1958 en 1966). Uit de gegevens van vier kalk-kaliproeven concludeerde Sluijsmans dat de reactie van bieten op löss niet duidelijk verschilde met die op zee- en rivierklei. Uit de kalk-kali interactie van vijf proeven met aardappelen concludeerde hij dat, afgezien van de kans op het optreden van schurft, een hoge pH van 6,7 gunstig zou zijn voor aardappelen mits voldoende met



Figuur 2. Berekening van de gemiddelde samenhang tussen opbrengst van bieten en pH-KCl.

kali en magnesium werd bemest. Op grond van dezelfde proefvelden, maar met een andere bewerkingsmethodiek, kwamen anderen (Anoniem, 1966) tot een optimale pH voor aardappelen van 5,6. Voor wintertarwe, winterrogge en haver beschreef Sluijsmans (1966) het verband tussen opbrengst en

kalktoestand van de grond.

Thans is voldoende proefmateriaal beschikbaar om nieuwe curven te berekenen voor aardappelen, bieten, mais en tarwe. Voor gerst zijn slechts vier proefjaren beschikbaar en voor haver en rogge is geen nieuw proefmateriaal voorhanden. In tabel I wordt een samenvatting gegeven van de reactie van de gewassen op de kalktoestand van de grond berekend met de meest recente gegevens.

TABEL I. Gemiddelde samenhang tussen de relatieve opbrengst en de pH van de grond.

pH-KCl	Aard.	Bieten	Tarwe	Mais	Haver [†]	Rogge [†]	Gerst
4	90	43	93	78	98	97	-
4,4	94	70	95	87	99	99	-
4,8	97	82	96½	93	100	100	98
5,2	99	90	98	97	100	100	99
5,6	100	95	99½	99	100	99½	100
6,0	99½	98	100	100	100	99	100
6,4	98	99	99	98½	100	98	99
6,8	96½	100	97	96½	100	97	98
7,2	95	100	-	-	100	96	-
aantal proefjaren	13	24	23	6	8	15	4

[†] Gegevens Sluijsmans (1966).

De curve van haver is zwak gefundeerd. De reden is onder andere dat de laatste jaren geen proeven met haver zijn uitgevoerd. Voor het pH-advies heeft dit echter nauwelijks consequenties omdat het aandeel haver in het gemiddelde bouwplan gedurende de laatste jaren slechts 1% bedraagt. De gerstcurve is slechts gebaseerd op vier proefjaren van één proefveld. De reactie van gerst kwam ongeveer overeen met die van zomertarwe op hetzelfde proefveld. Voor de berekeningen voor het pH-advies is gerekend alsof gerst op dezelfde wijze als tarwe reageert op verschillen in pH van de grond. De maiscurve is eveneens op een gering aantal proefjaren gebaseerd maar de afzonderlijke proefjaren hebben een goede betrouwbaarheid en vertonen onderling een goede mate van overeenkomst. Hierdoor mag aan de maiscurve een voldoende betrouwbaarheid worden toegekend.

Bieten reageren het sterkste op de verschillen in pH: de optimale pH is 7 en er is een sterke opbrengstdaling bij een lage pH, nl. een relatieve opbrengst van 43 bij pH 4. Het volgende gewas is mais: optimum pH 6 en een relatieve opbrengst van 78 bij pH 4. De groep aardappelen, tarwe (en gerst) heeft een optimum pH van $5\frac{1}{2}$ à 6 en een relatieve opbrengst van ruim 90% bij pH 4. Haver en rogge reageren het zwakst op de verschillen in pH: optimum pH 4,8 en een relatieve opbrengst van 97% bij pH 4.

4. KALKVERLIEZEN OP LÖSSBOUWLAND

4.1. *Wijze van bewerken*

Nadat de pH door bekalking op niveau is gebracht, zal hij weer gaan dalen. Deze daling neemt af totdat een zeker evenwicht is bereikt: de evenwichts-pH. Bij het onderzoek naar de kalkverliezen op zandbouwland (Loman en De Willigen, 1972) bleek dat de grootte van de pH-daling in een jaar recht evenredig was met het verschil tussen de pH in dat jaar en de evenwichts-pH. In formule wordt dit als volgt weergegeven:

$$\begin{aligned} \text{pH}_{\text{voor}} &= \text{pH}_{\text{ev}} + \text{pH}_{\text{verschil}} &= \text{pH}_{\text{ev}} + (\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) \\ \text{pH}_{\text{na}} &= \text{pH}_{\text{ev}} + \text{fractie van } \text{pH}_{\text{verschil}} &= \text{pH}_{\text{ev}} + a(\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) \\ \hline \text{pH}_{\text{voor}} - \text{pH}_{\text{na}} &= \text{pH}_{\text{daling}} &= (1-a)(\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH}_{\text{na}} &= \text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{daling}} \\ \text{pH}_{\text{na}} &= \text{pH}_{\text{vr}} - (1-a)(\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) \\ \text{pH}_{\text{na}} &= a \times \text{pH}_{\text{vr}} + (1-a)\text{pH}_{\text{ev}} \\ \text{Stel } (1-a)\text{pH}_{\text{ev}} &= c \text{ dan is:} \\ \text{pH}_{\text{na}} &= a \times \text{pH}_{\text{vr}} + c \text{ en } \text{pH}_{\text{ev}} = c/(1-a) \end{aligned}$$

Met deze formule van de lineaire regressie is eenvoudig te werken en is het verloop van de pH in de tijd gemakkelijk in een algemene formule weer te geven:

$$\begin{aligned} \text{na n jaar is } \text{pH}_{\text{na}} &= a^n (\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) + \text{pH}_{\text{ev}} \\ \text{na n jaar is } \text{pH}_{\text{daling}} &= (1-a^n)(\text{pH}_{\text{vr}} - \text{pH}_{\text{ev}}) \end{aligned}$$

Indien de pH na n jaar volgens bovenstaande regressieformule wordt berekend dan zal blijken dat de berekende en gemeten pH niet met elkaar overeenkomen. Bij de lineaire regressie wordt namelijk uitgegaan van een foutloze X-as. Het is duidelijk dat voor de voorspelling van de pH na één jaar de methode van de foutloze X-as correct is. Indien echter het

verloop van de pH over meer jaren wordt berekend dan wordt bij de tweede stap de berekende pH_{na} , die de fout van de Y-as (de residuele fout) heeft als een foutloze pH_{vr} op de X-as geplaatst. Dus wat het ene jaar Y is met fout wordt in het volgende jaar X zonder fout. Deze procedure kan worden doorbroken door de X-as niet als foutloos te beschouwen, maar als een as met fout behept. Omdat zowel op de X-as als op de Y-as pH-waarden worden uitgezet, is gekozen voor een evengrote fout van beide assen. Van Uven (1946) heeft een formule gegeven om uit de gereduceerde kwadraatsommen een in dit geval betere regressie te berekenen:

$$tg\ 2\alpha = \frac{2 \times \Sigma xy}{\Sigma x^2 - \Sigma y^2}$$

$$regr.\ co\ddot{e}ff.\ a = tg\alpha = \frac{\sqrt{tg^2\ 2\alpha + 1} \pm 1}{\pm tg\ 2\alpha} \quad \begin{array}{l} +1 \text{ en } -tg\ 2\alpha \text{ als } tg\ 2\alpha \text{ negatief is} \\ -1 \text{ en } +tg\ 2\alpha \text{ als } tg\ 2\alpha \text{ positief is} \end{array}$$

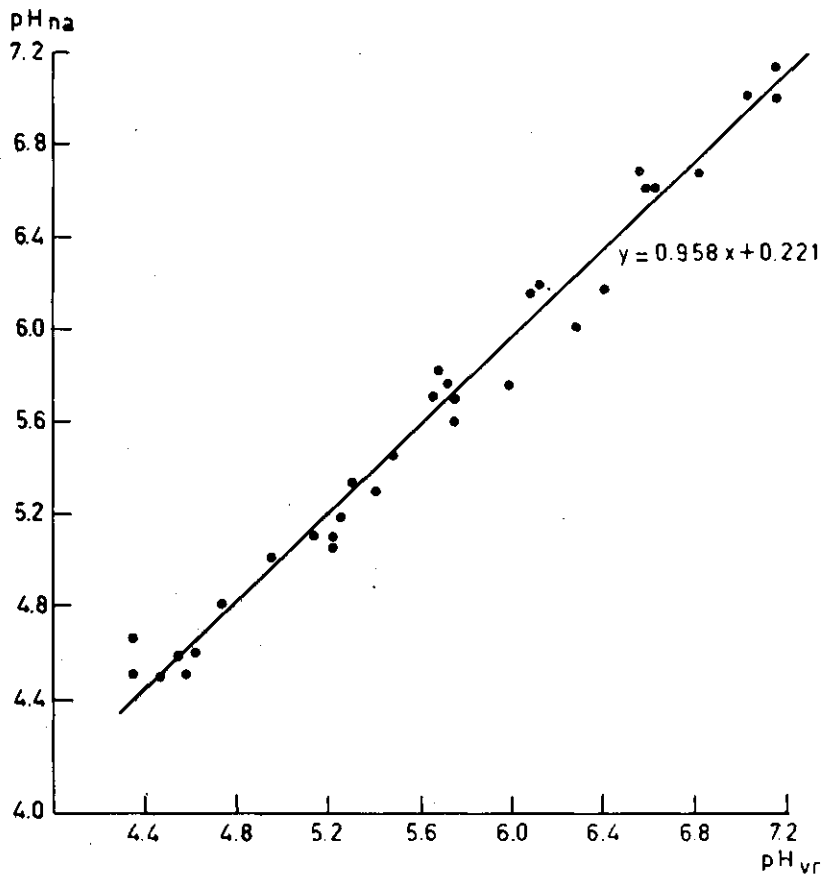
In figuur 3 wordt als voorbeeld van de werkwijze het resultaat van het proefveld L 661 1951/1952 weergegeven. Per veldje is een paar van pH's beschikbaar die tezamen een punt in de figuur vormen. Van dit punt is de pH in 1951 de absciswaarde en de pH in 1952 de ordinaatwaarde. Op deze wijze is de getoonde puntenzwerm verkregen waarvoor de regressie is berekend. Voor dit proefveld-jaar was de formule:

$$pH_{na} = 0,958 \times pH_{vr} + 0,221. \text{ De evenwichts-pH was } \frac{0,221}{1-0,958} = 5,26.$$

Uit het totale proefvelden materiaal met diverse proefvelden en proefjaren (zie bijlage II) met in totaal 1142 paren van pH_{vr} met pH_{na} werd als gemiddelde formule berekend:

$$pH_{na} = 0,94284 \times pH_{vr} + 0,26826 \quad \text{met } pH_{ev} = 4,69$$

Deze formule is berekend voor waarden van pH_{vr} van 6,8 of lager. Voor hogere pH-waarden geldt waarschijnlijk een andere formulering. Bij pH-waarden van 7 of hoger zal in de grond een zeker percentage vrije koolzure kalk aanwezig zijn. Een kalkverlies kan dan tot gevolg hebben dat de voorraad vrije koolzure kalk afneemt maar de pH op hetzelfde peil blijft. Is echter de voorraad vrije koolzure kalk beneden een of andere waarde gedaald dan zal ook de pH gaan dalen. Het proefveld L 1105 1948/

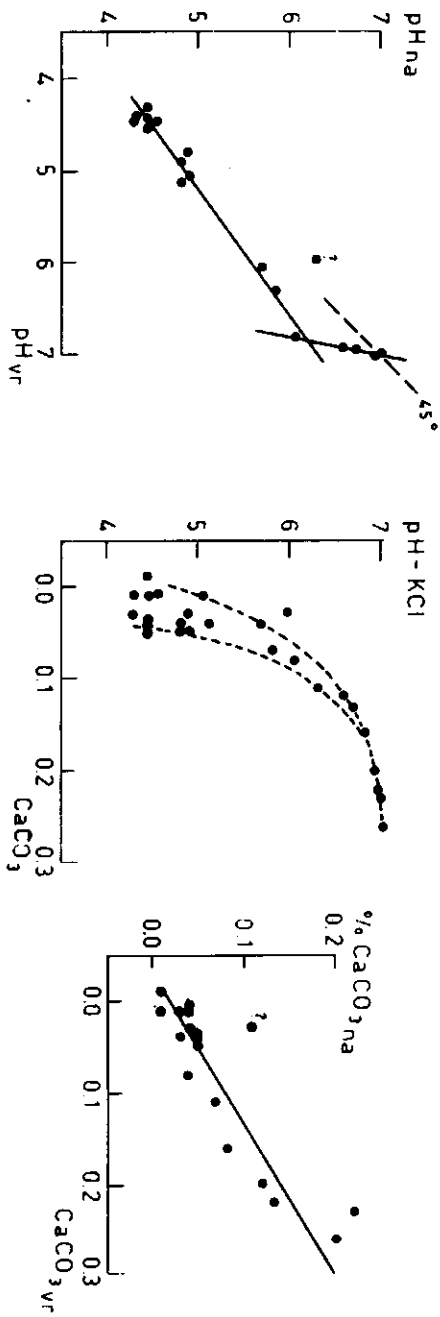


Figuur 3. L 661 1951/1952, een voorbeeld van de wijze van bewerken.

1949/1950 laat dit zien. Figuur 4a $\text{pH}_{\text{vr}} \times \text{pH}_{\text{na}}$, figuur 4b $\% \text{CaCO}_3 \times \text{pH}$ en figuur 4c $\% \text{CaCO}_3_{\text{vr}} \times \% \text{CaCO}_3_{\text{na}}$. In hoeverre figuur 4 algemene geldigheid heeft is hier niet aan te geven omdat hiervoor veel te weinig gegevens beschikbaar zijn. Mogelijk kan een onderzoek naar de kalkverliezen op zeekleigronden hierover uitsluitsel geven.

4.2. Kalkverliezen en onderhoudsbekalking

Om uit de daling van de pH een kalkverlies te berekenen is de kalkfactor



Figuur 4. Enige kalktoestandskarakteristieken van L 1105 1948/1949/1950.

nodig. Tot pH-KCl 6,4 geldt op lössgronden de formule $b \times$ kleihumus waarin

$$b = 11,2 \times \text{volumegewicht en kleihumus} = \frac{1}{4} \times \% \text{ afslibbaar} + \% \text{ humus.}$$

Het kalkverlies na n jaar, die met een onderhoudsbekalking weer moet worden gecompenseerd, bedraagt: $X \times$ kalkfactor \times bouwvoordikte in dm. Tot pH 6,4 is X gelijk aan het aantal tienden pH-daling, maar boven pH 6,4 is X groter omdat boven deze pH per 0,1 pH-stijging meer kalk nodig is dan de kalkfactor aangeeft. De factor X wordt dan als volgt berekend: $X = \frac{rb2 - rb1}{0,02}$ waarin $rb2$ het relatief basengehalte bij de gewenste pH is en $rb1$ het relatief basengehalte bij de uitgangspH, bijv. 6,4 of hoger.

Rekenvoorbeeld:

de pH moet worden verhoogd van 6,5 naar 7,0. Dan is (zie tabel IV) $rb2 = 1,28$ en $rb1 = 1,025$. Nu bedraagt X geen $(7,0 - 6,5) \times 10 = 5$, maar $(rb2 - rb1)/0,02 = 0,255/0,02 = 12,75$.

Om het rekenen wat te vergemakkelijken worden hier tabellen gegeven waaruit de kalkfactor en de pH-daling kan worden afgeleid.

TABEL II. De kalkfactor tot pH-KCl 6,4 op lössgrond met een bouwvoor van 20 cm.

% org.stof	% afslibbare delen				
	16	20	24	28	32
0,5	136	166	196	226	257
1	147	176	206	235	265
1,5	158	186	215	244	273
2	168	196	224	252	280
2,5	178	205	233	260	288
3	188	214	241	268	295
3,5	197	223	249	275	301
4	205	230	256	282	307

TABEL III. De daling van de pH na n jaar.

	pH-voor							
	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
n = 1	0,040	0,052	0,063	0,075	0,086	0,098	0,109	0,120
2	0,078	0,101	0,123	0,145	0,167	0,189	0,211	0,233
3	0,114	0,147	0,179	0,212	0,244	0,276	0,309	0,341
4	0,148	0,190	0,232	0,274	0,316	0,358	0,400	0,442
5	0,180	0,231	0,282	0,333	0,384	0,435	0,486	0,537
6	0,210	0,270	0,329	0,389	0,448	0,508	0,567	0,627
7	0,239	0,306	0,374	0,441	0,509	0,576	0,644	0,711
8	0,265	0,341	0,416	0,491	0,566	0,641	0,716	0,791

TABEL IV. Het verband tussen pH-KCl en relatief basengehalte.

pH-KCl	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2
rel. basengehalte	1,0	1,025	1,06	1,10	1,15	1,21	1,28	+ 1,4	+ 1,7

Rekenvoorbeelden:

A. 26% afslibb., 2,5% org.stof, $pH_{vr} = 6,2$, $n = 4$ jaar en bouwvoor 20 cm.

kalkfactor = 246 kg CaO (tabel II)

pH-daling = 0,316 pH (tabel III)

Kalkverliezen = onderhoudsbekalking = $10 \times 0,316 \times 246 = 777$ kg CaO per ha.

B. hetzelfde perceel, maar nu $pH_{vr} = 6,7$ en bouwvoor van 25 cm.

kalkfactor = $\frac{25}{40} \times 246 = 308$ kg CaO (tabel II)

pH-daling = 0,421 (tabel III) dus $pH_{na} = 6,279$

pH 6,279 naar pH 6,4: aantal tienden dat pH verhoogd moet worden is $10 \times 0,121$

pH 6,4 naar pH 6,7: $(rb_2 - rb_1)/0,02 = 5$

Kalkverliezen = onderhoudsbekalking = $(5 + 10 \times 0,121) \times 308 = 1913$ kg CaO per ha.

5. SAMENVATTING

Het pH-advies voor bouwland op lössgrond dat tot 1976 gold, werd in de vijftiger jaren opgesteld aan de hand van proefveldgegevens en praktijkwaarnemingen. In 1976 waren er een aantal argumenten om dit pH-advies grondig te wijzigen. Deze argumenten waren: een pH-advies behoort gebaseerd te zijn op het bouwplan van de boer in plaats van het gemiddelde bouwplan van het gebied, de opbrengst van de gewassen in gulden, het verloop van de pH in de tijd, de kosten van de onderhoudsbekalking en het verband tussen opbrengst van de gewassen en de pH van de grond. In dit rapport is het beschikbare proefveldmateriaal bestudeerd dat gegevens leverde over de invloed van de kalktoestand (gemeten als pH-KCl) op de opbrengst en over de grootte van de kalkverliezen op lössbouwland. De belangrijkste resultaten waren:

(1) Bieten reageren het sterkste op de verschillen in pH van de grond; optimale pH is 7 en relatieve opbrengst bij pH 4 is 43%.

(2) Haver en rogge (beide gewassen zijn voor het bouwplan van geringe betekenis) reageren het zwakste op verschillen in pH van de grond; optimale pH is 5 en relatieve opbrengst bij pH 4 is 97%.

(3) Tarwe, aardappelen en mais nemen een tussenpositie in, waarvan mais het sterkste reageert op verschillen in pH van de grond.

(4) De daling van de pH is afhankelijk van de uitgangspH (pH_{vr}) en bedraagt na n jaar: $(1 - 0,94284^n)(pH_{vr} - pH_{ev})$. De waarde pH_{ev} is een evenwichtspH die na lange tijd ontstaat bij weglaten van bekalking en toepassen van een neutrale bemesting. Uit het beschikbare proefmateriaal werd een evenwichtspH van 4,69 berekend.

(5) Omdat de kalkfactor een functie is van organische stofgehalte, afslibbare delen en bouwvoordikte is de grootte van de kalkverliezen = onderhoudsbekalking een functie van uitgangspH, het aantal jaren na de laatste bekalking, humus %, afslibbaar % en de bouwvoordikte.

6. LITERATUUR

- Anoniem, 1966. Bemesting van löss in Duitsland. Verslag van een bezoek aan het Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung te Giessen. IB-stencil C 5161.
- Loman, H. en De Willigen, P., 1972. Kalkverliezen op zandbouwland. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 13-72: 42 pp.
- Sluijsmans, C.M.J., 1956. Reactie van de aardappel op de kalk-kali-verhoudingen in de grond. Versl. Landbouwk. Onderz. 62-13: 82 pp.
- Sluijsmans, C.M.J., 1958. Reactie van de biet op de kalk-kali-verhoudingen in de grond. Versl. Landbouwk. Onderz. 64-7: 53 pp.
- Sluijsmans, C.M.J., 1966. Invloed van kalktoestand op de opbrengst van wintertarwe, winterrogge en haver op löss. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 14-66: 6 pp + bijl.

BIJLAGE I

Overzicht van de gebruikte proefvelden en -jaren voor de gewassen aardappelen, bieten, tarwe, rogge, haver, gerst en mais.

Proefveld	Jaar		Plaats
<i>Aardappelen</i>			
L 967	1953	Voran	Wolder-Maastricht
L 1109	1950	Alpha	Wolder-Maastricht
L 1112	1949	Voran	Vijlen-Vaals
L 968	1951	Bintje	Ulestraten
L 1109	1951	Bintje	Wolder-Maastricht
ZL 2415	1968	Bintje	Wijnandsrade
ZL 2415	1969	Bintje	Wijnandsrade
ZL 2415	1970	Bintje	Wijnandsrade
ZL 2415	1971	Bintje	Wijnandsrade
ZL 2415	1972	Saturna	Wijnandsrade
ZL 2415	1973	Saturna	Wijnandsrade
ZL 2415	1974	Saturna	Wijnandsrade
ZL 2415	1975	Saturna	Wijnandsrade
<i>Bieten</i>			
L 967	1951	suikerbieten	Wolder-Maastricht
L 969	1950	suikerbieten	Ubachsberg
L 970	1955	suikerbieten	Geleen
L 1108	1949	suikerbieten	Voerendaal
ZL 1593	1955	suikerbieten	Doenrade
ZL 2157	1961	suikerbieten	Doenrade
ZL 2001	1959	suikerbieten	Guttecoven
ZL 2001	1960	suikerbieten	Guttecoven
ZL 2002	1959	suikerbieten	Einighausen
ZL 2002	1960	suikerbieten	Einighausen
ZL 2514	1968	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1969	niet geoogst	Wijnandsrade
ZL 2514	1970	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1971	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1972	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1973	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1974	suikerbieten	Wijnandsrade
ZL 2514	1975	suikerbieten	Wijnandsrade
L 661	1951	voederbieten	Beek
L 1104	1949	voederbieten	Born
L 1105	1949	voederbieten	Elslo
L 1106	1949	voederbieten	Ulestraten
L 1111	1948	voederbieten	Schaesberg
L 1112	1950	voederbieten	Vijlen-Vaals
ZL 1863	1956	voederbieten	Aesterberg-Echt

Proefveld	Jaar	Plaats
<i>Tarwe</i>		
gegevens Sluijismans (1966)		
L 661	1944	Beek
L 661	1947	Beek
L 661	1950	Beek
L 967	1948	Wolder-Maastricht
L 967	1954	Wolder-Maastricht
L 968	1949	Ulestraten
L 970	1951	Geleen
L 971	1951	Buchten-Meersen
L 1104	1950	Born
L 1105	1950	Elslo
L 1106	1948	Ulestraten
L 1108	1950	Voerendaal
L 1109	1948	Wolder-Maastricht
L 1110	1949	Sibbe-Valkenburg
ZL 1691	1957	Geleen
nieuwe gegevens		
ZL 2514	1968	Wijnandsrade
ZL 2514	1969	Wijnandsrade
ZL 2514	1970	Wijnandsrade
ZL 2514	1971	Wijnandsrade
ZL 2514	1972	Wijnandsrade
ZL 2514	1973	Wijnandsrade
ZL 2514	1974	Wijnandsrade
ZL 2514	1975	Wijnandsrade
<i>Rogge</i>		
gegevens Sluijismans (1966)		
L 661	1948	Beek
L 967	1949	Wolder-Maastricht
L 967	1955	Wolder-Maastricht
L 968	1950	Ulestraten
L 969	1949	Ubachsberg
L 970	1948	Geleen
L 970	1949	Geleen
L 970	1954	Geleen
L 971	1952	Buchten-Meersen
L 1104	1948	Born
L 1105	1948	Elslo
L 1108	1948	Voerendaal
L 1109	1949	Wolder-Maastricht
ZL 1691	1955	Geleen
ZL 1691	1958	Geleen

Proefveld	Jaar	Plaats
<i>Haver</i>		
gegevens Sluijmsmans (1966)		
L 661	1949	Beek
L 966	1954	Vijlen-Vaals
L 970	1953	Geleen
L 1107	1948	Amstenrade
L 1110	1948	Sibbe-Valkenburg
ZL 2001	1957	Guttecoven
ZL 2001	1958	Guttecoven
ZL 2002	1958	Einighausen
<i>Gerst</i>		
ZL 2514	1968	Wijnandsrade
ZL 2514	1969	Wijnandsrade
ZL 2514	1970	Wijnandsrade
ZL 2514	1972	Wijnandsrade
<i>Mais</i>		
L 967	1952	
L 970	1952	
ZL 2514	1972	Wijnandsrade
ZL 2514	1973	Wijnandsrade
ZL 2514	1974	Wijnandsrade
ZL 2514	1975	Wijnandsrade

BIJLAGE II

Gegevens van de gebruikte proefvelden voor de berekening van de kalkverliezen.

Proefveld	Plaats	Aantal proef- jaren†	Totaal waarn.	$\text{pH}_{\text{na}} = a \cdot \text{pH}_{\text{vr}} + b$		
				a	b	corr. coëf.
L 661	Beek	3	96	0,967	0,128	0,99
L 966	Vijlen	4	46	0,957	0,100	0,96
L 967	Wolder-Maastricht	5	58	0,930	0,368	0,97
L 968	Ulestraten	1	10	0,971	0,158	0,99
L 970	Ubachsberg	4	46	0,956	0,246	0,96
L 971	Buchten	2	22	0,861	0,826	0,72
L 1104	Born	2	16	0,742	1,143	0,97
L 1105	Elslo	2	14	0,729	1,199	0,98
L 1107	Amstenrade	1	8	0,920	0,400	0,74
L 1108	Voerendaal	3	24	0,792	1,257	0,45
L 1109	Wolder-Maastricht	3	24	0,988	0,154	0,57
L 1110	Sibbe-Valkenburg	2	16	1,067	-0,320	0,63
L 1111	Schaesberg	1	8	0,723	1,653	0,93
L 1112	Vijlen	2	16	1,067	-0,449	0,97
ZL 1593	Doenrade	2	36	0,890	0,419	0,97
ZL 1863	Aesterberg-Echt	2	48	0,917	0,432	0,91
ZL 2001	Guttecoven	3	36	1,069	-0,396	0,96
ZL 2002	Einighausen	2	24	1,040	-0,178	0,95
ZL 2157	Doenrade	1	18	0,676	1,071	0,54
ZL 2514 Blok I	Wijnandsrade	6	144	0,945	0,269	0,86
ZL 2514 Blok II	Wijnandsrade	6	144	0,949	0,275	0,86
ZL 2514 Blok III	Wijnandsrade	6	144	0,944	0,246	0,93
ZL 2514 Blok IV	Wijnandsrade	6	144	0,933	0,336	0,88
Gemiddeld over L 661 t/m ZL 2514			566	0,9428	0,2562	0,90
Gemiddeld ZL 2514 (Wijnandsrade)			576	0,9429	0,2806	0,88
Gemiddeld over alle proeven			1142	0,94284	0,26826	0,89

† Aantal proefjaren wil zeggen het aantal vergelijkingen van pH_{vr} met pH_{na} .

in B.J-2-1977-14

Rapport 14-77

Errata

p.11

$$\frac{\sqrt{\text{tg}^2 2\alpha + 1} + 1}{\mp \text{tg } 2\alpha}$$

moet zijn:

$$\frac{\sqrt{\text{tg}^2 2\alpha + 1} + 1}{\mp \text{tg } 2\alpha}$$

p.11, regel 15; ondinaatwaarde, moet zijn: ordinaatwaarde

p.14, regel 1; b kleihumus, moet zijn: b x kleihumus

p.15, rekenvoorbeeld B; $\frac{25}{40}$, moet zijn: $\frac{25}{20}$

