

PROEFSTATION VOOR DE AKKER- EN WEIDEBOUW
WAGENINGEN

GESTENCILDE VERSLAGEN
VAN
INTERPROVINCIALE PROEVEN

Nr. 71 (1959)

VOORLOPIG RAPPORT
VAN EEN INTERPROVINCIALE SERIE K-Mg-Na-
PROEVEN MET VOEDERBIETEN OP ZANDGROND

(serie 26 - 1958)

Ir. C.M.J. Sluijsmans en K. Boskma

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen)

Inleiding

In de praktijk worden voederbieten op zandgrond meestal zeer zwaar met kali bemest. Volgens een door Prummel (1954) gehouden enquête wordt gemiddeld 450-500 kg K_2O per ha gegeven, waarbij de kali uit stalmest en gier is inbegrepen.

Volgens de Willigen (1941) en van Itallie (1941) zijn dergelijke giften op kali-arme gronden inderdaad nodig om de hoogste opbrengst aan kilogrammen te krijgen. Andere onderzoekingen wijzen op een geringere behoefte. Op voorbeeldbedrijven werd door de Groot (1955) gevonden, dat bij 300-375 kg K_2O hogere opbrengsten verkregen werden dan bij 500 kg K_2O . Bakermans en van der Zweerde (1958) menen, dat bij onvoldoende kalitoestand een gift van 350 kg, de kali uit stalmest en gier inbegrepen, voldoende is. Bij voldoende toestand zou niet meer dan 40 kg kunstmestkali rendabel zijn, indien bovendien stalmest en gier gegeven worden.

Het verschil van mening over de gewenste kalibemesting is aanleiding geweest om uitvoeriger onderzoek over dit punt te doen. Het leek gewenst om hieraan een onderzoek over de behoefte aan bemesting met magnesium en natrium vast te knopen.

Over de invloed van bemesting met magnesium bestaan nog maar weinig gegevens. Interessant is vooral de vraag, of bij bieten evenals bij andere gewassen een antagonisme tussen K en Mg optreedt. In vroeger onderzoek zijn aanwijzingen verkregen, dat dit niet het geval is (Bakermans, 1957).

Wat het natrium betreft is onvoldoende bekend in hoeverre het kali kan vervangen waar een specifiek effect van dit element verwacht mag worden en wat hierbij de betekenis is van het natriumgehalte van de grond.

Doel van het onderzoek

In verband met de in de inleiding genoemde vraagpunten werden de volgende doeleinden gesteld:

1. bepaling van: de optimale K-gift, het effect van Mg- en Na-bemesting, de grootte van de interactie tussen K en Mg en tussen K en Na. Het was met het oog op het verkrijgen van een adviesbasis gewenst hierbij de cijfers van het grondonderzoek te betrekken
2. oriëntering over de invloed van bemesting met stalmest op de onder 1 genoemde punten.

Opzet van het onderzoek

In verband met de wenselijkheid van een brede variatie in verschillende bodemvruchtbaarheidsfactoren was een flink aantal proefvelden nodig. Het onderzoek werd daarom aangepakt met behulp van een interprovinciale serie proefvelden, waarvoor er 60 werden voorgesteld.

De proefpercelen moesten zodanig geselecteerd worden, dat er in het totale materiaal geen al te sterke correlaties tussen bepaalde factoren (voornamelijk K-getal, MgO-gehalte en gehalte aan organische stof) zouden bestaan. Met het oog hierop werden door het I.B. voor K-getal, MgO-gehalte en humusgehalte normen aangegeven, waaraan de proefvelden moesten voldoen.

Op elk proefveld werden vier K-trappen (0-150-300-450 kg K₂O per ha) aangelegd in combinatie met twee Mg-trappen (0-150 kg MgO per ha) en twee Na-trappen (0-200 kg Na₂O per ha). Alle objecten lagen in enkelvoud, zodat elk proefveld uit 16 veldjes bestond. De kali werd gegeven als k-60, het magnesium als kieseriet, het natrium als landbouwsout (vrijwel zuiver NaCl). Alle meststoffen moesten vóór het zaaien van de bieten worden toegediend.

Een aantal consultants werd gevraagd om naast een proefveld, zoals hierboven beschreven is, eenzelfde proefveld te leggen, waarop stalmest (30 ton per ha) gegeven zou worden. Met de in de vorm van stalmest gegeven stikstof en fosfaat moest rekening gehouden worden door minder kunstmest te geven. Er werd een tiental van deze stalmestproefvelden voorgesteld.

Overzicht van het materiaal

Het onderzoek werd in 1958 uitgevoerd. Alle proefvelden lagen op zandgrond en overall werd hetzelfde ras (Groeningia) verbouwd. Van het voorgestelde aantal van 60 proefvelden werden er slechts 42 uitgevoerd. Het onderzoek over de betekenis van stalmest gebeurde in plaats van op 10 slechts op 7 proefvelden. Door een bepaalde fout in de bemesting mislukten 4 proefvelden; op 2 proefvelden werd de opbrengst niet bepaald.

Tabel 1. Overzicht van de proefvelden, waarvan volledige gegevens over de opbrengst verkregen zijn (* betekent, dat het proefveld bestond uit een gedeelte zonder en een gedeelte met stalmest).

WD	458*	OGe	1321	U	1016	WB	2531	NOB	665*
	459		1322		1017*	MB	409*		666
	460		1323		1018		410		667
	462		1324	WB	2527		411		668
OD	797*		1325		2528*		412	NL	562
	798	Ve	1161*		2529		413		563
	799		1165		2530	NOB	664		565
									566

De selectie van de proefpercelen op basis van de cijfers van het grondonderzoek, is geen groot succes geweest. Het bleek namelijk, dat maar 23% van de proefvelden aangelegd werden bij de combinaties van K-getal, MgO-gehalte en humusgehalte, die in de richtlijnen voor de serie waren genoemd.

De belangrijkste oorzaak hiervan is, dat bepaalde combinaties van deze drie factoren in sommige gebieden weinig voorkomen. Voor elk van deze factoren afzonderlijk was de overeenstemming tussen de toestand op het proefperceel en de in de richtlijnen gestelde eis als volgt:

Tabel 2.

toestand van het perceel ten opzichte van de eis	in % van het aantal gevallen		
	K-getal	MgO-gehalte	gehalte aan organische stof
goed	40	50	85
te laag	40	3	5
te hoog	20	47	10

Hieruit blijkt, dat er te weinig proefvelden aangelegd zijn bij een hoog K-getal en in het bijzonder te weinig bij een laag MgO-gehalte. De slechte overeenstemming tussen de cijfers van het onderzoek in monsters van praktijkpercelen, aan de hand waarvan de selectie plaatsvond en de cijfers van het grondonderzoek bij de aanleg heeft hierbij eveneens een rol gespeeld.

Waarnemingen

In de tweede helft van augustus werden door de samenstellers van dit rapport op alle proefvelden waarnemingen gedaan over de ontwikkeling van **van het gewas**, de **kleur van het loof** en de mate van optreden van necrotische verschijnselen in het loof. Er werd getracht om op alle proefvelden dezelfde schaal toe te passen.

De kleur van het loof bleek samen te hangen met de K-voorziening. Gebrek uitte zich onder andere in een donkere kleur. Ernstig gebrek ging vaak gepaard met een necrose, beginnend vanaf de bladtopen en zich voortzettend in het bladweefsel tussen de nerven. De waarderingscijfers voor necrose omvatten alle necrotische verschijnselen, dus niet alleen die veroorzaakt door K-gebrek, maar bijvoorbeeld ook die veroorzaakt door vergelingsziekte. Op geen enkel proefveld werden met zekerheid verschijnselen van Mg-gebrek waargenomen.

Uit de waarnemingscijfers werden effecten berekend volgens een door Yates (1937) aangegeven methode. Het resultaat, gemiddeld over 37 proefvelden, was als volgt.

Zowel in ontwikkeling als in kleur en in de mate van het optreden van necrose werd een zeer significante (overschrijdingskans kleiner dan 0,001) positieve (=gunstige) invloed gevonden van de bemesting met K en met Na. De bemesting met magnesium gaf in de ontwikkelingscijfers een significant (overschrijdingskans kleiner dan 0,01) gunstig effect; in de kleur- en necrose-cijfers was het effect klein en niet significant.

Een negatieve interactie tussen K en Na kwam zeer significant tot uiting in de ontwikkelings- en kleurcijfers. Dit betekent, dat het effect van bemesting met K kleiner was indien bovendien Na gegeven werd. De interactie tussen deze factoren kwam niet tot uiting in de necrose-cijfers.

De waarden gevonden voor de interactie tussen K en Mg bleken klein te zijn en waren niet significant.

Figuur 1 geeft een beeld van de gemiddelde reacties volgens de waarnemingscijfers over de ontwikkeling.

Door extrapolatie met behulp van een tweedegraadsfunctie werd berekend, dat gemiddeld over alle objecten de ontwikkeling toenam tot een K-gift van 560 kg K₂O. De extrapolatie geeft een betrekkelijk onzekere waarde, waaraan niet te veel betekenis gehecht moet worden. Voor de objecten zonder Na lag het maximum in ontwikkeling lager, voor die met Na veel hoger, zoals ook de stijging van de lijnen in fig. 1 doet verwachten. De bemesting met Na had ook bij de hoogste K-gift nog een belangrijk gunstig effect. Op de objecten met Na zonder K-bemesting was de ontwikkeling gelijk aan die op de objecten zonder Na met 300 kg K₂O. Aan gezien de Na-gift (200 kg Na₂O) chemisch aequivalent is aan 300 kg K₂O, zou men hieruit de conclusie kunnen trekken, dat Na en K elkaar geheel kunnen vervangen. Dit is waar indien alleen bedoeld wordt dat met chemisch aequivalente giften K en Na in dit onderzoek eenzelfde stand van het gewas verkregen werd, maar niet indien men concludeert, dat Na en K elkaar fysiologisch kunnen vervangen. Het natrium heeft namelijk ook een "specifiek" effect, zoals in fig. 1 bij hoge K-gift te zien is. Natrium is dus fysiologisch niet gelijkwaardig aan kalium.

De proefvelden, die stalmost ontvingen, vertoonden een betere stand dan de ernaast liggende proefvelden zonder stalmost. Volgens waarnemingscijfers leek het effect van K op de stalmost-gedeelten kleiner dan op de niet-stalmost gedeelten.

Opbrengsten

Voor de 36 proefvelden, waar geen stalmost gegeven werd, worden in tabel 3 de gemiddelde opbrengsten aan bieten en loof vermeld.

Tabel 3. Opbrengst in q/ha

	K ₂ O kg/ha	geen Na		+ Na	
		geen Mg	+ Mg	geen Mg	+ Mg
Bieten	0	660	663	740	765
	150	691	726	750	784
	300	746	772	772	788
	450	751	778	796	821
Loof	0	234	232	297	294
	150	275	277	305	303
	300	305	301	306	314
	450	292	311	330	330

Analyse van de opbrengstgegevens

Om het effect van de factoren, die op de proefvelden werden gevarieerd, op hun betrouwbaarheid te kunnen toetsen en in verband te kunnen brengen met de cijfers van het grondonderzoek is het nodig deze effecten in een getal uit te drukken.

Het verschil in opbrengst tussen de objecten met en zonder Mg, gemiddeld over alle K- en over de twee Na-trappen, werd het Mg-hoofdeffect genoemd. Het werd uitgedrukt in q/ha per 75 kg MgO. Op analoge wijze werd het Na-hoofdeffect berekend en uitgedrukt in q/ha per 100 kg Na₂O. Op de interacties van Mg met K en van Na met K wordt nog teruggekomen.

Het effect van bemesting met K is moeilijker weer te geven, omdat hiervan drie trappen aanwezig waren. Er kan a priori gesteld worden, dat het verband tussen opbrengst en K-gift door een lijn kan worden weergegeven.

Dit zal vermoedelijk geen rechte zijn, maar een lijn volgens een tweedegraads- of derdegraadsfunctie of misschien nog van een ingewikkelder vorm. De laatste mogelijkheid hebben wij buiten beschouwing gelaten, omdat een berekening van een functie, die ingewikkelder is dan een derdegraadskromme, met behulp van slechts vier K-trappen in principe niet mogelijk is.

Een derdegraadsfunctie bestaat uit een lineaire, een kwadratische en een kubische component. Voor ons geval heeft de lineaire component (K-lineair) betrekking op dat deel van het verband tussen opbrengst en K-gift, dat door een rechte lijn, die zich zo goed mogelijk bij de punten aansluit, kan worden weergegeven. K-lineair werd uitgedrukt als de opbrengstverhoging in q/ha per 75 kg K₂O. De kwadratische component heeft betrekking op het verschil tussen een tweedegraadsfunctie - die zo goed mogelijk bij de punten aansluit - en een rechte lijn. Een waarde -a voor K-kwadratisch geeft aan dat de opbrengststijging van 0 tot 150 kg K₂O 2a q/ha groter en van 300 tot 450 2a q/ha kleiner is dan een rechte lijn aangeeft. K-kubisch op zijn beurt heeft betrekking op het verschil tussen een zo goed mogelijk passende derdegraads- en tweedegraadsfunctie. Deze component was in ons materiaal van weinig betekenis.

Behalve de reeds genoemde effecten hebben wij nog te maken met verschillende interacties. Hiervan werden alleen berekend de interactie tussen K en Mg en die tussen K (lineair) en Na. Deze interacties geven aan, hoe groot het verschil is in effect van K bij de twee Mg-trappen resp. bij de twee Na-trappen. De interactie K x Mg is uitgerekend als het halve verschil in Mg-effect tussen de hoogste twee en de laagste twee K-trappen. Een waarde -p voor de interactie K lin. x Na wil zeggen, dat het K-effect (voor zover weergegeven door een rechte) zonder Na per 75 kg K₂O 2p q/ha groter was dan met Na. Uit de gemiddelde opbrengsten van de 36 proefvelden zonder stalmest werden voor de hierboven genoemde effecten de in tabel 4 vermelde waarden gevonden. De betrouwbaarheid werd in een variantie-analyse getoetst.

Tabel 4. Analyse van de effecten, gemiddeld over 36 proefvelden

effecten	biet q/ha		loof q/ha	
	grootte van het effect	resultaat variantie-analyse	grootte van het effect	resultaat variantie-analyse
K-lineair	+ 13,6	xxx	+ 8,5	xxx
K-kwadratisch	- 3,4	-	- 4,2	x
K-kubisch	- 0,8	-	+ 0,1	-
Mg-hoofdeffect	+ 11,9	xx	+ 1,1	-
Na-hoofdeffect	+ 26,8	xxx	+ 15,7	xxx
K x Mg-interactie	- 0,2	-	+ 1,8	-
K lin.xNa-interactie	- 4,5	xx	- 3,1	xx

xxx zeer significant, overschrijdingskans < 0,001
 xx significant, " > 0,01
 x significant, " < 0,05
 - niet significant, " > 0,05

Uit tabel 4 blijkt, dat gemiddeld over alle proefvelden het effect van K en van Na positief en zeer significant was, zowel voor bieten als voor loof. Het effect van K was significant kleiner bij Na-bemesting dan zonder Na. Bemesting met Mg gaf een positief en significant resultaat bij een opbrengst aan bieten, maar niet bij die van het loof. Het verschil in K-effect bij geen en wel Mg was klein en niet significant. De lage, niet significante waarden voor K-kwadratisch en K-kubisch wijzen erop dat het verband tussen opbrengst aan bieten en K-gift door een rechte lijn goed benaderd werd. Alleen bij het loof was de kwadratische component van het K-effect significant. Bij het loof is het verband tussen opbrengst en K-gift dus aanmerkelijk beter door een kromme dan door een rechte lijn weer te geven.

Beschouwing van de resultaten

A. Proefvelden zonder stalmest

A1. Het kali-effect

Zoals blijkt uit tabel 3 en te berekenen is uit tabel 4 bleef de opbrengst aan bieten en loof, gemiddeld over de Mg- en Na-trappen, stijgen tot de hoogste K-trap (450 kg K₂O). De maximaal door K-bemesting te bereiken opbrengst lag dus buiten het onderzochte traject. Door extrapolatie werd nagegaan bij welke K-gift de maximale opbrengst zou zijn verkregen. De extrapolatie is uitgevoerd met behulp van een tweedegraads- en een derdegraads-functie. De geschatte waarden zijn in tabel 5 vermeld. Het zijn geen nauwkeurige schattingen, omdat door een kleine toevalsschommeling in de gemiddelde opbrengsten een vrij belangrijk verschil in het te vinden maximum kan ontstaan.

Tabel 5. Geschatte K-gift, waarbij de maximale opbrengst resp. ontwikkeling werd verkregen (kg K₂O per ha)

geschat met behulp van	bieten	loof	ontwikkelingscijfers
tweedegraadsfunctie	810	540	560
derdegraadsfunctie	600	570	geen oplossing

Het verband tussen opbrengst en K-gift is in de fig. 2 en 3 afzonderlijk voor de objecten met en zonder natrium weergegeven. Opmerkelijk is in deze figuren vooral, dat bij de objecten met Na nog een belangrijk gunstig (significant) effect van de bemesting met 450 ten opzichte van 300 kg K₂O optreedt, hetgeen bij de objecten zonder Na veel zwakker is.

Belangrijker dan de vraag bij welke K-gift de maximale opbrengst verkregen wordt, is de vraag, welke K-gift economisch gezien het beste resultaat geeft. Wij hebben het antwoord hierop trachten te benaderen door te bepalen, bij welke K-gift het verschil tussen de meeropbrengst, uitgedrukt in guldens, en de kosten van de kalimeststof het grootst is. Bijkomstige factoren als de extra strooikosten bij het toepassen van meer meststof en extra arbeidskosten voor het oogsten van hogere opbrengsten zijn buiten beschouwing gelaten.

Voor het berekenen van de geldelijke opbrengst werden de prijzen van bieten en loof op respectievelijk f 20,-- en f 5,-- per ton gesteld. Voor de kosten van de K-meststof werd f 33,-- per 100 kg K₂O aangenomen.

De rentabiliteitsberekening werd afzonderlijk voor de objecten met en zonder Na uitgevoerd, omdat dit een belangrijk verschil geeft.

Tabel 6. Opbrengst aan bieten plus loof in guldens per ha, gemiddeld over 36 proefvelden en gemiddeld over de objecten zonder en met magnesium

K ₂ O kg/ha	geen Na	+ Na	gemiddeld
0	1441	1654	1548
150	1557	1686	1622
300	1670	1715	1693
450	1681	1783	1732

In fig. 4 is voor de objecten zonder Na het verband tussen K-gift en geldelijke opbrengst weergegeven. De ingetekende kromme is een berekende tweedegraadsfunctie. Bovendien is in deze figuur een lijn opgenomen voor de kosten van de K-bemesting.

Dit is uiteraard een rechte lijn. (De lijn ligt in deze figuur op een te hoog niveau, maar dit is voor ons doel niet van belang omdat het alleen om de helling van de lijn gaat.) Het punt van de maximale winst ligt nu bij die K-gift, waar het verschil tussen de opbrengstkromme en de kostenlijn het grootst is. Er werd berekend, dat dit het geval is bij 321 kg K_2O .

Bij de objecten met Na doet zich het geval voor, dat de ligging van de gemiddelde opbrengsten eerder een rechtlijnig dan een kromlijnig verband (met de holle zijde naar de x-as gekeerd) suggereert (fig. 5). Het berekende rechtlijnig verband loopt minder steil dan de kostenlijn, die eveneens in fig. 5 is ingetekend. Dit betekent dus dat op de objecten met Na de maximale winst bij K_2O verkregen werd. Hierbij moet echter worden opgemerkt, dat een iets vlakker lopende opbrengstkromme voor deze objecten tot een heel andere conclusie aanleiding zou hebben gegeven.

Met behulp van de laatste kolom uit tabel 6 werd uitgerekend, bij welke K-gift de maximale winst verkregen werd gemiddeld over de objecten met en zonder Na. Bij deze berekening werd zowel van een tweedegraads- als van een derdegraadsfunctie uitgegaan om te kunnen vaststellen of dit een belangrijk verschil maakt. Bij het aannemen van een tweedegraadsfunctie werd gevonden, dat de maximale winst bij 334 kg K_2O lag, bij een derdegraadsfunctie bij 344 kg K_2O . Dit maakt dus weinig verschil. Voor het vaststellen van de K-gift, waarbij de maximale opbrengst in kilogrammen verkregen werd, was de functie, waarvan werd uitgegaan, belangrijker (tabel 5).

A2. Het magnesium-effect

Zoals uit tabel 3 en 4 blijkt, veroorzaakte de bemesting met 150 kg MgO per ha gemiddeld een opbrengstverhoging van 2400 kg bieten. De opbrengst aan loof werd vrijwel niet beïnvloed. De verhoging van de opbrengst aan bieten vertegenwoordigt een waarde van ongeveer f 48,--. De kosten van 150 kg MgO per ha in de vorm van kieseriet bedragen ca. f 36,--, zodat de Mg-bemesting ook financieel enig voordeel gegeven heeft.

A3. Het natrium-effect

Door bemesting met 200 kg Na_2O werd de opbrengst met gemiddeld 5400 kg bieten en 3100 kg loof verhoogd. Berekend aan de hand van de eerder genoemde prijzen komt dit neer op een effect van f 123,50. Tegenover een dergelijk voordeel vallen de kosten van de Na-bemesting (375 kg landbouwsout à f 7,50 per 100 kg kosten f 28,13) in het niet. De rentabiliteit van de Na-bemesting neemt toe naarmate de K-gift lager is.

Ook bij de hoogste K-gift treedt nog een Na-effect op zoals onder andere uit de figuren 2 en 3 blijkt. Er werd berekend, dat bij de K-gift, waar op de objecten zonder Na de hoogste opbrengst verkregen werd, dat "specifieke" Na-effect gelijk was aan een opbrengstverhoging van ongeveer 4200 kg bieten en 1600 kg loof. In een relatieve maat uitgedrukt komt dit neer op een opbrengstverhoging van ruim 5%.

In fig. 2 en 3 is voorts te zien, dat een bemesting met 200 kg Na₂O zonder K een ongeveer gelijke opbrengst gaf als een bemesting met 300 kg K₂O zonder Na. Deze hoeveelheden zijn chemisch aequivalent. Toch mag hieruit niet geconcludeerd worden, dat Na en K elkaar dus kunnen vervangen. Neemt men namelijk aan, dat ook bij het weglaten van K-bemesting een "specifiek" Na-effect optreedt, dan moet de conclusie uit de fig. 2 en 3 zijn, dat het natrium kalium slechts voor een deel kan vervangen.

B. Proefvelden met stalmest

Op 7 proefvelden lag naast het proefveld zonder stalmest een proefveld met dezelfde opzet, dat echter 30 ton stalmest per ha ontving. Op één van deze proefvelden is mogelijk een fout in de bemesting gemaakt. Dit proefveld moet bij vergelijking van de effecten buiten beschouwing blijven.

Een vergelijking van de gemiddelde reacties op de proefvariabelen met en zonder stalmest geeft tabel 7.

Tabel 7. Vergelijking tussen de effecten op de proefvelden met en zonder stalmest (gemiddelde van 6 proefvelden).

effecten	bieten q/ha		loof q/ha	
	stm	geen stm	stm	geen stm
K-lineair	+ 6,4	+ 15,9	+ 2,8	+ 10,7
K-kwadratisch	- 2,2	- 6,2	- 3,0	- 6,5
K-kubisch	- 2,1	- 3,9	+ 2,7	- 1,1
Mg-hoofdeffect	+ 7,6	+ 5,3	- 1,2	+ 4,0
Na-hoofdeffect	+ 18,4	+ 24,1	+ 6,4	+ 11,7
K x Mg-interactie	- 2,4	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,5
K lin.xNa-interactie	- 2,0	- 7,4	- 4,0	- 4,9

Het K-effect was op de proefvelden met stalmest gemiddeld belangrijk kleiner dan op die zonder stalmest. Het Mg-effect was gemiddeld iets groter, maar het verschil is niet significant. Het Na-effect was kleiner dan op de objecten met stalmest, maar ook hiervoor is het verschil niet significant. Ook bij de overige effecten kon niet tot een betrouwbaar verschil tussen wel en geen stalmest worden besloten.

Een schatting van de grootte van het K-effect van de stalmest kan verkregen worden door de opbrengstkromme (opbrengst uitgezet tegen K-gift) voor de objecten met stalmest verticaal en horizontaal zo te verschuiven, dat deze kromme zo goed mogelijk samenvalt met de opbrengstkromme voor de objecten zonder stalmest. De grootte van de horizontale verschuiving, uitgedrukt in kg K₂O, geeft dan het K-effect van 30 ton stalmest. Op deze wijze werd gevonden dat door de toediening van stalmest op de objecten zonder natrium een K-effect verkregen werd overeenkomend met 180 kg K₂O (fig. 6), op de objecten met Na met 100 kg K₂O per ha, gemiddeld dus met 140 kg K₂O.

De horizontale verschuiving is strikt genomen alleen toegestaan indien het verschil in vorm van de opbrengstkrommen voor wel en geen stalmest alleen een gevolg is van een verschil in K-gift. Fig. 6 wekt echter de indruk, dat dit niet het geval is, immers de stalmest-punten suggereren toch nog een enigszins ander verband dan de lijn voor geen stalmest in het traject van de hoge K-giften aangeeft. Aan de cijfers, die hier genoemd zijn voor het K-effect van stalmest, moet dus niet teveel waarde worden toegekend.

De samenhang tussen de effecten en de cijfers van het grondonderzoek

Voor elk proefveld afzonderlijk werden de verschillende effecten (K-lineair, K-kwadratisch, enz.) uitgerekend. Vervolgens is voor elk van deze effecten het verband nagegaan met het K-getal, MgO-gehalte, Na₂O-gehalte, humusgehalte en met de pH van de grond. Deze gehalten werden bepaald in grondmonsters, genomen bij de aanleg van de proefvelden. Het materiaal werd bewerkt volgens een regressiemodel, waarin deze vijf factoren als onafhankelijke variabelen waren opgenomen. Factoren, waarvan de regressiecoëfficiënten onbetrouwbaar bleken te zijn, werden één voor één buiten beschouwing gelaten.

Tabel 8 geeft een overzicht van de samenhangen, die werden gevonden. In deze tabel zijn de t-waarden vermeld, die bij de toetsing van de regressiecoëfficiënten berekend werden. Waar in tabel 8 geen getal vermeld is kan de gevonden mate van samenhang met meer dan 10% kans door toeval worden verkregen.

Tabel 8. Samenhang tussen opbrengst en cijfers van grondonderzoek

effecten	t-waarden									
	bieten					loof				
	K-getal	MgO	Na ₂ O	humus	pH	K-getal	MgO	Na ₂ O	humus	pH
K-lineair	2,13*	-	1,82 ^o	-	-	1,65 ^o	-	-	-	-
K-kwadratisch	-	-	-	-	2,21*	-	-	-	-	-
K-kubisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg-hoofdeffect	-	2,21*	-	-	-	-	-	-	-	-
Na-hoofdeffect	2,94*	-	2,64*	-	-	2,22*	-	-	-	-
K x Mg-interactie	-	-	-	-	-	1,97 ^o	-	-	-	-
K lin.xNa-interactie	-	-	-	-	-	3,16**	-	-	-	-

- ** betekent overschrijdingskans gelijk of kleiner dan 0,01
- * betekent overschrijdingskans gelijk of kleiner dan 0,05
- o betekent overschrijdingskans gelijk of kleiner dan 0,10

De samenhang tussen de lineaire component van het K-effect, die in dit materiaal vrijwel de hele K-reactie beschrijft en het K-getal van de grond wordt gedemonstreerd in de fig. 7 en 8. Vooral beneden K-getal 18 kan het K-effect zeer sterk zijn (fig. 7); naarmate het K-getal hoger is wordt het effect geleidelijk wat zwakker, maar het lijkt er toch op, dat ook bij hoog K-getal nog reactie in de opbrengst aan bieten optreedt. Ook bij het loof werden de sterkste reacties bij K-getal beneden 18 gevonden (fig. 8). De grote spreiding van de punten in de fig. 7 en 8 doet vermoeden, dat het K-getal op deze, voor een belangrijk deel humusarme, zandgronden maar een matig nauwkeurige aanwijzing geeft voor de te verwachten reactie op K-bemesting.

Er werd een negatieve samenhang gevonden tussen K-lin. en het Na₂O-gehalte van de grond (fig. 9). Het verband staat weinig vast (tabel 8).

De kwadratische component van het K-effect vertoonde alleen in de opbrengst aan bieten een samenhang met een van de onderzochte bodemfactoren, namelijk met de pH. De kromming van de opbrengstcurve was bij lage pH wat sterker.

Het effect van Mg-bemesting vertoonde een significante samenhang met het MgO-gehalte van de grond (fig. 10). Bij gehalten hoger dan 80-90 d.p.m. had de bemesting geen effect meer.

De verhoging van de opbrengst aan bieten door Na-bemesting was veel sterker bij een laag dan bij een hoog K-getal (fig. 11). Overigens lijkt ook bij hoog K-getal nog een gunstig effect van de Na-bemesting te zijn opgetreden. Het Na-effect hangt ook af van het Na₂O-gehalte van de grond, zoals uit tabel 8 blijkt. De spreiding van de punten in fig. 12, die dit verband weergeeft, is echter groot.

De grootte van de interactie tussen K en Mg, gaf geen betrouwbaar verband te zien met een van de bodemfactoren. Alleen bij de opbrengst aan loof werd een weinig betrouwbare samenhang met het K-getal gevonden. De interactie was hier kleiner naarmate het K-getal hoger was.

De interactie tussen K en Na vertoonde bij de opbrengst aan bieten geen betrouwbare samenhang met de cijfers van het grondonderzoek. Bij de opbrengst aan loof was dit wel het geval. Naarmate het K-getal hoger was, had Na-bemesting minder invloed op het effect van de K-bemesting.

In de vorige paragraaf werd vermeld, dat gemiddeld over de objecten met en zonder Na het hoogste rendement verkregen werd bij een K-gift van ca. 340 kg K₂O. Dit was een gemiddelde, berekend uit het hele materiaal. Afhankelijk van de K-toestand van de grond zal de optimale K-gift verschillen. Naarmate de K-toestand lager is, zal de optimale gift hoger zijn. De samenhang wordt gedemonstreerd in fig. 13 en heeft ook hier betrekking op het gemiddelde van de objecten met en zonder Na. De figuur is afgeleid uit het verband tussen K-lineair en K-getal (fig. 7 en 8), terwijl bovendien de kwadratische component van het K-effect in rekening is gebracht. Uit fig. 13 blijkt, dat bij laag K-getal de maximale winst verkregen wordt bij K₂O-giften hoger dan 500 kg, bij hoog K-getal echter reeds bij 100-120 kg.

De bemesting met 150 kg MgO was gemiddeld over alle proefvelden rendabel. De maximale winst, die door deze bemesting bereikt wordt, zal afhangen van de grootte van het Mg-effect. Dit hangt weer af van het MgO-gehalte van de grond (fig. 10). Deze afhankelijkheid wordt gedemonstreerd in fig. 14. Hieruit blijkt, dat een bemesting met 150 kg MgO niet rendabel was indien het MgO-gehalte van de grond hoger was dan 60 mg per kg. Het is natuurlijk mogelijk, dat een kleinere MgO-gift ook bij dit gehalte nog rendabel zou zijn geweest.

Nabeschouwing

Het is bekend, dat het effect van K-bemesting op de opbrengst van de gewassen van jaar tot jaar uiteen kan lopen. Het zou dan ook wat voorbarig zijn om op grond van de resultaten van de besproken serie proefvelden nu reeds een gedetailleerd adviesschema voor de K-bemesting van voederbieten op te stellen. Zonder naar een verklaring van de verschillen in kalireactie tussen jaren te streven, is het voor een verantwoord advies toch noodzakelijk om een goede benadering te verkrijgen van de gemiddeld over de jaren optredende kali-behoefte.

Statistisch geformuleerd: Uit de verzameling jaren is een steekproef van één exemplaar getrokken (nl. 1958). Voor een betere schatting van de "ware" kali-reactie moeten we onze steekproef uitbreiden (dus onderzoek doen in meerdere jaren). De standaarddeviatie van de gemiddelde kalireactie over 2 jaren is reeds $\sqrt{2}$ maal zo klein als de standaarddeviatie van een enkel jaar.

Wat hier voor de K-reactie is gesteld, geldt ook voor de andere effecten.

Het is dan ook de bedoeling een nieuwe serie proefvelden van ongeveer dezelfde opzet aan te leggen. Indien weer op voldoende medewerking van de rijkslandbouwconsulenten mag worden gerekend, zal dit onderzoek in 1960 plaatsvinden.

Uit de serie van 1958 zijn verschillende punten naar voren gekomen, die om een bevestiging of een aanvulling vragen. Hiervan noemen wij de volgende:

1. De K-gift, waarbij de maximale opbrengst aan kilogrammen verkregen werd, lag hoger dan de hoogste gift, die op de proefvelden is toegepast. Om deze gift nauwkeuriger te kunnen vaststellen is het nodig om bij een nieuw onderzoek hogere K-trappen in de proeven op te nemen dan in 1958 het geval geweest is.
2. De opbrengstkromme (opbrengst x K-gift) voor de objecten met Na was vlakker dan die voor de objecten zonder Na, maar bereikte haar maximum volgens het onderzoek van 1958 pas bij een hogere K-gift. Indien Na als vervanger van K kan fungeren, zou men verwachten, dat het optimum voor de objecten met Na bij een lagere K-trap zou liggen.
3. Ook bij hoog K-getal werd nog een effect van K-bemesting gevonden. Hoe groot het effect dan is, is uit het onderzoek van 1958 onvoldoende af te leiden omdat er te weinig proefvelden bij hoog K-getal zijn aangelegd.

4. Het effect van Mg-bemesting bij zeer lage Mg-toestand van de grond was onvoldoende vast te stellen. Deze toestand was namelijk maar zwak vertegenwoordigd.
5. Het onderzoek over de betekenis van stalmest, in het bijzonder voor de K-behoefte, moet op grotere schaal aangepakt worden dan in 1958. Uit de behandelde serie werd de indruk verkregen, dat de vorm van de opbrengstkromme (opbrengst x K-gift) bij gebruik van stalmest anders is als bij gebruik van uitsluitend kunstmest (zie fig. 6, waarin de twee lijnen tot zo goed mogelijk samenvallen zijn gebracht).

Samenvatting en conclusies

In 1958 werden op zandgrond K-Mg-Na-bemestingsproeven genomen met voederbieten, ras Groeningia. Er werden 42 proefvelden aangelegd, waarvan er 36 betrouwbare gegevens over de opbrengst opleverden. De K-trappen waren 0, 150, 300 en 450 kg K_2O per ha (k-60). Elke trap werd gecombineerd met 2 Na-trappen (0 en 200 kg Na_2O als NaCl) en 2 Mg-trappen (0 en 150 MgO als kieseriet). Op 7 proefvelden werden de effecten van de proefvariabelen vergeleken bij wel en geen stalmest. Behalve over de opbrengst werden gegevens verzameld over de ontwikkeling van het gewas, de kleur en het optreden van necrose. De beoordeling vond plaats in augustus.

Conclusies:

1. De ontwikkeling, kleur en gezondheidstoestand van het gewas werden gunstig beïnvloed door de K-bemesting en de Na-bemesting. De Mg-bemesting gaf gemiddeld een betere ontwikkeling, maar had geen invloed op kleur en necrose. Er werden nergens met zekerheid klinische verschijnselen van Mg-gebrek gezien. In ontwikkeling en kleur werd een interactie tussen K en Na geconstateerd. Een eventuele interactie tussen K en Mg kon in de waarnemingscijfers niet aangetoond worden (fig. 1).
2. In de opbrengsten van bieten en loof werden dezelfde effecten gevonden als in de waarnemingscijfers voor ontwikkeling. Een uitzondering hierop was het Mg-effect, dat in de loofopbrengst van geen betekenis was (fig. 2 en 3).
3. De maximale opbrengst aan bieten en loof, uitgedrukt in kilogrammen, werd op de proefvelden zonder stalmest pas bereikt bij K-giften, die aanmerkelijk hoger lagen dan de hoogste trap, die aanwezig was (450 kg K_2O). Financieel was echter gemiddeld over de objecten met en zonder Na, een K-gift van ca. 340 kg K_2O het gunstigst. Indien geen Na gegeven werd, werd het hoogste rendement verkregen bij ca. 320 kg K_2O (fig. 4). Indien wel Na gegeven werd, werd het hoogste rendement verkregen bij 0 kg K_2O (fig. 5). Hierbij moet echter worden opgemerkt, dat een iets vlakker lopende opbrengstkromme tot een heel andere conclusie aanleiding zou hebben gegeven.
4. De Na-bemesting was financieel gezien zeer voordelig, vooral bij een lage K-gift. Ook de bemesting met kieseriet gaf winst.

5. De bemesting met Na had ook bij de hoogste K-trap gemiddeld nog een gunstig resultaat.
6. Op de proefvelden met stalmeest was het K-effect belangrijk kleiner dan op de proefvelden zonder stalmeest. Ruw geschat kwam het K-effect van 30 ton stalmeest overeen met 140 kg K_2O per ha. De wijze waarop dit getal berekend is, is aanvechtbaar (fig. 6).
7. Er werden significante samenhangen gevonden tussen het K-effect en het K-getal van de grond, het Mg-effect en het MgO-gehalte van de grond, het Na-effect en het K-getal en Na_2O -gehalte van de grond, (fig. 7-12). Alleen bij de loofopbrengst werd een significante samenhang gevonden tussen de grootte van de K x Na-interactie en het K-getal.
8. De K-gift, waarbij de maximale winst verkregen werd, daalde naar hogere kalitoestand van de grond (fig. 13). De bemesting met 150 kg MgO als kieseriet was rendabel indien het MgO-gehalte van de grond lager was dan 60 mg per kg (fig. 14).
9. Het is gewenst het onderzoek voort te zetten met een nieuwe proefserie. Er zal worden voorgesteld om deze in 1960 uit te voeren.

Literatuur

- BAKERMANS, W.A.P. Onderzoek naar de factoren, die rendabele bietenverbouw op zandgronden beperken III, Verslag I.B.S. nr. 6 (1957)
- BAKERMANS, W.A.P. en
ZWEERDE H. VAN DER De bemesting van voederbieten op lichte zandgronden. De Buffer, augustus 1958
- GROOT, H. DE Notulen bespreking over bemesting van voederbieten, Wageningen, 30 november 1955
- ITALLIE, TH.B. VAN De betekenis van natrium voor bieten bij verschillende natrium- en kaliumvoorziening, Landbouwkundig Tijdschrift 53 (1941)
- PRUMMEL, J. De bemesting in de praktijk II, versl. Landbouwkundig Onderzoek 60. 8 (1954)
- DE WILLIGEN, A.H.A. Resultaten van een serie K-Na-proefvelden, Versl. Landbouwk. Onderz. 47(8) A (1941)
- YATES, F. The design and analysis of factorial experiments (1937). Technical Communication nr. 35, Empirical Bureau of Soil Science

Fig. 1
 Invloed van K-, Mg- en Na- bemesting op de ontwikkeling
 (gemiddelde van 36 proefvelden)

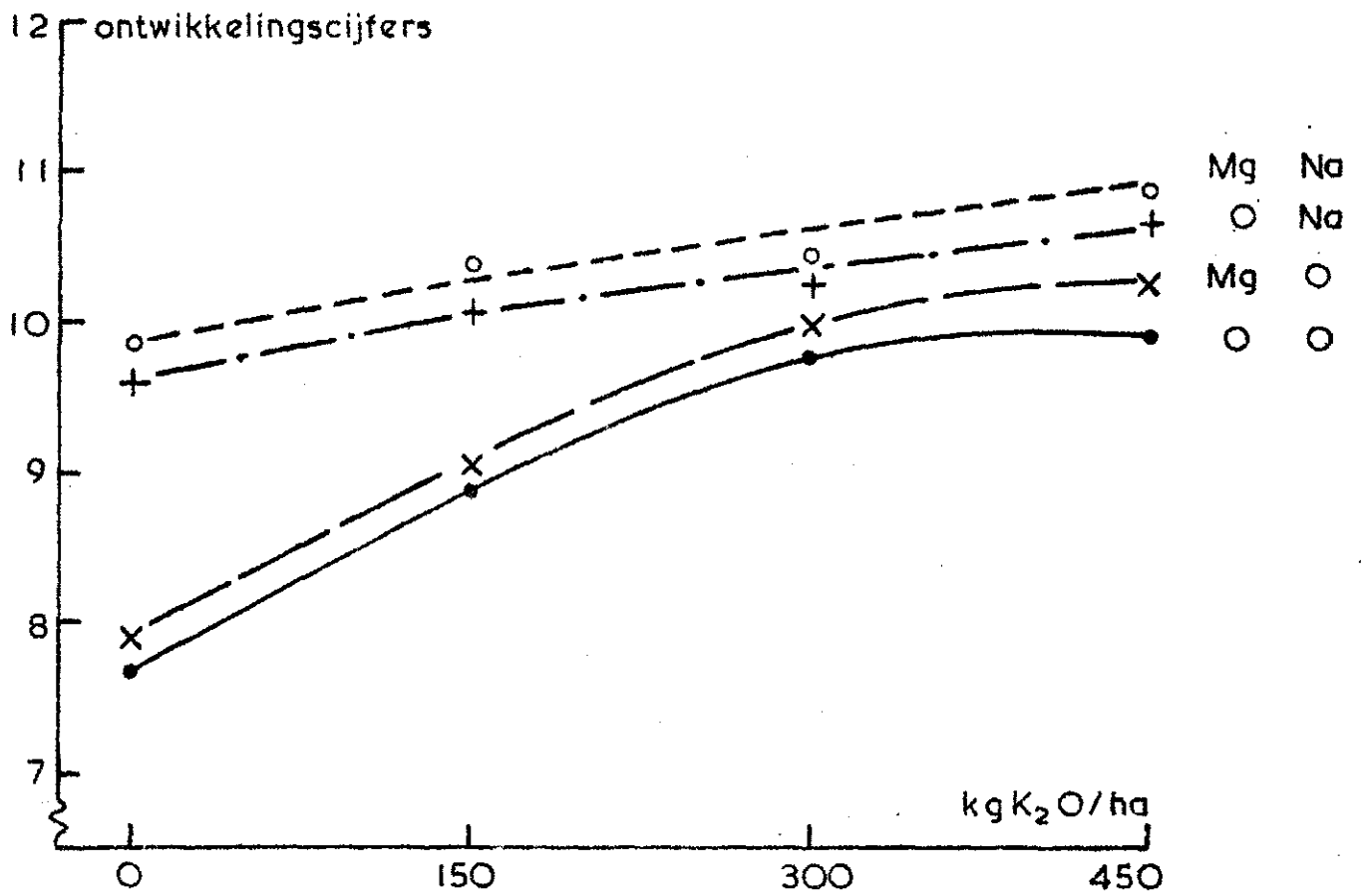


Fig. 2
Invloed van K- en Na-bemesting op de opbrengst aan
bietten (gemiddelde van 36 proefvelden)

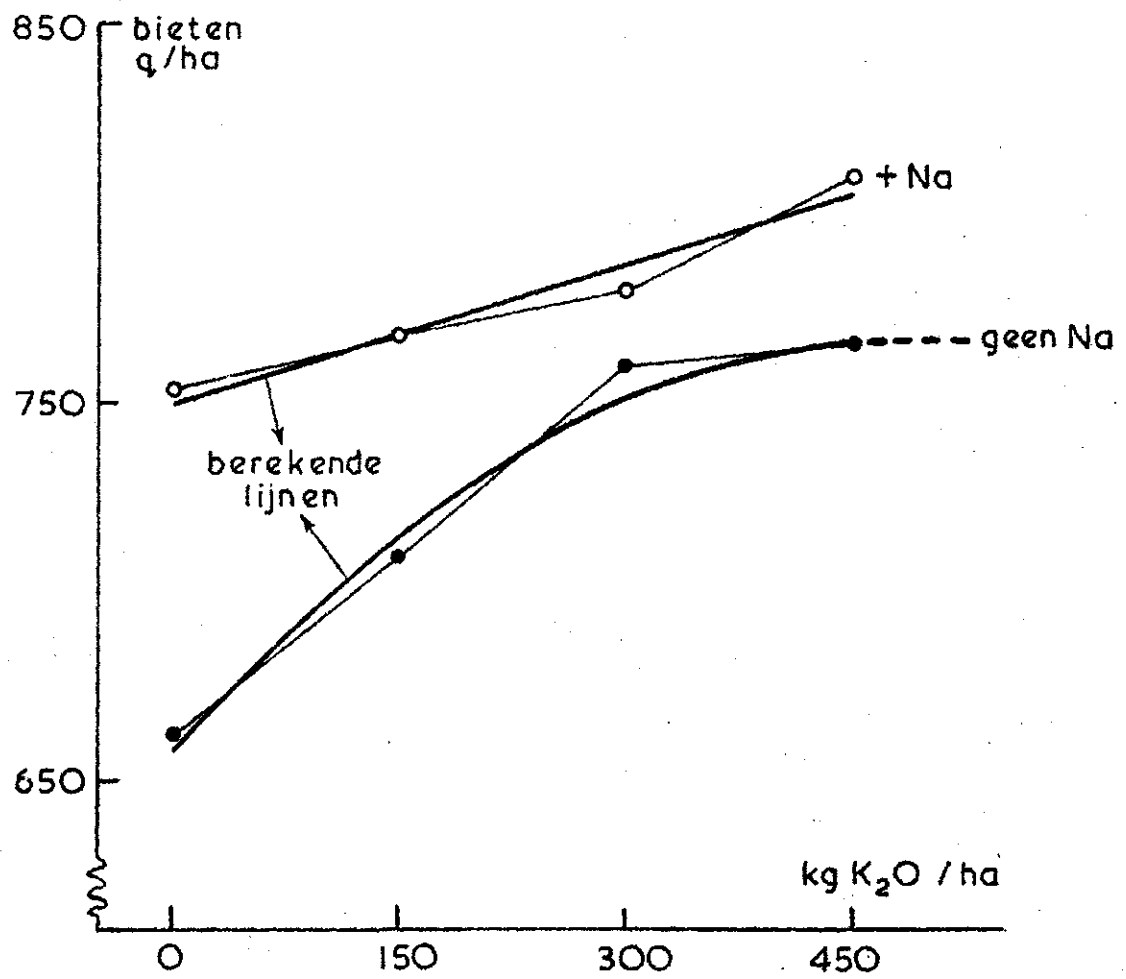


Fig. 3
Invloed van K- en Na-bemesting op de opbrengst
aan loof (gemiddelde van 36 proefvelden)

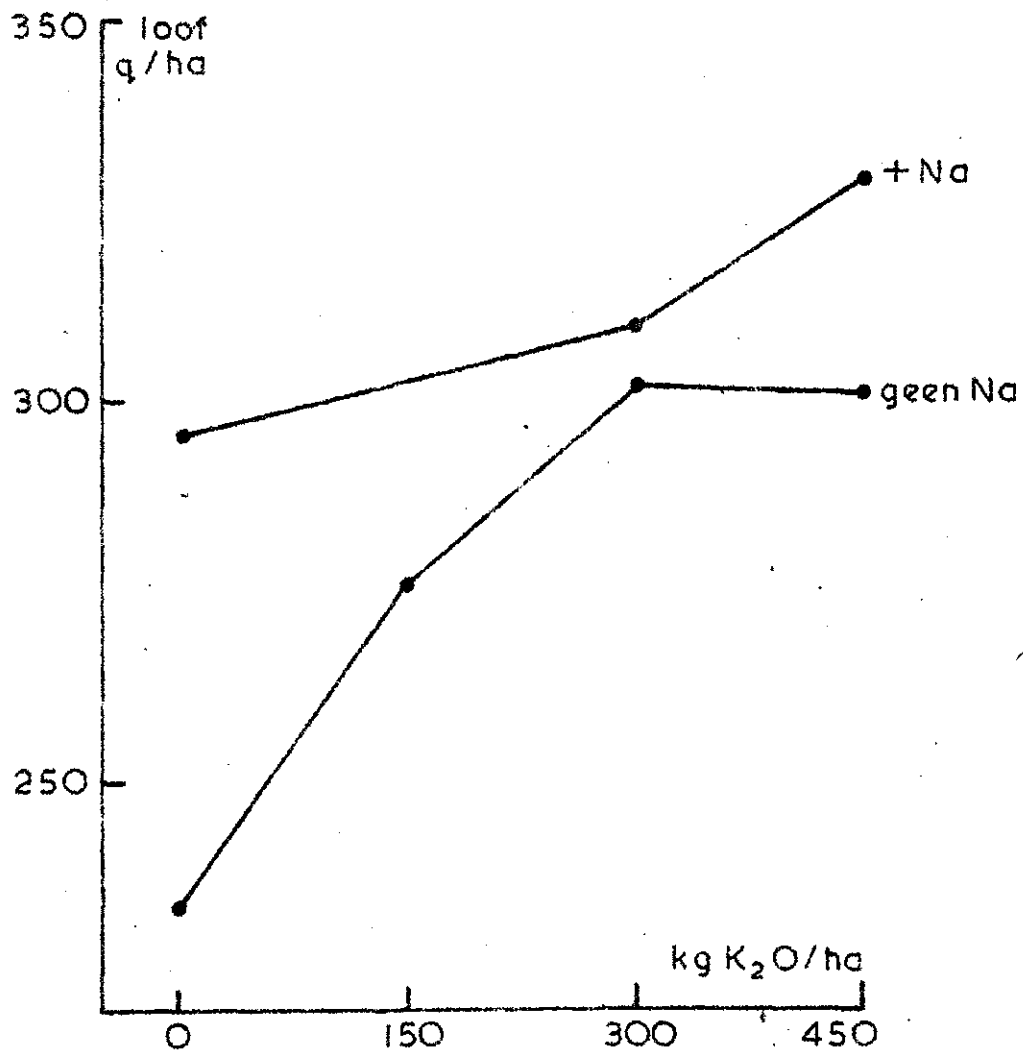
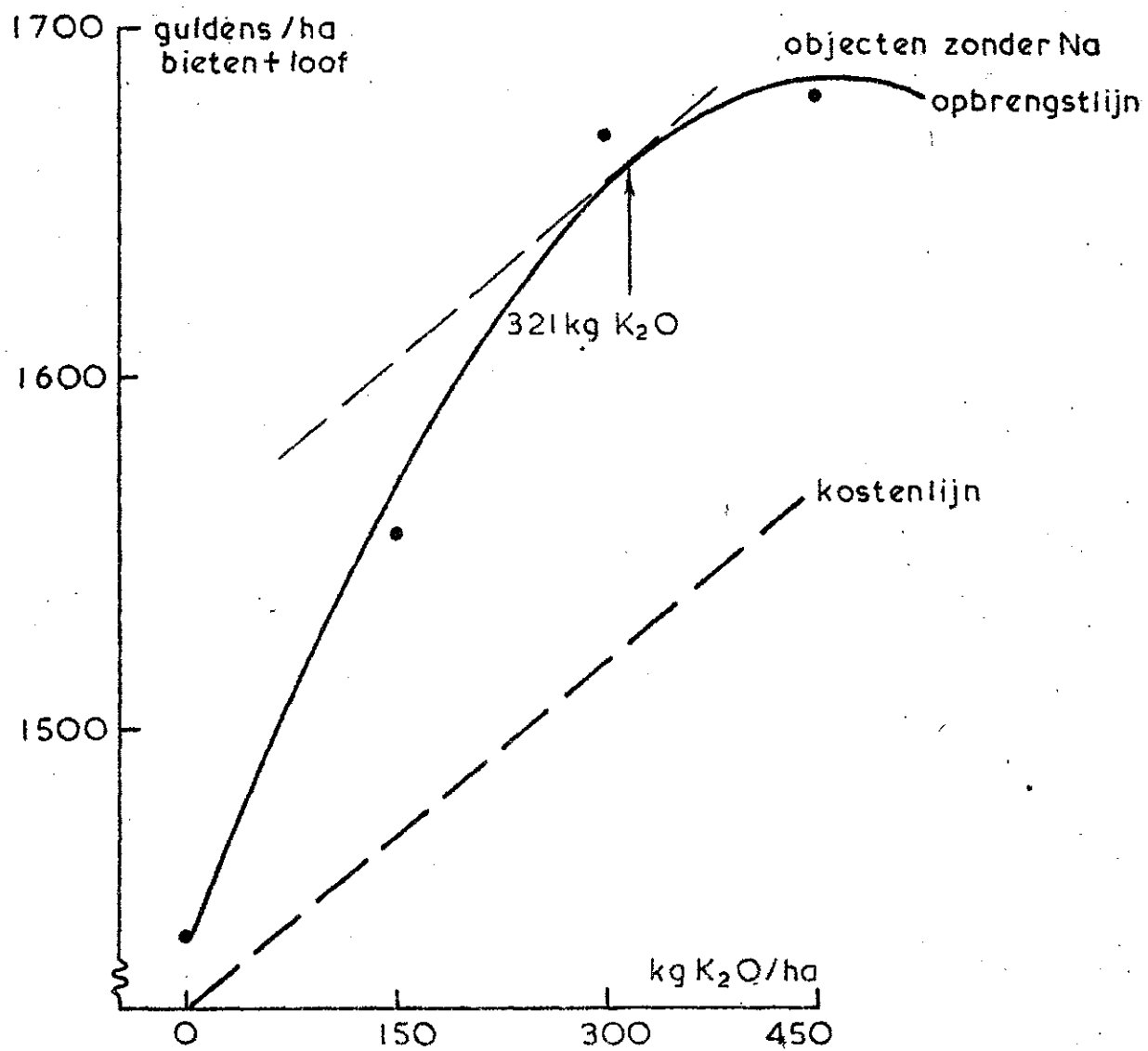


Fig. 4
Opbrengst en kosten in afhankelijkheid van de K₂O-bemesting
voor de objecten zonder Na₂O-bemesting.



SI 59028

Fig. 5

Opbrengst en kosten in afhankelijkheid van de K₂O-bemesting voor de objecten met Na₂O-bemesting

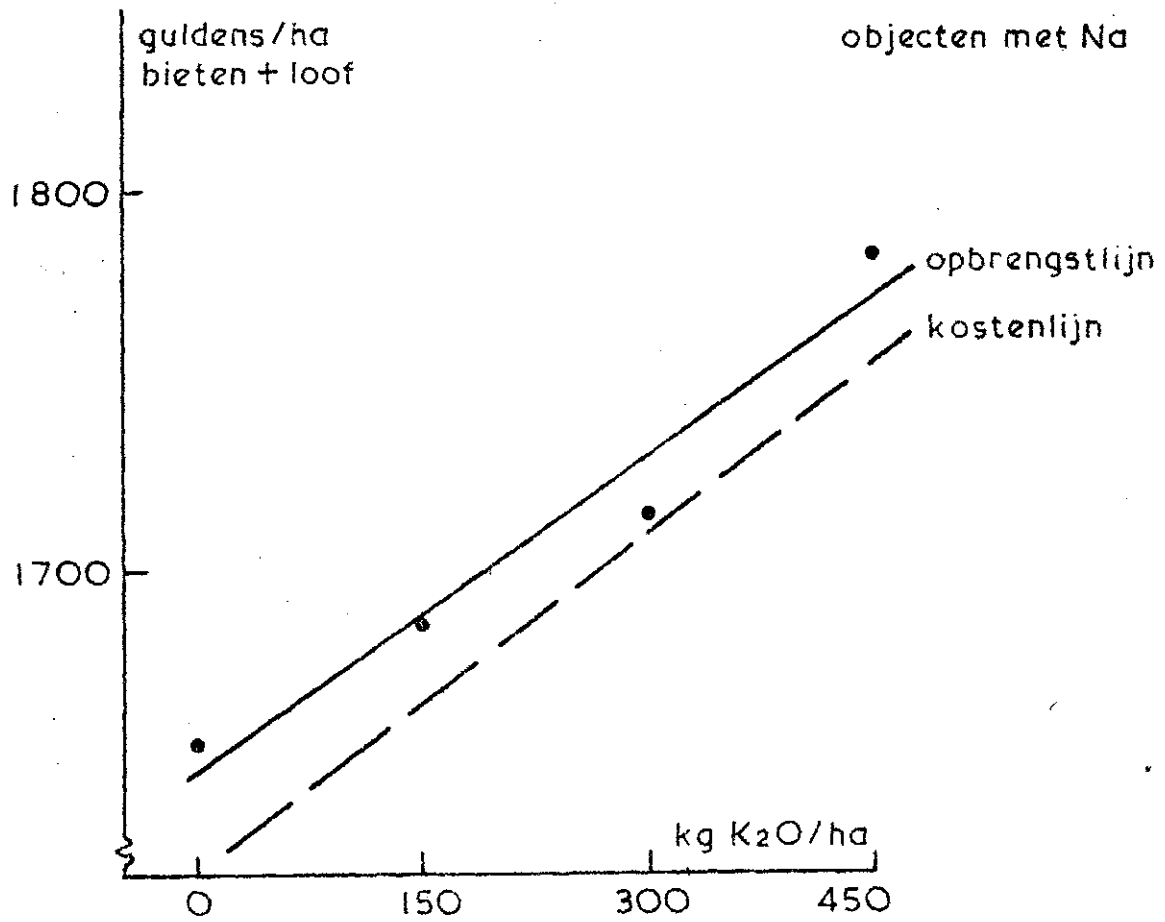


Fig. 6

K₂O-curven met en zonder stalmest (gemiddelde van 6 proefvelden; zie tekst)

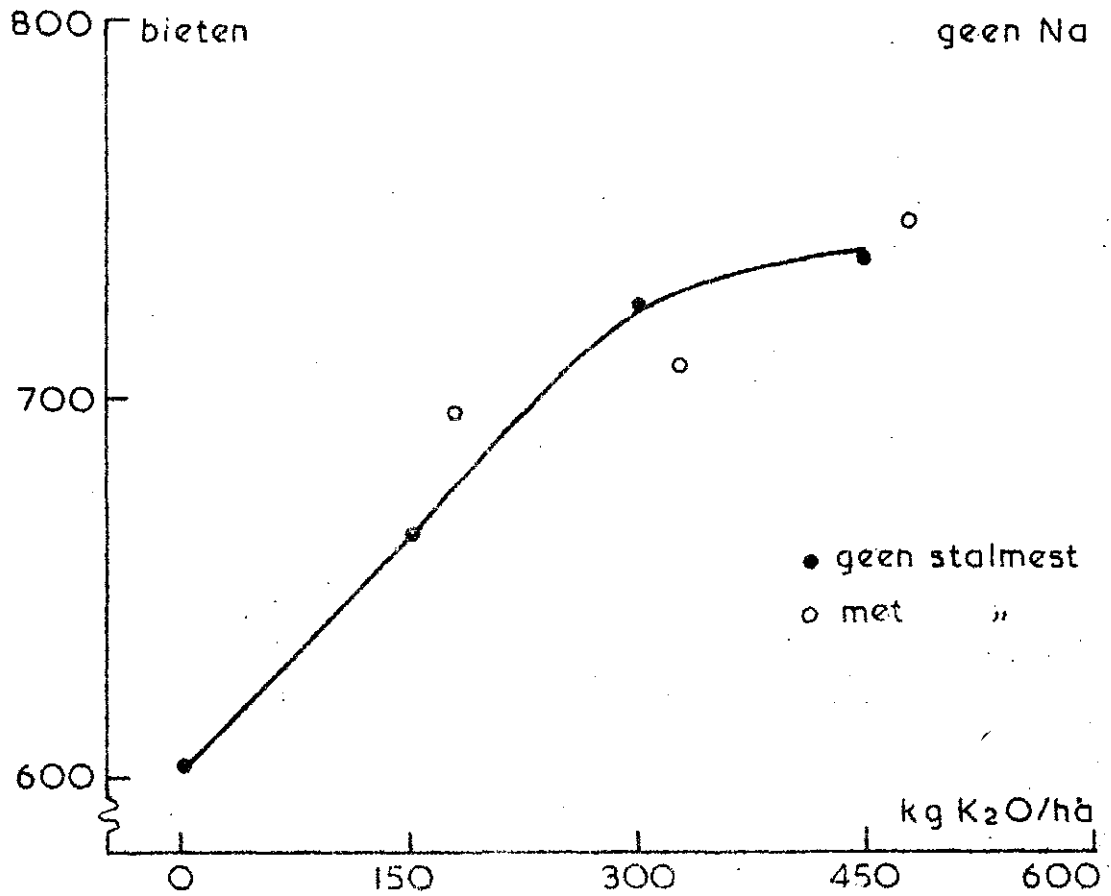


FIG 7

Samenhang tussen K-effect K-linear en K-getal voor de opbrengsten aan bieten

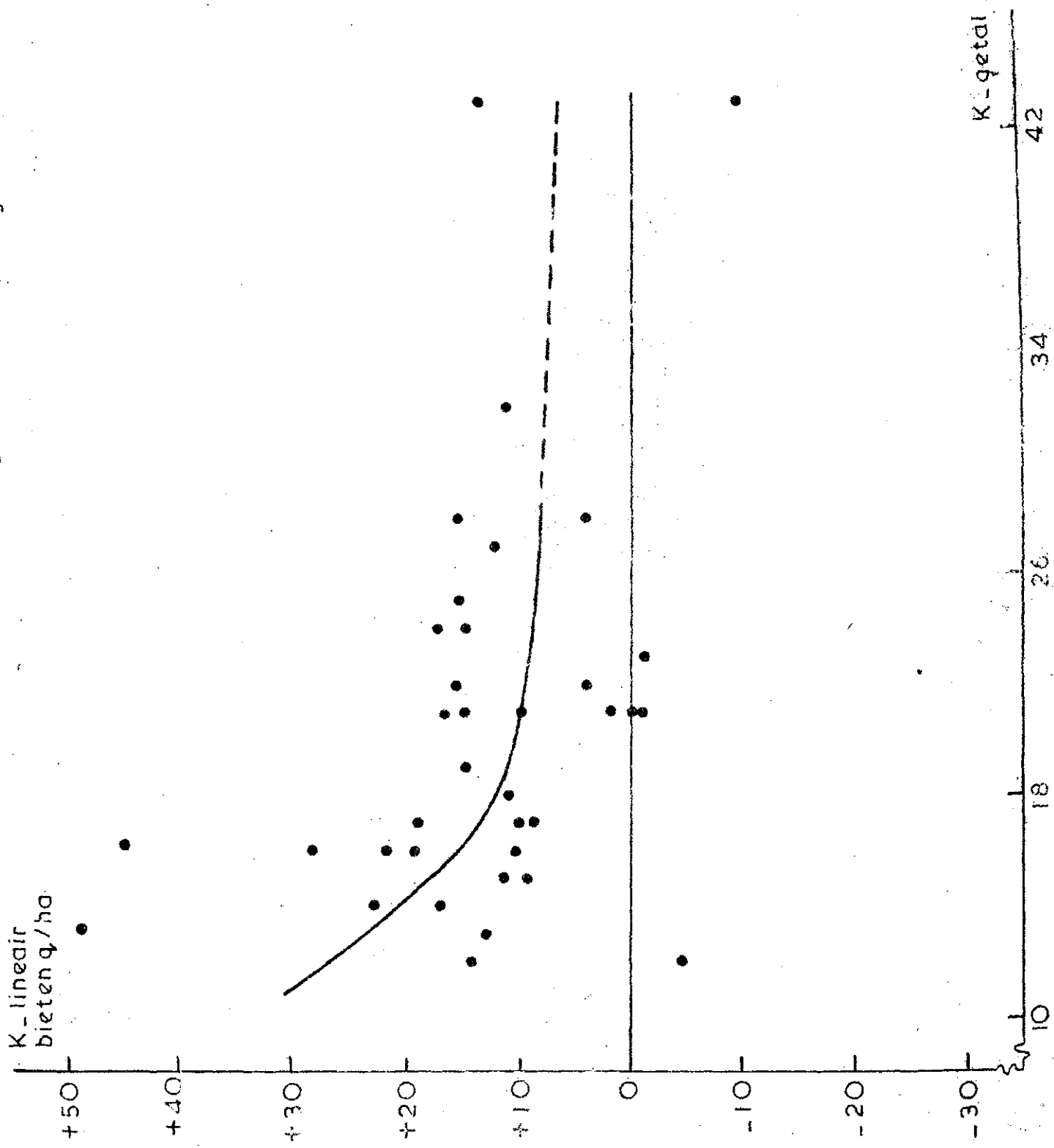


Fig. 8

Samenhang tussen K-effect (K_lineair) en K-getal voor de opbrengst aan loof

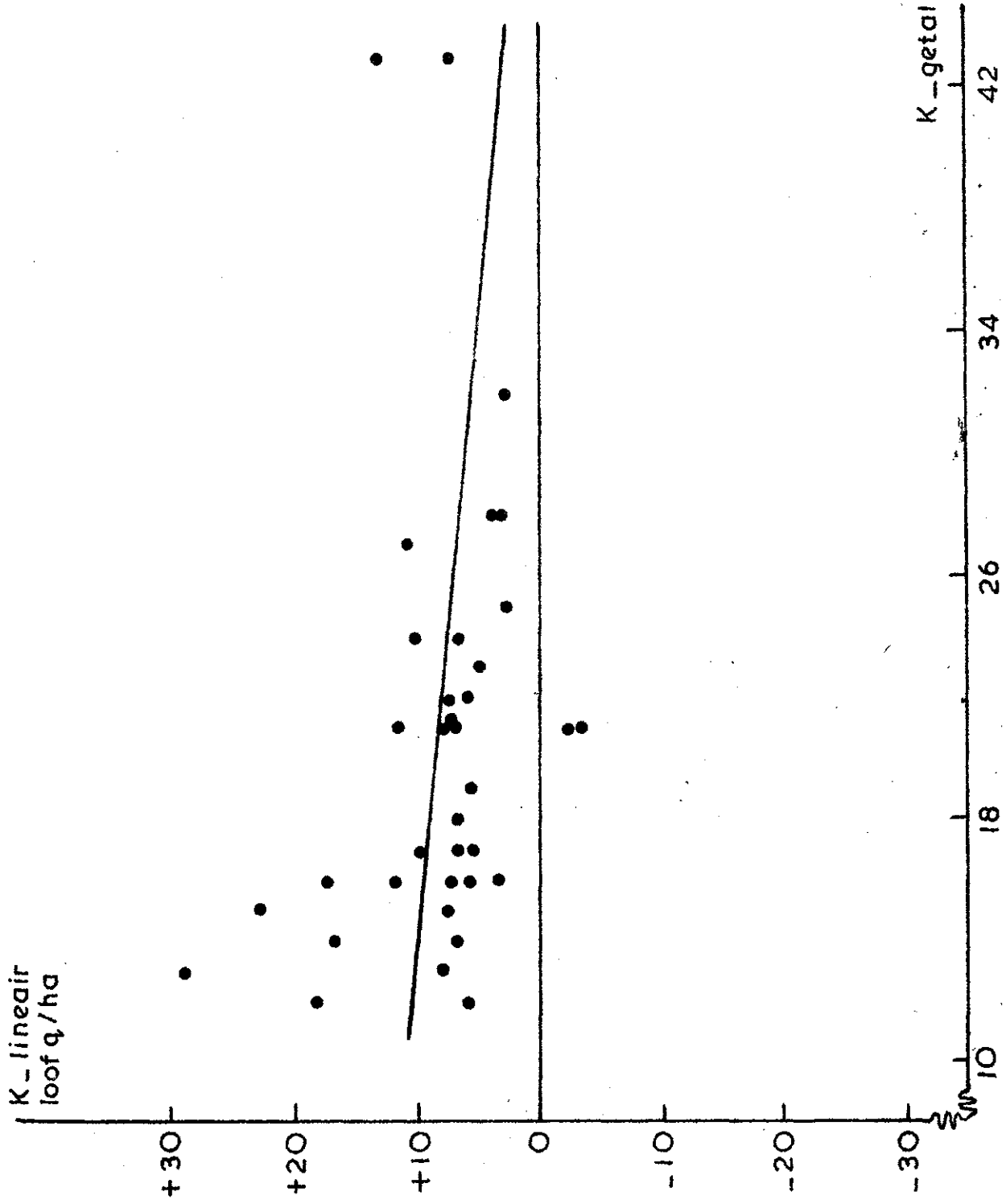


Fig. 9 Samenhang tussen K-effect (K-linear) en Na₂O-gehalte van de grond voor de opbrengst aan bieten

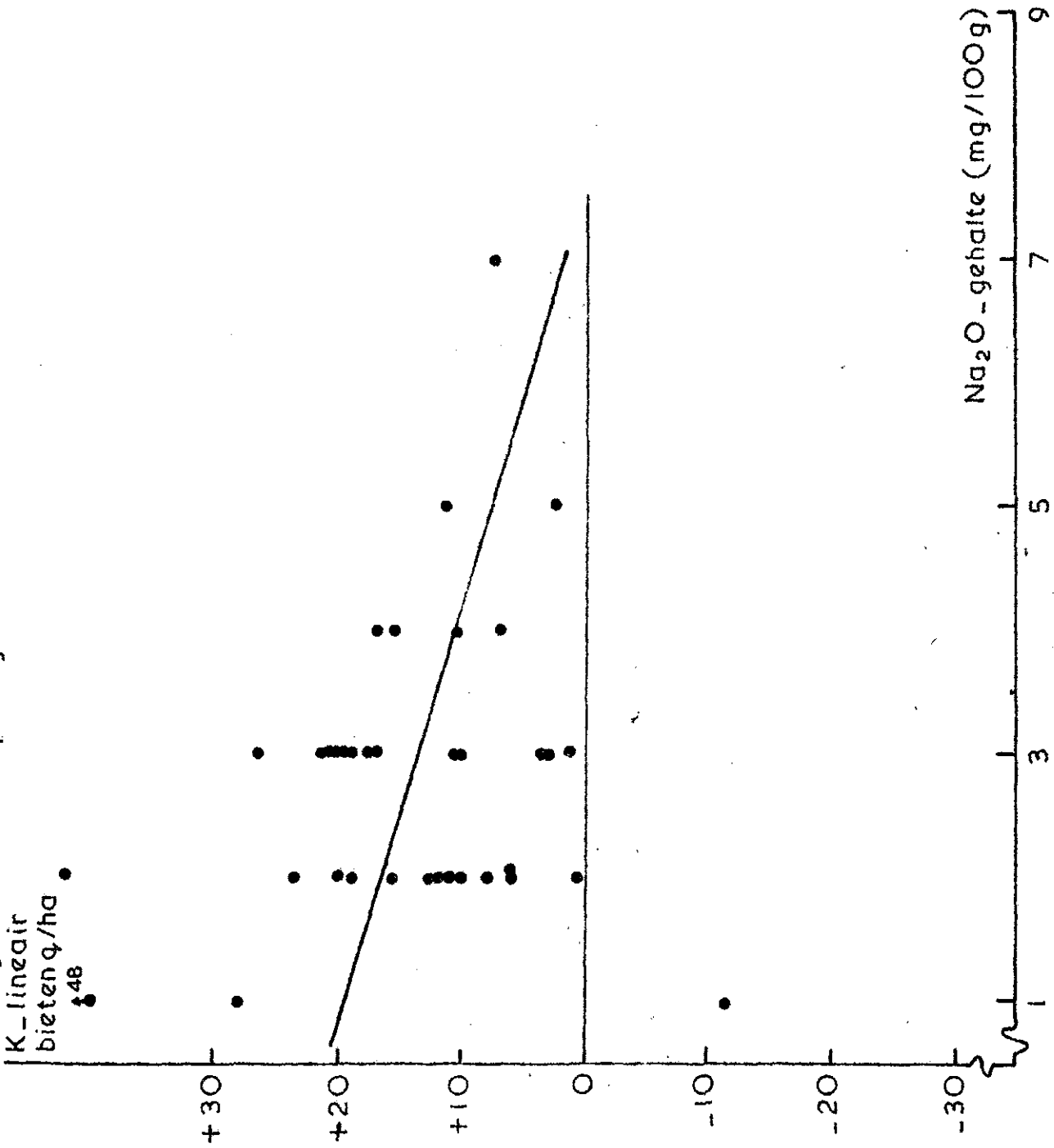


Fig. 10

Samenhang tussen Mg-effect en MgO-gehalte van de grond voor de opbrengst aan bieten.

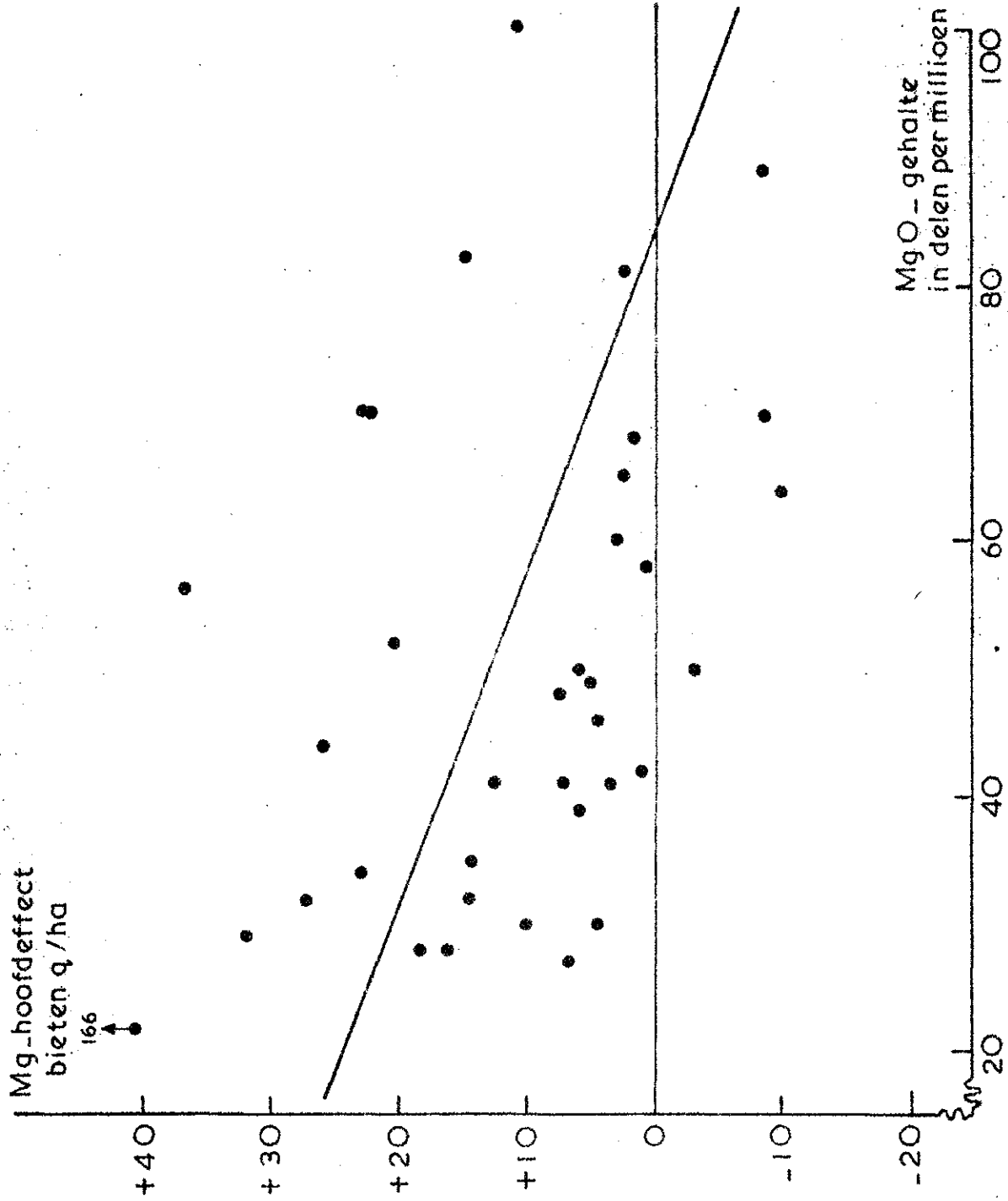


Fig. 11

Samenhang tussen Na-effect en K-getal voor de opbrengst aan bieten

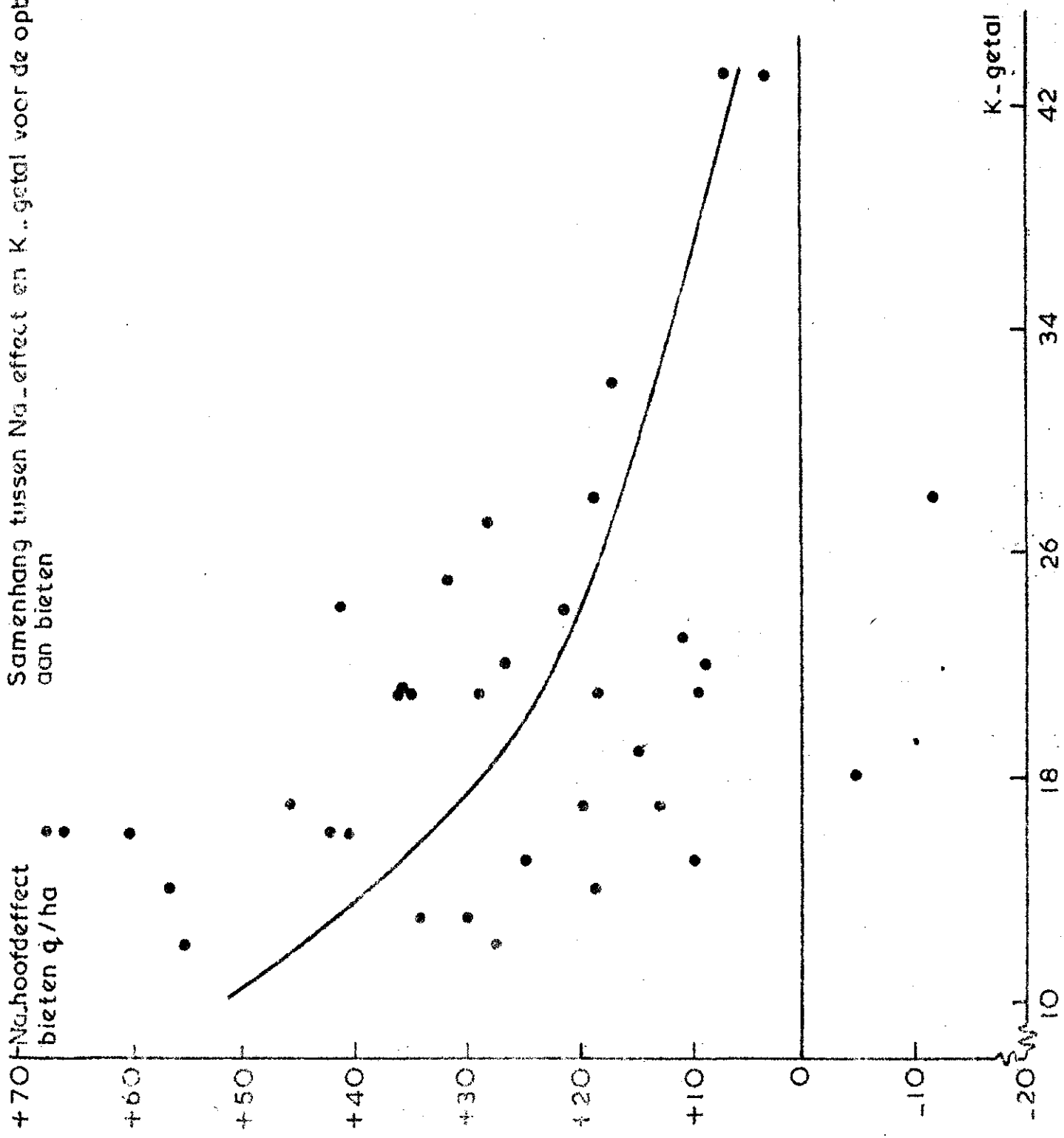


Fig. 12
 Samenhang tussen Na-effect en Na₂O-gehalte van de
 grond voor de opbrengst aan bieten

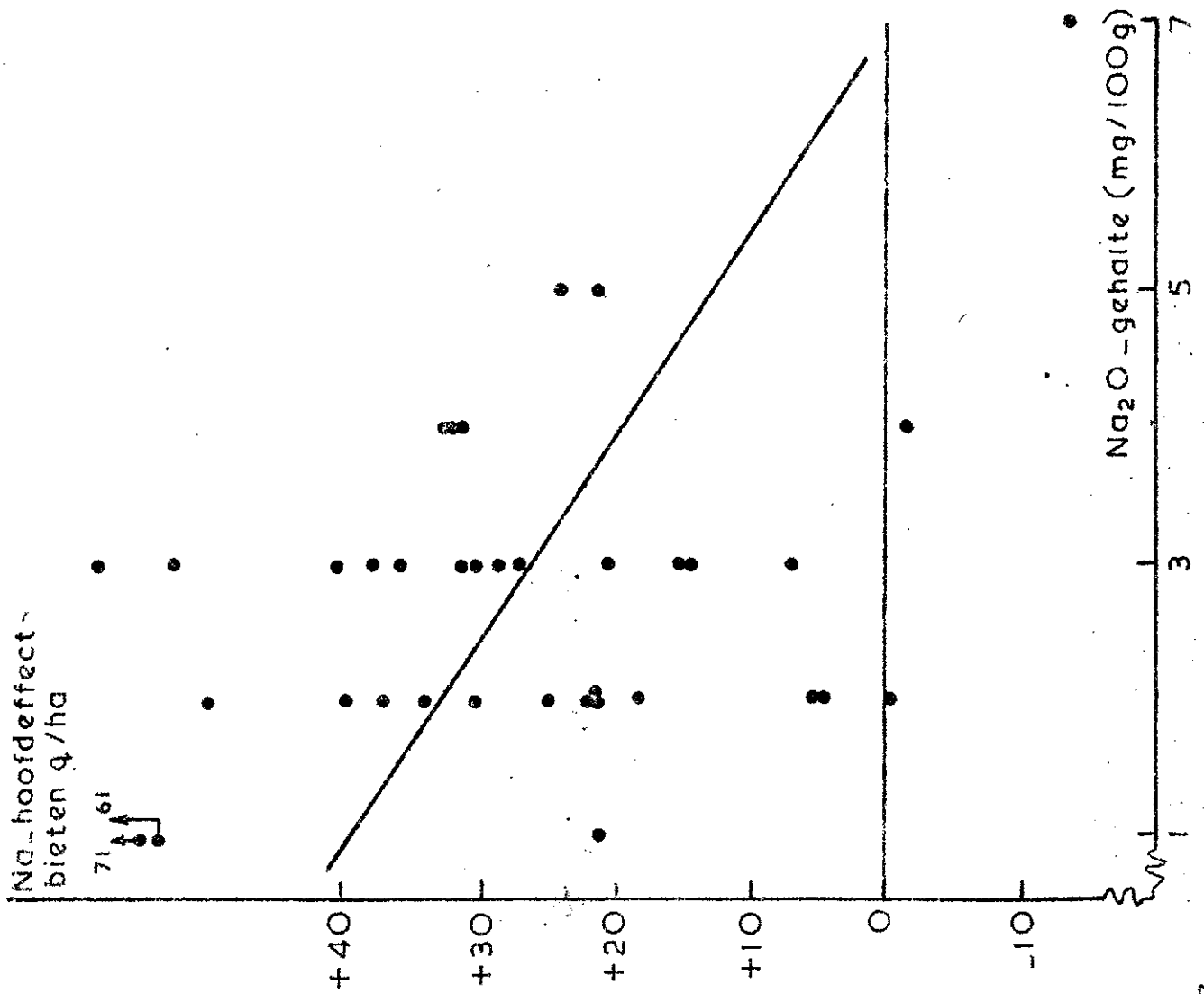


Fig. 13

Meest rendabele K₂O-bemesting in afhankelijkheid van het K₂O-getal

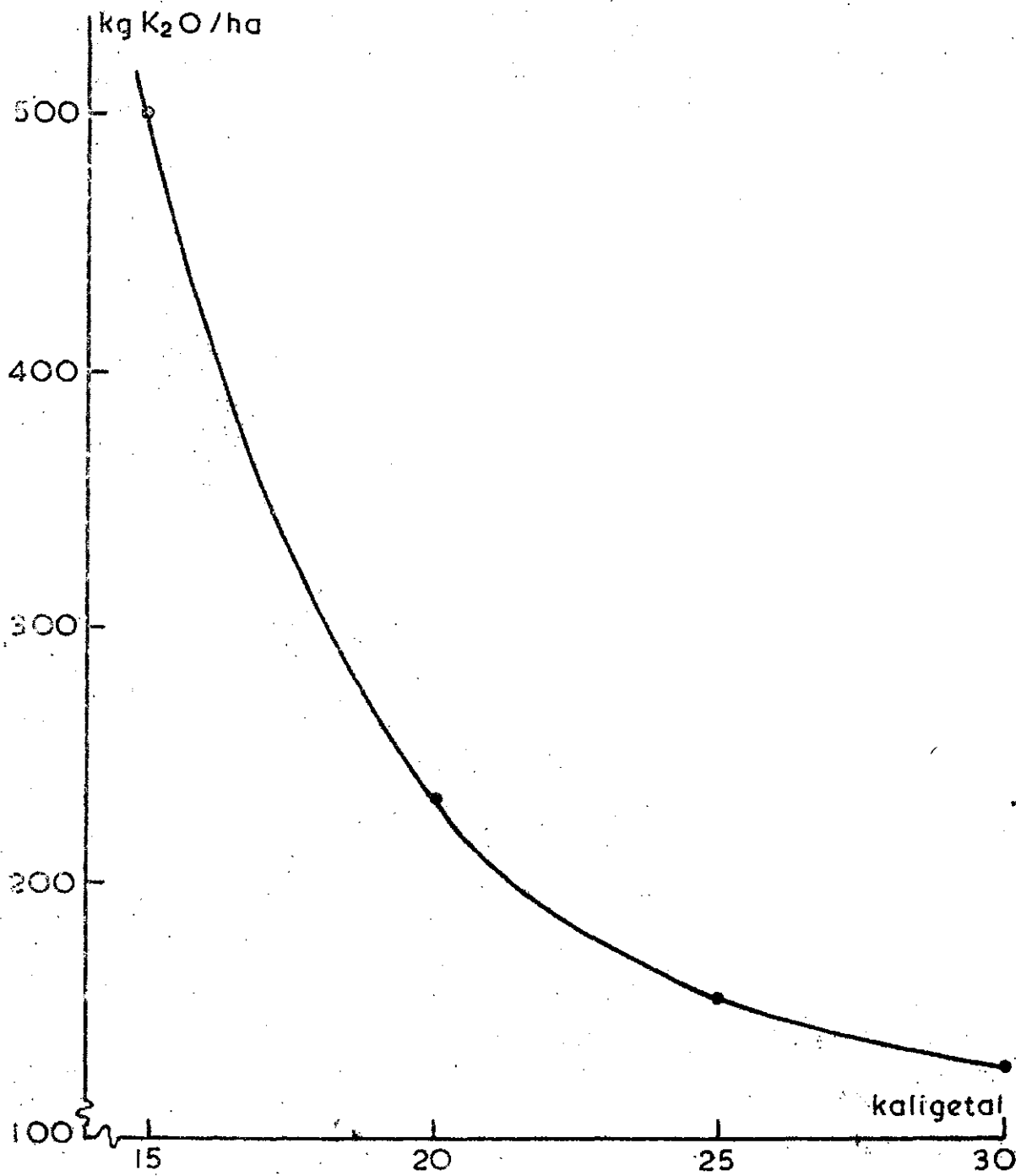


Fig. 14
Rentabiliteit van de Mg-bemesting in afhankelijkheid van
het MgO-gehalte van de grond

