

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 15-1973

HET VERBAND TUSSEN BLADSAMENSTELLING EN GRONDANALYSE-
CIJFERS BIJ DE APPEL

Oriënterend onderzoek op praktijkbedrijven in verband met de kans op
het optreden van stip

door

J. VAN DER BOON

1973

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

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 15-1973

IBBRAH

INHOUD

1. Inleiding
2. Verzameling van het materiaal
3. Resultaten
 - 3.1. Gemiddelde blad- en grondanalysecijfers per grondsoort
 - 3.2. Correlatie tussen blad- en grondanalysecijfers
 - 3.2.1. Correlatie tussen bepaald element in het blad en in de grond
 - 3.2.1.1. K-gehalte van het blad
 - 3.2.1.2. K/Ca-verhouding in het blad
 - 3.2.1.3. (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad
 - 3.2.1.4. Ca-gehalte van het blad
 - 3.2.1.5. Mg-gehalte van het blad
 - 3.2.1.6. Mg/Ca-verhouding in het blad
 - 3.2.1.7. K/Mg-verhouding in het blad
 - 3.2.2. Kritieke grenswaarden
 - 3.2.3. Meerdimensionale bewerking
 - 3.2.3.1. K-gehalte van het blad
 - 3.2.3.2. K/Ca-verhouding in het blad
 - 3.2.3.3. (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad
 - 3.2.3.4. Ca-gehalte in het blad
 - 3.2.3.5. Mg-gehalte in het blad
4. Discussie
5. Samenvatting
6. Literatuur

ontv. 3-7-73

O 300

1. INLEIDING

Stip in appels wordt bepaald door een absoluut of relatief calciumtekort in de vrucht. In onderzoek werden grenswaarden afgeleid voor het gehalte van vrucht en blad aan K, Ca en Mg en voor de onderlinge verhouding van deze kationen, waarbij al of niet stip optreedt (Van der Boon et al., 1968; Das en Van der Boon, 1971, 1972; Van Goor, 1971).

Er werd geen duidelijk universeel verband gevonden tussen het optreden van stip en de chemische grondanalysecijfers van het routineonderzoek. De zwaarte van de grond speelt hierbij een belangrijke rol.

Een oriënterend onderzoek werd daarom uitgevoerd om het verband tussen bladsamenstelling en chemische samenstelling van de grond te toetsen. Daartoe werden grondmonsters verzameld op fruitbedrijven op zand, rivier- en zeeklei. Hierin werden niet alleen de gebruikelijke chemische bepalingen verricht, maar ook de in water oplosbare en de uitwisselbare gehalten aan kalium, calcium en magnesium bepaald. Nagegaan werd of uitgaande van de voor het blad vastgestelde grenswaarden voor het optreden van stip ook voor het grondonderzoek met redelijke nauwkeurigheid kritieke waarden konden worden vastgesteld op de diverse grondsoorten.

2. VERZAMELING VAN HET MATERIAAL

Grond- en gewasmonsters waren afkomstig van het onderzoek naar de invloed van de grasstrokencultuur op de chemische bodemvruchtbaarheid in de fruitteelt (Van der Boon en Das, 1972). Hierbij werd de grond bemonsterd in de zwartstroken onder de bomen tot op 30 cm van de grasbaan en in de grasbaan tussen de rijsporen in de lagen van 0-20 en 20-40 cm. De volgende aantallen fruitteeltbedrijven werden bemonsterd:

- 50 bedrijven op zeeklei in de consulentschappen voor de tuinbouw Barendrecht en Goes in voorjaar 1968;
- 50 bedrijven op zandgrond in de consulentschappen 's-Hertogenbosch en Roermond in voorjaar 1968;
- 25 bedrijven op zandgrond in de consulentschappen 's-Hertogenbosch en Roermond in najaar 1968;
- 25 bedrijven op zandgrond met Golden Delicious in de consulentschappen 's-Hertogenbosch en Roermond in najaar 1968;
- 93 bedrijven op rivierklei in de consulentschappen Arnhem, Geldermalsen, 's-Hertogenbosch en Utrecht in najaar 1968.

Behalve in het vermelde uitzonderingsgeval had het onderzoek steeds plaats met Cox's Orange Pippin.

In de zomer van 1968 werden bladmonsters verzameld op de eerste 100 bedrijven op zeeklei en zand. Voor Golden Delicious en voor de bedrijven op rivierklei vond de bemonstering plaats in augustus 1969. Als monster werd genomen het 3e en 4e blad van de langloten, gerekend vanaf de basis.

De monsters van de laag van 0-20 cm werden door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek volgens het gebruikelijke routineonderzoek geanalyseerd op pH-KCl, organische stof, CaCO_3 , afslibbaar, P-AL, K-HCl en MgO-NaCl. De monsters van de laag van 20-40 cm werden op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren onderzocht op pH-KCl en K-HCl. De bladmonsters werden op

het laboratorium van het Proefstation voor de Fruitteelt te Wilhelminadorp onderzocht op de totale gehalten aan kalium, calcium, magnesium, fosfaat en stikstof.

De volgende, niet-routine- of nieuwe bepalingen werden uitgevoerd om een mogelijk betere maat voor de beschikbaarheid van de voedingselementen voor het gewas te verkrijgen:

H-bezetting, bepaald door de grond te percoleren met 0,5 n Ca-acetaat bij pH 8,2;

Kationenwaarde, bepaald door het absorptiecomplex met Ca te bezetten door na de vorige bepaling nogmaals met Ca-acetaat te percoleren bij pH 6,5 en daarna alle calcium uit te wisselen met 1 n NaCl;

K- en Na-uitwisselbaar, door te percoleren met 1 n NH_4NO_3 ;

Ca- en Mg-uitwisselbaar, door te percoleren met 1 n NaCl;

Actief CaCO_3 volgens de methode Drouineau (1942) en gewijzigd door dr. J. Th. L. B. Rameau (pers. med.): grond schudden met overmaat ammoniumoxalaat gedurende twee uur waarbij de fijnste (= actieve) fractie van de koolzure kalk oplost. Het niet door calcium neergeslagen oxalaat terugtitreren. Bij deze bepaling wordt het uitwisselbare calcium (gedeeltelijk) meegenomen;

K- en Ca-water (1:60), bepaling uitgevoerd zoals die is voor Pw-getal: voorbevochtigen met kleine hoeveelheid water, 22 uur laten staan, water in 1:60 op volumebasis toevoegen en 1 uur schudden;

K-, Ca- en Mg-water (1:3 $\frac{1}{3}$): 22,5 g luchtdroge grond + 75 ml water, 1 uur schudden, filtreren en in filtraat kationen bepalen.

3. RESULTATEN

3.1. Gemiddelde blad- en grondanalysecijfers per grondsoort

Zoals reeds is aangetoond, zijn de kaligehalten van appelblad op zand hoog - te hoog gezien het optreden van stip - en op rivierklei duidelijk lager, hoewel in dit materiaal gemiddeld ook aan de hoge kant als men er van uitgaat dat 1,75% K_2O in het blad de grenswaarde is voor stip (tabel I). Het calciumgehalte is op zandgrond laag, duidelijk lager dan op zee- en rivierklei, behalve voor de weinig stipgevoelige Golden Delicious, die dit gehalte nog aardig weet te handhaven. De K/Ca-verhouding en de (K + Mg)/Ca-verhouding in het blad van Cox's Orange Pippin bevinden zich op zand op een hoog niveau. Op zee- en rivierklei is het gemiddeld gehalte vrij redelijk wat de kans op het optreden van stip betreft, maar toch nog wel te hoog om alle stip uit te sluiten.

Wat de grondanalysecijfers betreft: het K-HCl-cijfer loopt niet parallel met de hoogte van het kaligehalte in het blad. Bij een hoog kaligehalte in het blad op zandgrond zijn de K-HCl-cijfers daar laag in vergelijking met die op rivierklei. De appel is op zandgrond blijkbaar in staat veel kali op te nemen. Het ontbreken van een adsorptiecomplex van kleimineralen leidt zelfs tot een overmaat aan kali in de boom. Het kali-uitwisselbaar lijkt geen betere index, het kali-water (1:3^{1/3}) geeft gemiddeld voor de grondsoorten onderling geen grote verschillen te zien, maar zou afgaande op het bladgehalte hogere waarden voor zandgronden getoond moeten hebben. Voor calcium geven de diverse grondanalysemethoden duidelijk lagere gehalten op de zandgronden, hetgeen goed de verschillen in de analysegehalten voor calcium in het blad weerspiegelt. Het calcium-uitwisselbaar is op klei meer dan vier keer zo hoog als op zand; op rivierklei is calcium-water (1:60) tot zeven maal zo hoog als op zand en op zee- en rivierklei zelfs nog meer. De K/Ca-waterverhouding in de grond geeft duidelijke verschillen tussen de grondsoorten, parallel lopend met die in het blad, maar de verhouding K-uitw./ \sqrt{Ca} -uitw. niet.

TABEL I. Gemiddelde blad- en grondanalysecijfers op de verschillende grondsoorten

	Zand		Zee- klei, voorj. 1968		Rivier- klei, najaar 1968		Eenheden
	voorj. 1968	najaar 1968	Golden Delic., naj.'68	voorj. 1968	voorj. 1968	najaar 1968	
K ₂ O-% blad	2,28	2,26	2,64	1,88	1,96		%
K-water (1:3 ^{1/3})	58	38	42	52	37		dpm stoofdr. grond
K-water (1:60)	141	82	91	199	145		mg/1 luchtdr. grond
K-HCl	25	13	15	42	39		0,001%
K-getal **	-	-	-	42	45		
K-uitw.	3,1*	0,2	0,2	0,5*	0,9		meq./100 g
K ₂ O/CaO blad	1,89	1,90	1,64	1,31	1,21		%/%
K ₂ O/CaO-water (1:3 ^{1/3})	1,27	1,64	1,71	0,31	0,37		dpm/dpm
K ₂ O/CaO-water (1:60)	2,24	2,56	2,84	0,31	0,79		mg/mg
K-uitw./√Ca-uitw.	2,45*	0,13	0,13	0,12*	0,23		meq./√meq.
(K+Mg)/Ca blad	1,60	1,62	1,28	1,18	1,04		eq./eq.
(K+Mg)/Ca-uitw.	2,90*	0,31	0,28	0,11*	0,21		meq./√meq.
CaO-% blad	1,29	1,27	1,68	1,55	1,70		%
Ca-water (1:3 ^{1/3})	61	25	32	199	122		dpm stoofdr. grond
Ca-water (1:60)	83	37	45	716	265		mg/1 luchtdr. grond
Ca-uitw.	3,5*	2,8	3,4	15,1*	15,2		meq./100 g
Ca-uitw./uitw. cap.	0,29*	0,26	0,33	0,87*	0,69		meq./meq.
MgO-% blad	0,41	0,41	0,35	0,41	0,37		%
Mg-water (1:3 ^{1/3})	19	8	8	23	17		dpm stoofdr. grond
MgO-NaCl	165	111	116	269	342		dpm grond
Mg-uitw.	0,6*	0,5	0,6	1,3*	2,1		meq./100 g
Mg-uitw./uitw. cap.		0,053	0,058		0,096		meq./meq.

* Zand voorjaar 1968 en zeeklei, laag 20-40 cm; K-uitw. als verschil tussen uitw. capaciteit en Mg- + Ca-uitwisselbaar volgens twee verschillende methoden.

** Correctie van K-HCl op invloed van pH en percentage slib volgens advies akkerbouwgewassen.

Het magnesiumgehalte van het blad liep gemiddeld naar grondsoort niet uiteen, de grondanalysemethoden gaven op kleigronden gemiddeld hogere cijfers.

Over het geheel genomen zou de extractie met water voor kalium en calcium nog het beste weergeven wat door de plant kan worden opgenomen, zoals dat wordt aangegeven door de gehalten in het blad.

3.2. Correlatie tussen blad- en grondanalysecijfers

3.2.1. Correlatie tussen bepaald element in het blad en in de grond

De correlatie tussen blad- en grondanalysecijfers werd vastgesteld door grafisch uitzetten van de gegevens en door berekening van enkelvoudige en collectieve correlatiecoëfficiënten. Hierbij werd uitgegaan van een rechtlijnig verband tussen de gehalten in blad en grond, resp. van een kromlijinig verband, berekend volgens een tweedegraadsvergelijking en van een rechtlijnig verband tussen het bladgehalte en de logaritmie van het grondanalysecijfer.

3.2.1.1. K-gehalte van het blad. Tabel II geeft de correlaties weer tussen de grondanalysecijfers voor kalium en tussen deze en bepaalde fysisch-chemische eigenschappen van de grond. De grondanalysecijfers zijn afkomstig van de laag van 0-20 cm, behalve voor de gegevens van zand en zeeklei in voorjaar 1968 van het uitwisselbare kalium. Aanvankelijk was bij het onderzoek de laag 20-40 cm genomen, omdat de gehalten daarin minder onder de invloed staan van het storende effect van de grasmulch van de grasstrokencultuur. Later bleken de correlaties tussen de kaligehalten van deze laag en het kaligehalte van het blad aanzienlijk lager te zijn dan de correlaties met de kaligehalten in de laag van 0-20 cm.

De grondanalysecijfers voor kali volgens de diverse methoden zijn uiteraard onderling min of meer hoog gecorreleerd; de samenhang lijkt nog het minst uitgesproken voor K-water en K-uitwisselbaar. De K-watercijfers zijn weinig gecorreleerd met het slibpercentage van de grond; er is een positieve samenhang met de pH van zandgrond. Er is een positieve correlatie tussen K-HCl en K-getal enerzijds en het percentage slib van de grond anderzijds.

TABEL II. Correlaties tussen kali-grondanalysecijfers volgens diverse methoden en enige bodemfactoren voor de laag van 0-20 cm.

Correlatiecoëfficiënten x 1000											
	K-water (1:3 ^{1/3})	K-water (1:60)	K-HCl	K- getal	K- uitw.	K- * uitw.	K-uitw./ * uitw.cap	pH	slib %	humus uitw. %	cap.
Zand, voorjaar 1968 (n=50)											
K-water (1:3 ^{1/3})		+968	+837	+758	-124		-229	+451	+072	+197	+204
K-water (1:60)			+901	+820	-205		-325	+555	+185	+085	+130
K-HCl				+949	-333		-508	+595	+521	-085	+172
K-getal**					-438		-561	+520	+529	-278	+048
K-uitw.*							+890	-560	-447	+738	+509
K-uitw./uitw.cap.*								-624	-624	+584	+228
Zand, najaar 1968 (n=50)											
K-water (1:3 ^{1/3})		+547	+514	+600	+441		+435	+434	+198	-022	+019
K-water (1:60)			+918	+870	+764		+487	+445	+285	+326	+473
K-HCl				+960	+761		+469	+391	+388	+348	+533
K-getal**					+740		+512	+444	+475	+090	+365
K-uitw.							+794	+220	+464	+231	+392
K-uitw./uitw.cap.								+057	+259	-041	+013
Zeelei, voorjaar 1968 (n=50)											
K-water (1:3 ^{1/3})		+895	+679	+865	+356		+387	-144	-167	+075	-143
K-water (1:60)			+881	+939	+515		+529	-103	+113	+076	+052
K-HCl				+920	+702		+643	-279	+509	+305	+430
K-getal					+572		+562	-314	+166	+220	+152
K-uitw.*							+947	-361	+541	+365	+503
K-uitw./uitw.cap.*								-333	-320	+445	+410
Rivierklei, najaar 1968 (n=93)											
K-water (1:3 ^{1/3})		+663	+631	+629	+498		+730	-013	-214	+098	-159
K-water (1:60)			+743	+452	+591		+775	+333	-119	-006	-113
K-HCl				+789	+939		+668	-089	+408	+404	+393
K-getal					+741		+611	-611	+251	+403	+252
K-uitw.							+548	-182	+594	+535	+588
K-uitw./uitw.cap.								-019	-181	-206	-319

** Voor gronden <11% slib correctie van K-HCl op humusinvloed.

* Zand voorjaar 1968 en zeelei laag 20-40 cm, K-uitw. =verschil tussen uitw. capaciteit en Ca- en Mg-uitw.

Als met het percentage slib geen rekening wordt gehouden, is er tussen het kaligehalte van het appelblad en de K-HCl-cijfers van de grond een negatief verband: de kali is voor de appel op zandgronden zeer goed beschikbaar, en de opname neemt af naarmate de grond meer slib bevat, ook al is de hoeveelheid met HCl uitwisselbaar kalium hoger. In tabel III zijn daarom de correlatiecoëfficiënten gegeven per grondsoort, terwijl daarbinnen nog een onderverdeling is gegeven. In de tabel is ook het K-getal opgenomen, waarbij is gecorrigeerd voor de invloed van het percentage slib en de pH op de beschikbaarheid van de kali, zoals deze uit proeven met aardappelen naar voren is gekomen. Voor zandgrond is gecorrigeerd voor het humusgehalte.

In de tabel zijn de collectieve correlatiecoëfficiënten weergegeven, voorzover ze zijn berekend. Dit is namelijk niet het geval voor de totalen van zee- en rivierklei. Door de berekening van de tweedegraadsvergelijking wordt rekening gehouden met een kromlijnige samenhang. Als men uitgaat van een langzaam verlopende verzadigingskromme, zou de functie $y = \log x + a$ juist zijn, maar over het algemeen waren de correlatiecoëfficiënten volgens deze berekening weinig of niet hoger dan volgens de rechte lijn. In fig. 1-3 wordt het verband tussen K₂O-blad en resp. K₂O-water, K-HCl en K-getal per grondsoort grafisch weergegeven.

De correlatie tussen kaligehalte van het appelblad en kaligrondanalysecijfers is relatief laag. Er moeten nog andere factoren zijn welke de beschikbaarheid van de kali of de opname door de plant beïnvloeden. De totale correlatie is op zeeklei nog het hoogst, dan volgt rivierklei. De correlaties op zand zijn zeer laag; voor de gegevens van Cox's Orange Pippin met bladonderzoek in augustus 1968 en grondonderzoek in het najaar is zelfs geen positief verband meer aanwezig (bij drogere grond ophoping in de bovenlaag en minder opname?). Per grondsoort ontlopen de correlaties voor de diverse kaligrondanalysecijfers elkaar weinig. Het via extract met water bepaalde kali (1:3^{1/3}) lijkt een iets betere maatstaf, de ruimere schudverhouding is wat minder goed.

Uitwisselbare kali en de verzadigingsgraad van het adsorptiecomplex met kali geven over het algemeen lagere correlaties te zien met de bladanalysecijfers voor kali. Op rivierkleigrond staat het K-getal bovenaan, de K/Ca-verhouding in het waterextract geeft op klei even hoge correlaties te zien of soms nog hogere.

TABEL III. Correlatie tussen K-blad- en K-grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm (collectieve correctiecoëfficiënt met teken van helling van rechte lijn).

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000						K/Ca- water (1:3 ^{1/3})	K/Ca- water (1:60)	K-uitw.*/ √Ca-uitw.
			K-wat. (1:3 ^{1/3})	K-wat. (1:60)	HCl	K- getal	K- uitw.	K- uitw./ uitw. cap.			
Zand											
voorjaar 1968	< 11	27	+634	+507	+476	+360	+431	+176	+288	+202	+111
voorjaar 1968	> 11	23	+430	+319	+257	+455	+209	+118	+371	+426	+306
najaar 1968 C.O.P.		25	-085	-200	-161	-297	-359	-438	-370	-176	-322
najaar 1968 G.Del		25	+103	+229	+271	+271	+270	+382	-202	+262	+304
Zeeklei, voorjaar 1968											
lichte	< 31	23	+667	+573	+534	+600	+303	+302	+553	+616	+271
zware	> 31	27	+625	+624	+571	+591	+316	+278	+640	+663	+351
totaal		50	+574	+529	+415	+559	+114	+127	+444	+614	+107
Rivierklei, najaar 1968											
lichte	< 35	25	+406	+088	+408	+764	+360	+390	+615	+593	+536
middelzw.	35 - 49	35	+316	+247	+171	+185	+176	+092	+346	+261	+202
zware	50 -	33	+438	+419	+477	+525	+503	+531	+462	+441	+562
totaal		93	+317	+220	+268	+401	+248	+334	+354	+451	+402

* Voor zand en zeeklei voorjaar 1968 laag 20-40 cm.

** Op zand met het percentage slib < 11 is op de invloed van humus gecorrigeerd, boven 11% is gecorrigeerd op slib en pH-KCl.

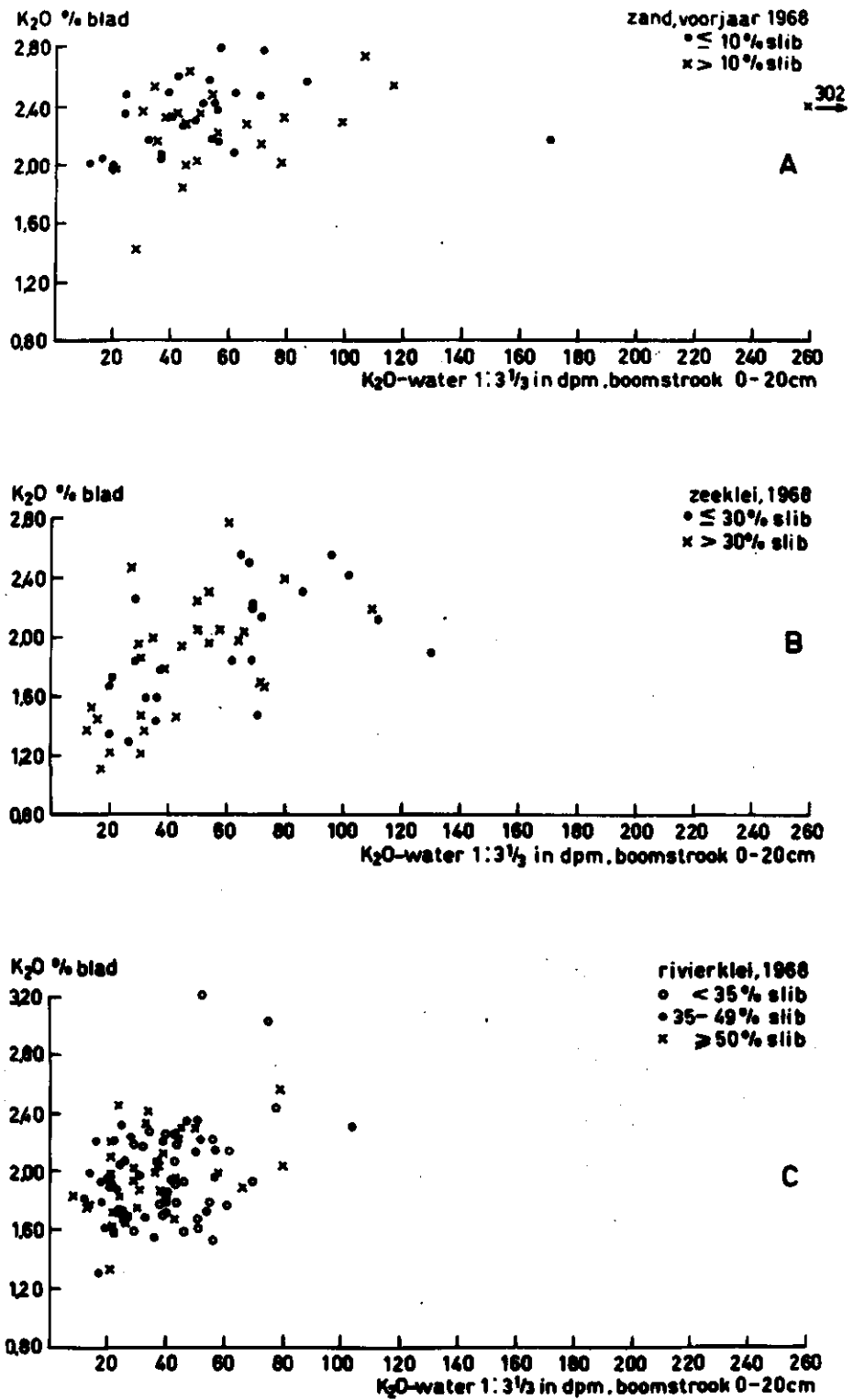


Fig. 1. K₂O-percentage van het blad, uitgezet tegen K₂O-water (1 : 3 1/3) in dpm grond.

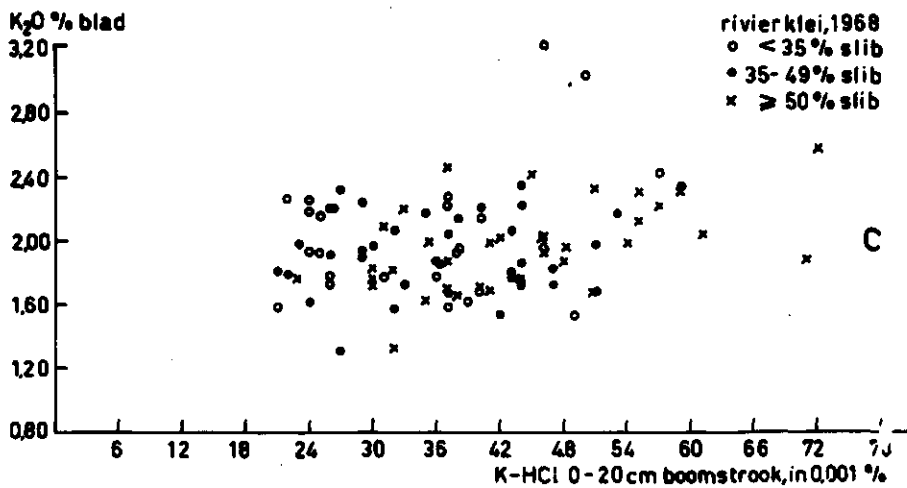
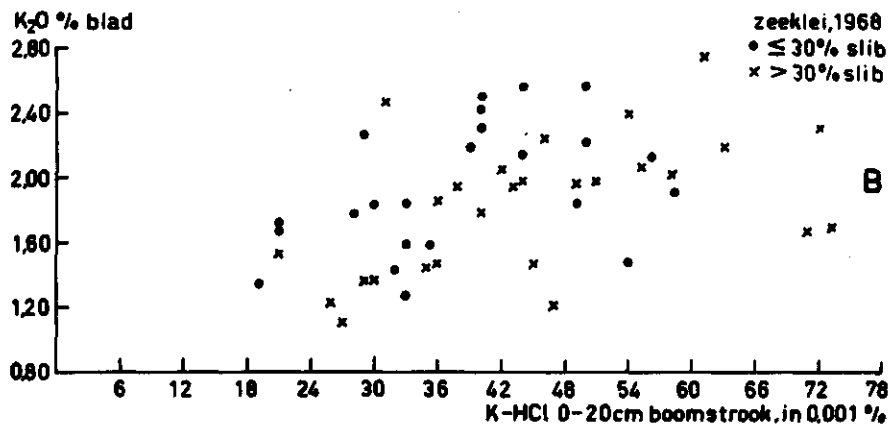
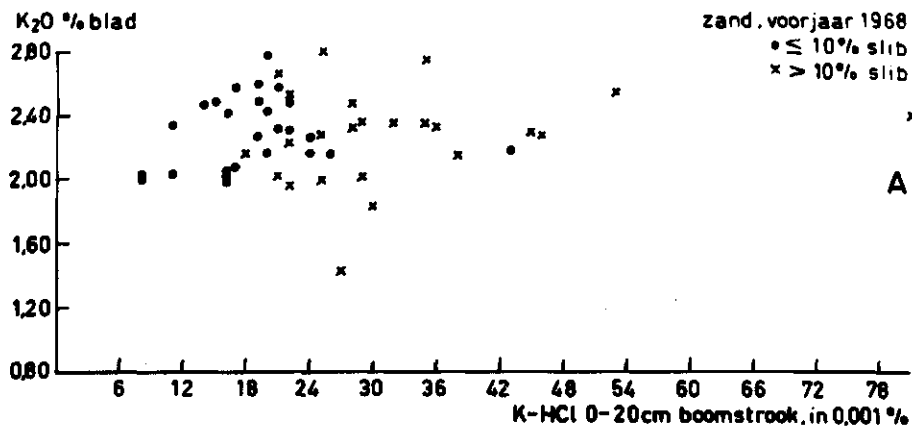


Fig. 2. K₂O-percentage van het blad, uitgezet tegen K-HCl in 0,001%.

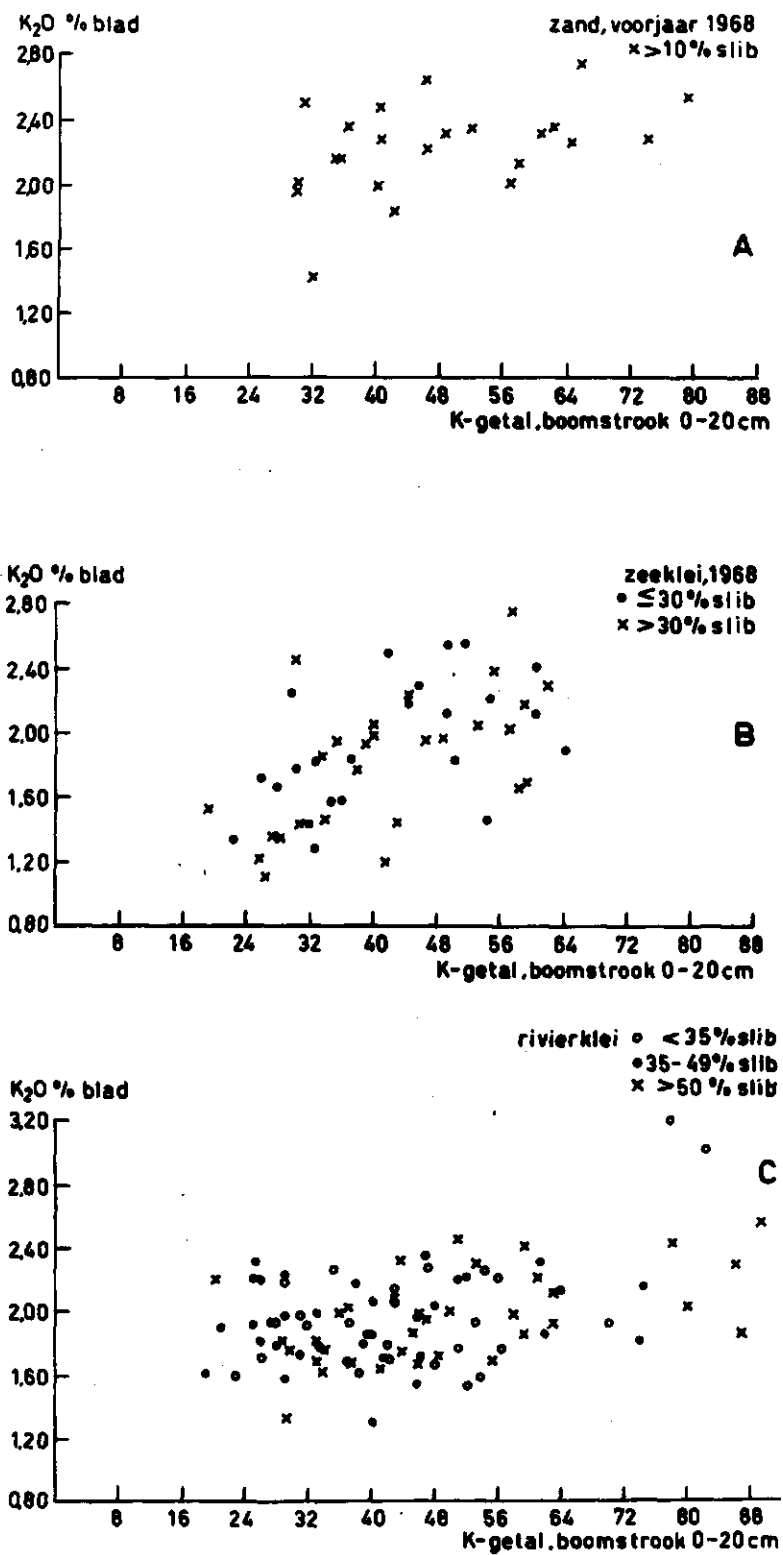


Fig. 3. K₂O-percentage van het blad uitgezet tegen K-gehal.

TABEL IV. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen K/Ca-blad- en K-grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000									
			K- water (1:3 ^{1/3})	K- water (1:60)	K- HCl	K- getal	K- uitw.	K- * uitw./ cap.	K- * uitw.	K/Ca- water (1:3 ^{1/3})	K/Ca- water (1:60)	K-uitw.*/ √Ca- uitw.
Zand	< 11	27	-324	-292	-292	-124	-184	-090	-166	-219	-232	
	> 11	23	+380	+333	+323	+352	+091	+266	+198	+353	+066	
	najaar 1968 C.O.P.	25	-291	-432	-378	-413	-638	-604	-335	-124	-539	
	najaar 1968 G.Del.	25	+251	+214	+034	+089	+288	+270	+295	+256	+278	
Zeeklei, voorjaar 1968	< 31	23	+617	+553	+521	+573	+293	+260	+575	+654	+256	
	> 31	27	+564	+544	+484	+478	+497	+391	+515	+565	+476	
	totaal	50	+537	+464	+334	+495	+119	+151	+451	+599	+112	
	Rivierklei, najaar 1968											
lichte middelzware zware totaal	< 35	25	+455	+258	+533	+686	+500	+421	+427	+370	+404	
	35-49	35	+262	+207	+072	+111	+059	+152	+348	+408	+057	
	50-	33	+300	+348	+364	+282	+421	+443	+315	+239	+443	
	totaal	93	+182	+175	+174	+215	+153	+205	+155	+237	+229	

Voetnoten: zie tabel III.

3.2.1.2. K/Ca-verhouding in het blad. Als een maat voor de kans op het optreden van stip in appels kan ook de K/Ca-verhouding in vrucht en blad genomen worden. De samenhang met de grondanalysecijfers staat vermeld in tabel IV. Op zeelei geven de K/Ca-verhoudingen in het blad vrij hoge correlaties met de K/Ca-verhoudingen in het waterig extract; de correlatie met K-uitw. / $\sqrt{\text{Ca-uitw.}}$ was minder sterk, maar dat kan ook aan de bemonstering in de tweede laag gelegen hebben. De correlatie met het K-water alleen was bijna even hoog. De correlaties op rivierklei waren niet zo hoog. Voor de K/Ca-verhouding in het waterig extract nam het verband af op de zwaardere gronden. Voor het totaal waren K/Ca-water 1:60 en K-uitw. / $\sqrt{\text{Ca-uitw.}}$ nog het hoogst gecorreleerd. Op zandgrond was geen positieve correlatie aanwezig in het proefmateriaal met Cox's Orange Pippin, wel op de gronden met meer dan 11% slib en bij het materiaal voor Golden Delicious. Maar ook dan nog was de correlatie met de K/Ca-verhouding in het waterig extract te laag voor een redelijk betrouwbare voorspelling van de K/Ca-verhouding in het appelblad.

3.2.1.3. (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad. Op de lichte kleigronden zijn ook K-water en K-HCl gecorreleerd met de (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad (tabel V). Op de zwaardere gronden neemt de samenhang af. Op zeelei komt het uitwisselbare kalium naar voren als een betere voorspelling van deze verhouding van kationen in het blad. De correlatie tussen (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad en de verhouding van (K-uitw. + Mg-uitw.) / Ca-uitw. in de grond is laag als niet met het percentage slib rekening wordt gehouden, maar verbetert binnen de beschouwde groepen van afslibbaar (fig. 4 voor visuele indruk). Op zandgrond is geen duidelijke lijn te vinden.

3.2.1.4. Ca-gehalte van het blad. Tabel VI geeft de onderlinge correlaties weer tussen de grondanalysecijfers voor calcium en fysisch-chemische eigenschappen van de grond. In het materiaal dat betrekking heeft op zand in het najaar van 1968 zijn de calciumanalysecijfers voor de vier methoden hoog gecorreleerd. Op de kleigronden zijn de correlaties lager, vooral voor de verzadigingsgraad van calcium aan het complex. Er komen hoge correlaties voor van het percentage slib en de uitwisselingscapaciteit met het uitwisselbare calcium.

TABEL V. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen (K+Mg)/Ca-blad en grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000																		
			K- water (1:3 ^{1/3})	K- water (1:60)	K- HCl	K- ** getal	K- * uitw.	K- * uitw. cap.	K/Ca- water (1:3 ^{1/3})	K/Ca- water (1:60)	K- uitw./ √Ca- uitw.	(K+Mg)* uitw./ Ca- uitw.									
Zand																					
voorjaar 1968	<11	27	-376	-276	-291	-226	-280	+050	-262	-256	+365	+338									
voorjaar 1968	>11	23	+257	+257	+229	+205	+168	+319	+202	+365	+017	+104									
najaar 1968 C.O.P.		25	-336	-494	-453	-456	-682	-632	-367	-094	-613	-486									
najaar 1968 G.Del.		25	-232	+242	-143	-116	-114	+168	+382	+221	+232	+424									
Zeelei, voorjaar 1968																					
lichte	<31	23	+591	+555	+526	+564	+199	+219	+527	+592	+195	+347									
zware	>31	27	+497	+465	+390	+385	+517	+433	+410	+482	+492	+649									
totaal		50	+465	+415	+293	+436	+108	+153	+382	+516	+106	+079									
Rivierklei najaar 1968																					
lichte	<35	25	+458	+267	+541	+691	+511	+413	+376	+335	+385	+453									
middelzw.	35-49	35	+250	+163	+040	+183	+015	-135	+399	+444	+089	+348									
zware	50-	33	+223	+297	+330	+172	+350	+367	+237	+187	+352	+398									
totaal		93	+115	+123	+139	+173	+128	+149	+100	+194	+184	+108									

Voetnoten: zie tabel III.

TABEL VI. Correlaties tussen grondanalysecijfers voor calcium en fysisch-chemische eigenschappen van de grond in de laag van 0-20 cm.

Correlatiecoëfficiënten x 1000									
	Ca-water (1:3 ¹ / ₃)	Ca-water (1:60)	Ca- uitw.*	Ca- uitw.*/ uitw. cap.	pH	slib %	humus %	uitw. cap.	
Zand, voorjaar 1968 (n=50)									
Ca-water (1:3 ¹ / ₃)		+823	+211	+117	+286	+155	+227	+259	
Ca-water (1:60)			+300	+263	+516	+186	+084	+095	
Ca-uitw.*				+879	+517	+758	-158	+271	
Ca-uitw./uitw. cap.*					+628	+699	-417	-046	
Zand, najaar 1968 (n=50)									
Ca-water (1:3 ¹ / ₃)		+833	+826	+811	+616	+307	+183	+490	
Ca-water (1:60)			+801	+809	+734	+223	+137	+414	
Ca-uitw.				+919	+713	+305	+318	+692	
Ca-uitw./uitw. cap.					+856	+286	+071	+399	
Zeelei, voorjaar 1968 (n=50)									
Ca-water (1:3 ¹ / ₃)		+561	+462	+010	-228	+284	+285	+351	
Ca-water (1:60)			+470	+178	+357	+448	-154	+290	
Ca-uitw.*				-059	-445	+808	+574	+879	
Ca-uitw./uitw. cap.*					+263	-439	-283	-370	
Rivierklei, najaar 1968 (n=93)									
Ca-water (1:3 ¹ / ₃)		+646	+778	+480	+421	+412	+587	+613	
Ca-water (1:60)			+411	+752	+785	-004	-084	+035	
Ca-uitw.				+408	+220	+774	+595	+873	
Ca-uitw./uitw. cap.					+904	-081	-230	-055	

* Voor zand en zeelei voorjaar 1968 de laag 20-40 cm.

TABEL VII. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen Ca-blad en grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000				pH- KCl
			Ca-wa- ter (1:3 1/3)	Ca-wa- ter (1:60)	Ca-uitw.* CaCO ₃	Ca-uitw.* uitw. cap. CaCO ₃	
Zand							
voorjaar 1968	<11	27	+368	-118	+279	+125	+299
voorjaar 1968	>11	23	+105	+212	+509	+405	+158
najaar 1968 C.O.P.		25	+275	+317	+035	+104	-203
najaar 1968 G.Del.		25	+159	+345	+134	+094	-135
Zeelei, voorjaar 1968							
lichte	<31	23	+223	+356	+257	+391	+454
zware	>31	27	-090	+267	-046	+576	+391
totaal		50	+002	+242	+048	+132	+405
Rivierklei, najaar 1968							
lichte	<35	25	-199	+237	-125	-117	-112
middelzware	35-49	35	-319	-310	-351	-250	-251
zware	50-	33	+137	+217	-014	-127	-285
totaal		93	-119	-152	-075	-072	-114

* Ca-uitw. in laag 20-40 cm voor zand en zeelei voorjaar 1968.

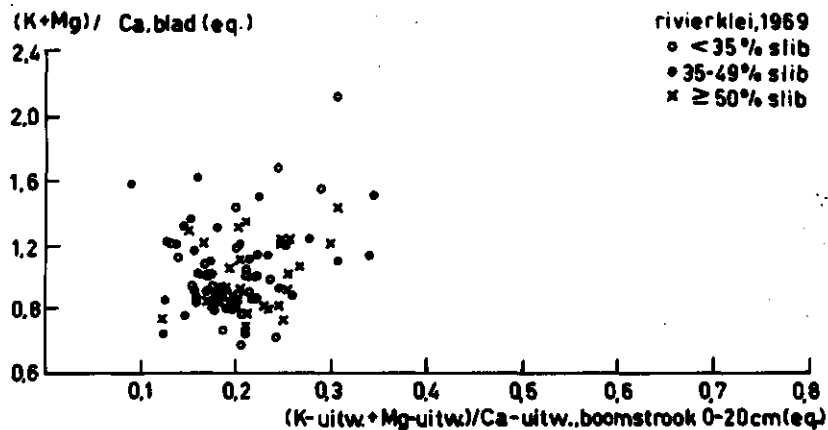


Fig. 4. (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad, uitgezet tegen deze verhouding in de grond.

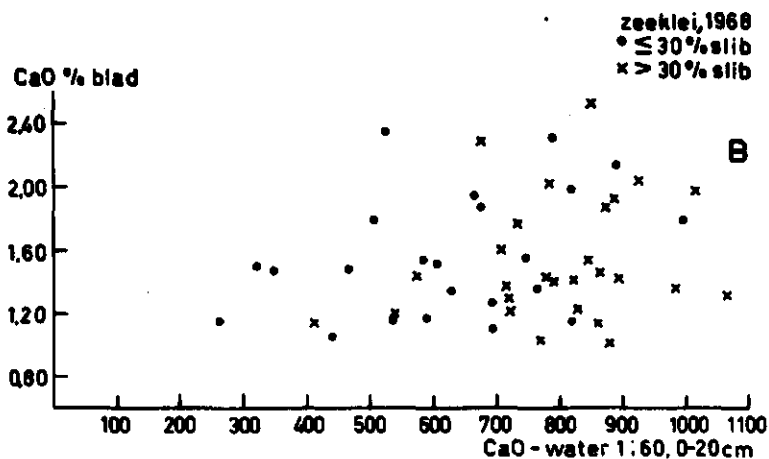
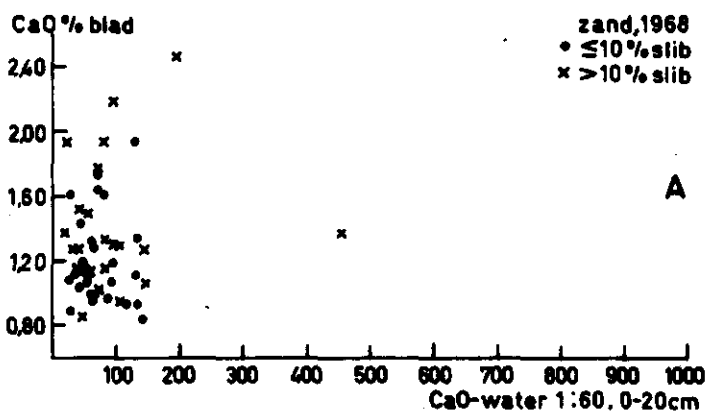


Fig. 5. CaO-percentages van het blad, uitgezet tegen Ca-water (1 : 60).

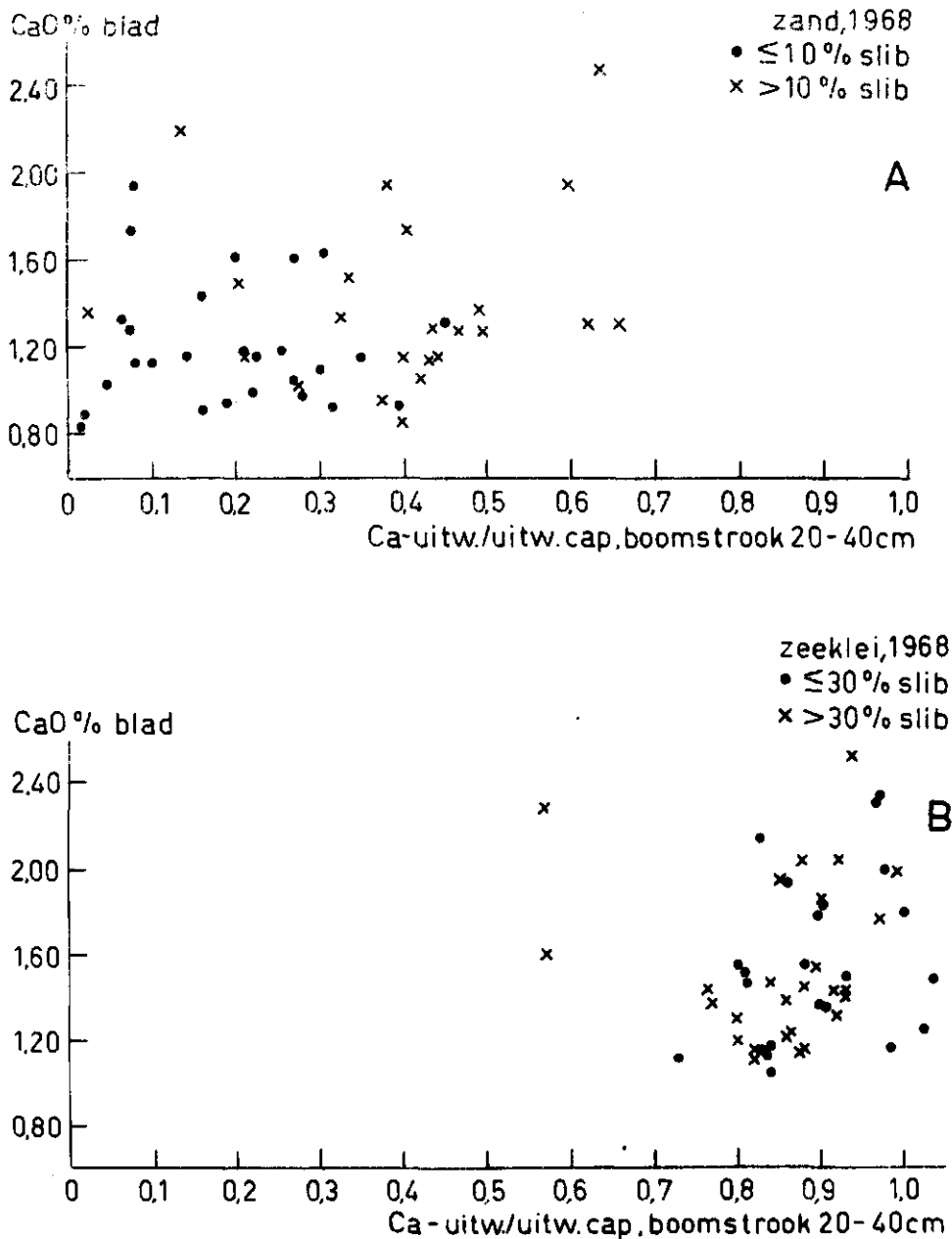


Fig. 6. CaO-percentage van het blad, uitgezet tegen relatieve calcium-bezetting.

Het calciumgehalte van het appelblad vertoont geen duidelijk verband met de analysecijfers voor calcium, bepaald volgens vijf methoden (tabel VII). Blijkbaar spelen andere factoren in de grond (en ook in het gewas) een belangrijke rol bij de calciumopname. Op rivierklei is er zelfs een negatief verband; de kalkrijke stroomruggonden zijn ook kalirijk, hetgeen waarschijnlijk de calciumopname drukt. Op zeelei

is de correlatie met de pH nog het hoogst. Dan volgt in betekenis de calcium-waterbepaling met een schudverhouding 1:60. Ook met het gehalte aan actief calciumcarbonaat, bepaald volgens de methode van Drouineau, is er een positieve, zij het geringere samenhang. De verzadiging van het adsorptiecomplex met calcium zou op zeeklei ook een maatstaf kunnen zijn voor het calciumgehalte van het blad, als dit wordt gezien binnen groepen van afslibbaar. De Ca-wateranalysecijfers en de relatieve Ca-bezetting van het complex vallen voor zand en zeeklei in twee duidelijke groepen uiteen, maar ze geven toch min of meer aansluiting met het CaO-percentages van het blad (fig. 5 en 6).

3.1.2.5. Mg-gehalte van het blad. De onderlinge correlaties tussen de grondanalysecijfers voor magnesium en ook de samenhang met bepaalde eigenschappen van de grond worden weergegeven in tabel VIII. MgO-NaCl en Mg-uitw. zijn onderling hoog gecorreleerd, de samenhang met Mg-water is minder sterk. Op de kleigronden vertonen de twee eerstgenoemde analysecijfers hoge correlaties met het slibpercentage en de uitwisselingscapaciteit van de grond. Ook met het humusgehalte is er een duidelijke samenhang op de kleigronden.

De samenhang tussen het magnesiumgehalte van het blad en de magnesiumgrondanalysecijfers is weinig duidelijk (tabel IX). Een bepaalde grondanalysemethode voor magnesium komt niet duidelijk als beste naar voren. Op de wat slibhoudende zandgronden wordt bij het onderzoek van voorjaar 1968 een duidelijke samenhang gevonden: Magnesium-uitwisselbaar staat hier het hoogst, en Mg-water (1:3¹/₃) het laagst. Het magnesium-uitwisselbaar, berekend als fractie van de totale uitwisselingscapaciteit, geeft op rivierklei het beste verband met het magnesiumgehalte van het blad. Daar kali in grote mate het magnesiumgehalte van appelblad bepaalt, zijn ook de correlaties met de K/Mg-verhoudingen in de grond weergegeven. De te verwachten negatieve samenhang komt goed naar voren bij de verhouding tussen K-HCl/MgO-NaCl, behalve op de lichte zeekleigronden.

3.1.2.6. Mg/Ca-verhouding in het blad. Behalve voor de gegevens van Cox's Orange Pippin in najaar 1968, welke ook voor de andere bepalingen vaak een afwijkend beeld gaven, is er steeds een posi-

TABEL VIII. Correlaties tussen grondanalysecijfers voor magnesium en fysisch-chemische eigenschappen van de grond in de laag van 0-20 cm.

Correlatiecoëfficiënten x 1000									
	Mg-water (1:3 ^{1/3})	MgO- NaCl	Mg- * uitw.	Mg-uitw.* / uitw. cap.	pH	slib %	humus %	uitw. cap.	
Zand, voorjaar 1968 (n=50)									
Mg-water (1:3 ^{1/3})	+148		-053		-041	-181	+333	+249	
MgO-NaCl			+747		+381	+624	-117	+284	
Mg-uitw. *					+403	+675	-258	+136	
Zand, najaar 1968 (n=50)									
Mg-water (1:3 ^{1/3})	+747		+673	+575	+312	+078	+396	+399	
MgO-NaCl			+914	+834	+559	+288	+296	+437	
Mg-uitw. *				+898	+567	+310	+248	+490	
Mg-uitw.*/uitw. cap.					+546	+207	-006	+112	
Zeelei, voorjaar 1968 (n = 50)									
Mg-water (1:3 ^{1/3})	+613		+398		-458	+193	+412	+315	
MgO-NaCl			+861		-510	+653	+655	+706	
Mg-uitw. *					-188	+686	+409	+596	
Rivierklei, najaar 1968 (n=93)									
Mg-water (1:3 ^{1/3})	+692		+711	+590	+028	+298	+581	+496	
MgO-NaCl			+959	+661	-253	+719	+529	+736	
Mg-uitw.				+692	-125	+737	+522	+762	
Mg-uitw./uitw. cap.					+125	+147	-065	+086	

* Voor zand en zeelei voorjaar 1968 de laag 20-40 cm.

TABEL IX. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen Mg-blad en grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000									
			Mg-wat. (1:3 ¹ /3)	MgO- NaCl	Mg- uitw.	Mg- * uitw./ cap.	K-wat./ Mg-wat. (1:3 ¹ /3)	K-HCl/ MgO- NaCl	K-uitw.*/ √Mg- uitw.			
Zand												
voorjaar 1968	<11	27	-039	-088	-175	-253	-476	-438	-100			
voorjaar 1968	>11	23	+299	+604	+779	+650	-530	-550	-415			
najaar 1968 C.O.P.		25	+249	+035	-163	+193	-401	-403	-394			
najaar 1968 G.Del.		25	-102	-053	-047	+493	-132	-378	-693			
Zeelei, voorjaar 1968												
lichte	<31	23	+132	+208	+309	+172	+321	+226	+170			
zware	>31	27	+376	+498	-362	-412	-181	-348	+260			
totaal		50	+183	+139	-047							
Rivierklei, najaar 1968												
lichte	<35	25	+352	+336	+263	+394	-206	-227	-247			
middelzw.	35-49	35	-210	+100	+105	+171	-312	-327	-424			
zware	50-	33	+182	+098	+108	+329	-219	-175	-272			
totaal		93	+029	+113	+087	+161						

* Mg-uitw. in laag 20-40 cm voor zand en zeelei voorjaar 1968.

tieve correlatie tussen de Mg/Ca-verhouding in het blad en die in de grond, waarbij niet is uit te maken of de verhouding in het waterig extract van $1:3^{1/3}$ of de verhouding tussen de uitwisselbare kationen de beste samenhang geeft (tabel X).

TABEL X. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen Mg/Ca-blad en grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000		
			Mg-wat./ Ca-wat. ($1:3^{1/3}$)	Mg- * uitw./ Ca- uitw.	Mg- * uitw./ uitw. cap.
Zand					
voorjaar 1968	< 11	27	+276	+397	+177
voorjaar 1968	> 11	23	+120	+338	+433
najaar 1968 C.O.P.		25	-403	-408	-316
najaar 1968 G.Del.		25	+891	+618	+504
Zeeklei, voorjaar 1968					
lichte	< 31	23	+485	+487	+472
zware	> 31	27	+710	+596	+603
Rivierklei, najaar 1968					
lichte	< 35	25	+201	+301	+226
middelzw.	35-49	35	+276	+294	+290
zware	50-	33	+352	+290	+270

* Mg- en Ca-uitw. in laag 20-40 cm voor zand en zeeklei voorjaar 1968.

3.1.2.7. K/Mg-verhouding in het blad. Hoewel niet zo zeer samenhangend met het optreden van stip, is het interessant na te gaan hoe de K/Mg-verhouding in het blad samenhangt met de grondanalysecijfers volgens de diverse methoden (tabel XI). Op rivierklei is de verhouding $K\text{-uitw.}/\sqrt{Mg\text{-uitw.}}$ de beste maatstaf. Tussen de twee andere verhoudingen K/Mg in water ($1:3^{1/3}$) en $K\text{-HCl}/MgO\text{-NaCl}$ is geen duidelijk voordeel in ene of andere richting.

TABEL XI. Collectieve correlatiecoëfficiënten tussen K/Mg-blad en grondanalysecijfers in de laag van 0-20 cm.

Grondsoort	Slib- klasse	Aan- tal	Correlatiecoëfficiënten x 1000			
			K-wat./ Mg-wat. (1:3 ¹ / ₃)	K-HCl/ MgO- NaCl	K- * uitw./ Mg- uitw.	K- * uitw./ √Mg- uitw.
Zand						
voorjaar 1968	< 11	27	+468	+365	+145	+163
voorjaar 1968	> 11	23	+544	+534	+498	+456
najaar 1968 C.O.P.		25	+192	+299	+068	+232
najaar 1968 G.Del.		25	+225	+374	+500	+642
Zeeklei, voorjaar 1968						
lichte	< 31	23	+305	+342	+024	+115
zware	> 31	27	+391	+116	+151	+167
Rivierklei, najaar 1968						
lichte	< 35	25	+332	+316	+323	+465
middelzw.	35-49	35	+268	+293	+352	+379
zware	50-	33	+282	+265	+299	+359

* Bepaling van K- en Mg-uitw. in laag van 20-40 cm voor zand en zeeklei voorjaar 1968.

3.2.2. Kritieke grenswaarden

Voor de gehalten in het blad bestaan normen voor een optimale voeding en aanwijzingen voor te hoge gehalten in verband met het optreden van stip (Das en Van der Boon, 1971, 1972). Met behulp van regressielijnen is te berekenen welke kaligehalten in de grond gemiddeld de vastgestelde normen voor kali in het blad geven. Het materiaal, uitgesplitst naar de diverse grondsoorten, blijkt echter te gering te zijn en de betrouwbaarheid van de correlaties te laag om goed overeenstemmende getallen tussen de grondsoorten te verkrijgen. In tabel XII staan de resultaten weergegeven voor de K-HCl- en K-getalanalysecijfers. Op zandgronden wordt volgens de regressieberekening reeds bij zeer lage K-HCl-cijfers het optimale K₂O-gehalte in het blad van 1,5% bereikt en spoedig is sprake van kali-overmaat met het oog op het optreden van stip, d. w. z. een K₂O-gehalte boven 1,75%. Volgens de berekening zou op zeeklei een hoger kaligehalte in de grond gewenst, resp. toelaatbaar zijn

dan op rivierklei. De ontbrekende betrouwbaarheid in de correlatie voor de gegevens van middelzware rivierklei leidt tot afwijkende grenswaarden.

TABEL XII. Grenswaarden voor K-HCl en K-getal voor kritieke kaligehalten in het blad, afgeleid uit logaritmische rechte lijn. K_2O % blad van 1,50 als optimum en van 1,75 als grens voor te veel.

Grondsoort	Slib-klasse	Aantal	K_2O -blad			
			1,50	1,75	1,50	1,75
			K-HCl x 0,001%		K-getal *	
Zand						
voorjaar 1968	<11	27	0,5	1,5	1,0	2,8**
voorjaar 1968	>11	23	0,8	2,7	6,2	12,4
Zeeklei, voorjaar 1968						
lichte	<31	23	17,3	26,6	22,5	31,5
zware	>31	27	26,4	38,2	26,4	36,2
Rivierklei, najaar 1968						
lichte	<35	25	7,8	15,7	19,6	28,4
middelzw.	35-49	35	1,2	8,6	0,0	2,3
zware	50-	33	16,5	27,9	17,7	31,0

* K-HCl gecorrigeerd op afslibbaar en pH.

** K-HCl hier gecorrigeerd op humusgehalte.

3.2.3. Meerdimensionale bewerking

Over het algemeen was het verband tussen het gehalte aan een bepaald element in het blad en het gehalte van dat element in de grond vrij matig. Door toevoeging van andere bodemfactoren werd via multiple lineaire regressieberekeningen getracht de samenhang te versterken en zo een aanwijzing te verkrijgen, welke factoren de opname van het onderzochte element door het gewas mede bepalen. Deze bodemfactoren werden uitgezocht aan de hand van de grootte van de correlatiecoëfficiënt met de afhankelijke variabele. Deze selectie op grootte van de correlatiecoëfficiënten en niet een keuze van de "werkelijk van invloed zijnde" factoren geeft de tabellen XIII e.v. een nogal wisselend karakter. De bedoeling van de tabellen is echter niet meer dan het aangeven van mogelijk van invloed zijnde factoren.

3.2.3.1. K-gehalte in het blad. Op zeeklei blijkt de zoutconcentratie in de bodem een belangrijke rol te spelen in de opname van het kalium (tabel XIII). Er is een negatief verband tussen het kalipercentage

TABEL XIII. Multipele regressie van kaligehalte in het blad op kalibepaling in de grond en een of meer andere bodemfactoren. Mate van samenhang aangegeven door correlatiecoëfficiënten.

K-bepaling in grond	Opgenomen factoren *	Collectieve corr. coëff. x 1000
Zand, voorjaar 1968 (n=50)		
K-water (1:3 ¹ / ₃)		+251
K-water	+ slib (-236)	357
K-water	+ slib (-236) + Ca-uitw. (-273)	401
K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -water (1:3 ¹ / ₃)		+358
K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -water	+ slib (-236)	425
Zeeklei, voorjaar 1968 (n=50)		
K-HCl		+415
K-HCl	+ pH (-323)	467
K-HCl	+ pH (-323) + gloeirestextr. (-490)	729
K-water (1:3 ¹ / ₃)		+574
K-water	+ gloeirestextr. (-490)	712
K-water	+ gloeirestextr. (-490) + pH (-323)	747
K/Ca-water (1:3 ¹ / ₃)		+614
K/Ca-water	+ gloeirestextr. (-490)	693
K/Ca-water	+ gloeirestextr. (-490) + pH (-323)	707
K-getal		+559
K-getal	+ gloeirestextr. (-490)	743
Rivierklei, najaar 1968 (n=93)		
K-HCl		+268
K-HCl	+pH (-206) + slib (-060)	407
K-getal		+401

* Tussen haakjes: correlatiecoëfficiënt van betreffende bodemfactor met kaligehalte in het blad (x 1000).

van het blad en het gloeirestextract van de grond. Toenemende zoutconcentratie in de bodemoplossing betekent een grotere adsorptie van kalium aan het complex en een geringere adsorptie van calcium. De afnemende kaliumconcentratie in de bodemoplossing, zoals theoretisch is te verwachten, komt hier in het kaliumgehalte van het appelblad dui-

delijk tot uiting. De opname van het analysecijfer voor het gloeirest-extract in de multi-pele regressieberekening doet de collectieve correlatiecoëfficiënt sterk stijgen. Het verband tussen kaliumgehalte in het appelblad en het kaliumgehalte van de grond wordt dus aanzienlijk beter als de zoutconcentratie van de grond mede in beschouwing wordt genomen. Het rekening houden met verschillen in pH van de grond geeft maar een geringe positieve bijdrage. Het kaligetal alleen is al als een meerdimensionale factor te beschouwen, omdat daarin de invloed van de zwaarte en de pH van de grond op de beschikbaarheid van bodemkali voor de plant is verdisconteerd. Het K-getal geeft een betere correlatie te zien dan K-HCl, ook als via de multi-pele regressieberekening de invloed van de pH daarop in rekening is gebracht. De correlatie met het K-getal stijgt ook als de zoutconcentratie van de grond mede wordt beschouwd. Volgens de regressieberekeningen is er geen voorkeur voor de bepaling van de met HCl uitwisselbare kali (K-HCl of K-getal) of van de in water oplosbare kali. De invloed van de zoutconcentratie op het kaligehalte in het blad zou erop wijzen dat de bepaling met extractie met water in principe juist is.

Op rivierklei en zand werd geen invloed gevonden van de analysecijfers van het gloeirestextract. Opneming van andere bodemfactoren gaf maar geringe verbeteringen in de samenhang tussen kaligehalte in blad en grond. Op rivierklei was de collectieve correlatiecoëfficiënt voor de regressie op K-HCl, pH en slib nu even groot als de correlatie tussen kaligehalte blad en K-getal. De correlaties blijven voor rivierklei en zand teleurstellend laag.

3.2.3.2. K/Ca-verhouding in het blad. In het materiaal verzameld op zandgrond in het voorjaar van 1968, gaf van de bepalingen van de elementen kalium en calcium (tabel XIV) het gehalte aan uitwisselbaar calcium nog de hoogste correlatie te zien met de K/Ca-verhouding in het blad. Het verband is overigens vrij gering en verbetert maar weinig door ook de variaties in slib en pH in rekening te brengen. In het onderzoek met Golden Delicious in het najaar van 1968 op zandgrond gaf de K/\sqrt{Ca} -verhouding in het waterextract een gering verband te zien met de onderzochte verhouding in het blad. Het in rekening brengen van de humusgehalten in de grond gaf een wat hogere collectieve

TABEL XIV. Multipele regressie van K/Ca-gehalte in blad op K/Ca- of K/\sqrt{Ca} -verhouding of Ca-bepaling in de grond en op een of meer andere bodemfactoren. Mate van samenhang aangegeven door correlatiecoëfficiënten.

K/Ca- of Ca-bepaling in grond	Opgenomen factoren*	Collectieve corr.coëff. x 1000
Zand, voorjaar 1968 (n=50)		
Ca-uitw.		-240
Ca-uitw.	+ slib (-277)	281
Ca-uitw.	+ slib (-277) + pH (-215)	304
Zand, najaar 1968 (n=25) Golden Delicious		
K/\sqrt{Ca} water (1:60)		+269
K/\sqrt{Ca} water	+ humus (+279)	374
Zeeklei, voorjaar 1968 (n=50)		
K/Ca water (1:60)		+599
K/Ca water	+ gloeirestextr. (-561)	721
K/Ca water	+ gloeirestextr. (-561) + pH (-419)	762
Rivierklei, najaar 1968 (n=93)		
K/\sqrt{Ca} water (1:60)		+260

* Tussen haakjes: correlatiecoëfficiënt van betreffende bodemfactor met K/Ca-verhouding in het blad (x 1000).

correlatiecoëfficiënt. Op zeeklei was de samenhang met de K/Ca-watercijfers duidelijker en hier gaf de bepaling van het gloeirestextract van de grond nog een verbetering in het verband tussen de K/Ca-verhoudingen van blad en grond. Op rivierklei kon de variatie in de K/Ca-verhouding in het blad niet goed worden verklaard door die in de grond. Er werden geen bodemfactoren gevonden die deze samenhang beïnvloeden.

3.2.3.3. (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad. De laagste correlatie van de grondfactoren met de (K+Mg)/Ca-verhouding in het blad werd op rivierklei gevonden, daarna volgen de gegevens van het onderzoek in voorjaar 1968 (tabel XV). Toevoeging van de factoren slib en pH verhoogde de collectieve correlatiecoëfficiënt daar enigszins. Het latere onderzoek met Golden Delicious gaf een wat beter verband te

TABEL XV. Multipele regressie van (K + Mg)/Ca-verhouding in het blad op (K + Mg)/Ca-, of K/Ca-verhouding of Ca-bepaling in de grond en een of meer andere bodemfactoren. Mate van samenhang aangegeven door correlatiecoëfficiënten.

(K + Mg)/Ca-, K/Ca- of Ca-bepaling in grond	Opgenomen factoren *	Collectieve corr. coëff. x 1000
Zand, voorjaar 1968 (n = 50)		
Ca-uitw.		-219
Ca-uitw.	+ slib (-244)	250
Ca-uitw.	+ slib (-244) + pH (-218)	278
Zand, najaar 1968 (n = 25), Golden Delicious		
K/Ca water (1:3 ^{1/3})		+253
K/Ca water	+ humus (-333)	401
K/Ca water	+ humus (-333) + slib (-246)	431
K/Ca water	+ kleihumus (-402)	430
K/Ca water	+ humus (-333) + gloeirestextr. (-253)	421
(K + Mg)/Ca uitw.		+224
(K + Mg)/Ca uitw.	+ humus (-333)	386
(K + Mg)/Ca uitw.	+ humus (-333) + slib (-246)	422
(K + Mg)/Ca uitw.	+ humus (-333) + slib (-246) + gloeirestextr. (-253)	425
Zeelei, voorjaar 1968 (n = 50)		
K/Ca water (1:60)		+516
K/Ca water	+ gloeirestextr. (-547)	660
K/Ca water	+ gloeirestextr. (-547) + pH (-424)	719
K/Ca water	+ gloeirestextr. (-547) + pH (-424) + Mg-water (1:3 ^{1/3}) (+446)	743
Rivierklei, najaar 1968 (n = 93)		
K/ \sqrt{Ca} water (1:60)		+207

* Tussen haakjes: correlatiecoëfficiënt van betreffende bodemfactor met (K + Mg)/Ca-verhouding in het blad (x 1000).

zien, vooral door de factoren humus en slib in de vergelijking op te nemen. De collectieve correlatiecoëfficiënt was even hoog met K/Ca-water (1:3^{1/3}) als wanneer werd uitgegaan van de verhouding van (K+Mg)/Ca-uitwisselbaar in de grond. Op zeeklei was de correlatie met K/Ca-water (1:60) al vrij hoog (in vergelijking met de vorige samenhangen), maar werd nog duidelijk verbeterd door gloeirestextract, pH en Mg-water (1:3^{1/3}) in de berekening op te nemen. Dan was 50% van de variatie in de (K+Mg)/Ca-verhouding in het appelblad te verklaren.

3.2.3.4. Ca-gehalte van het blad. Op rivierklei was er voor het totaal geen verband te vinden tussen het calciumgehalte van het appelblad en bodemfactoren. In het ene materiaal op zandgrond werden de factoren: pH, slib en (K+Na)/uitwisselingscapaciteit genomen en in het andere materiaal K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -uitwisselbaar met humus en gloeirestextract om nog tot de beste samenhang tussen het calciumgehalte van het blad en bodemfactoren te geraken (tabel XVI). De gevonden collectieve correlatiecoëfficiënten bleven overigens aan de lage kant. Op zeeklei werd de correlatie weer verbeterd door de analysecijfers voor het gloeirestextract in de berekening op te nemen. De K/Ca-verhouding in het waterextract en ook Ca-water (1:60) gaf met gloeirestextract en pH de hoogste correlatie, maar een regressieberekening alleen op gloeirestextract en pH kwam praktisch even ver.

3.2.3.5. Mg-gehalte van het blad. Het verband tussen magnesiumgehalte in het blad en dat in de grond was matig op zeeklei en rivierklei. Hier zal op juiste wijze de invloed van het gehalte aan klei in rekening moeten worden gebracht en ook die van kali, naar moet worden aangenomen, maar met de bestaande gegevens werd niets bereikt. Op zandgrond was er in het materiaal van voorjaar 1968 een samenhang met Mg-uitwisselbaar, welke werd verbeterd door de K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -wateranalysecijfers in de berekening op te nemen (tabel XVII). In het materiaal van Golden Delicious in najaar 1968 werd met een regressie op de kalium- en magnesiumverzadiging van het complex een redelijke collectieve correlatiecoëfficiënt verkregen.

TABEL XVI. Multipele regressie van calciumgehalten in het blad op calciumbepalende en andere bodemfactoren. Mate van samenhang aangegeven door correlatiecoëfficiënten.

K/Ca-, K/ $\sqrt{\text{Ca}}$, Opgenomen factoren*	Collectieve corr. coëff. x 1000
Zand, voorjaar 1968 (n = 50)	
pH	+253
pH + slib (+269)	313
pH + slib (+269) + (K+Na) / uitw.cap. (-235)	313
Zand, najaar 1968 (n = 25)	
K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ uitw.	-264
K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ uitw. + humus (+420)	474
K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ uitw. + humus (+420) + gloeirestextr. (+168)	476
Zeeklei, voorjaar 1968 (n = 50)	
K/Ca water (1:60)	-380
K/Ca water + gloeirestextr. (+495)	552
K/Ca water + gloeirestextr. (+495) + pH (+405)	634
Ca-water (1:60)	+242
Ca-water + gloeirestextr. (+495)	495
Ca-water + gloeirestextr. (+495) + pH (+405)	635
pH	+405
pH + gloeirestextr. (+495)	622

* Tussen haakjes: correlatiecoëfficiënt van betreffende bodemfactor met Ca-gehalte in blad (x 1000).

TABEL XVII. Multipele regressie van magnesiumgehalte in het blad op Mg-bepaling in de grond en een of meer andere bodemfactoren. Mate van samenhang aangegeven door correlatiecoëfficiënten.

Mg-bepaling, Mg-uitw./uitw.cap. in grond	Opgenomen factoren*	Collectieve corr. coëff. x 1000
Zand, voorjaar 1968 (n = 25)		
Mg-uitw.		+396
Mg-uitw.	+ K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -water (1:3 $\frac{1}{3}$) (-370)	555
MgO-NaCl		+289
MgO-NaCl	+ K/ $\sqrt{\text{Ca}}$ -water (1:3 $\frac{1}{3}$) (-370)	490
Zand, najaar 1968 (n = 25)		
Mg-uitw. /uitw. cap.		+225
Mg-uitw. /uitw. cap.	+ K-uitw. /uitw. cap. (-581)	623

* Tussen haakjes: correlatiecoëfficiënt van betreffende bodemfactor met magnesiumgehalte in blad (x 1000).

4. DISCUSSIE

De vraag is, welke grondanalysemethode het beste weergeeft, wat de plant opneemt. Volgens Mengel et al. (1969) en Wiersum (1969) is de bodemoplossing het meest maatgevend. Rechtstreekse uitwisseling van ionen aan het adsorptiecomplex met de wortelwand is niet waarschijnlijk. Door toestroming (mass flow) en diffusie worden ionen van elders via de bodemoplossing naar de wortel aangevoerd. Daar de concentraties van ionen in de oplossing in evenwicht zijn met de geadsorbeerde ionen aan het adsorptiecomplex, is er ook een correlatie te verwachten tussen wat de plant opneemt en de hoeveelheid geadsorbeerde ionen. Als ionen door de plant worden opgenomen, dan gaan ionen van het adsorptiecomplex over in de bodemoplossing. Bij meerjarige gewassen kan men zich voorstellen, dat de correlatie tussen gewassamenstelling en de hoeveelheid uitwisselbare ionen aan het adsorptiecomplex hoger uitvalt dan de correlatie met de meer fluctuerende concentraties van de ionen in de bodemoplossing. Zo verwijzen De Vos et al. (1960), die in een proefplekkenmethode als deze ook lage correlaties vonden tussen het kaligehalte van appelblad en het kaligehalte van de grond, naar de publikatie van Nearpass en Drossdorf (1952), die door bepaling van de relatieve kalibezetting van het adsorptiecomplex in plaats van de hoeveelheid kali per 100 g grond een beter verband vond tussen het kaligehalte van het blad van tungbomen en dat van de grond.

Ook Gruppe (1960) laat in een grafiek een goed verband zien tussen het calciumgehalte van het blad van vier variëteiten van de appel en de relatieve calciumbezetting van het adsorptiecomplex. In dit onderzoek konden als gevolg van de geringe samenhang tussen gewas- en grond-samenstelling geen duidelijke uitspraken gedaan worden over de vraag, welke grondanalysemethode voor de drie onderzochte voedingselementen de voorkeur verdiende. De K-waterbepaling was even goed, zo niet iets beter dan de K-HCl-bepaling. Dr. C. H. E. Werkhoven (pers. med.) vond in een potproef met een groot aantal zee- en rivierkleigronden geen verschil in samenhang van het kaligehalte van het loof van haver en aardappelen met K-water (1:3), resp. K-HCl. Voor calcium en magnesium

gaf dit onderzoek in het geheel geen uitsluitel, de correlatie tussen blad- en grondsamenstelling was te gering, een aanwijzing, dat andere factoren de opname van deze ionen sterk beïnvloeden.

Németh et al. (1970) lieten zien dat de kaliconcentratie in de bodemoplossing mede afhankelijk is van de adsorptiecapaciteit van de aanwezige kleimineralen. Zij vonden geen correlatie tussen de kaliconcentratie in de bodemoplossing, bepaald in het verzadigingsextract, en de uitwisselbare kali, als de gegevens van alle grondsoorten bij elkaar genomen waren. Maar als de grondmonsters werden ingedeeld in groepen naar hun gehalte aan kali, werden wel betrouwbare correlaties binnen deze groepen aangetoond. Gevonden werd dat naarmate de grond zwaarder is, de uitwisselbare kali hoger moet zijn om een bepaald niveau aan kalium in de bodemoplossing te bereiken. De samenhang berust op de mate van verzadiging van de bodemcolloïden met kali. Als de plant inderdaad reageert op de kaliconcentratie van de bodemoplossing, moet bij het gebruik van uitwisselbare kali als maat voor de kaliopname door de plant rekening gehouden worden met het kleigehalte van de grond. Dit is bij de ontwikkeling van het K-getal voor akkerbouwgewassen al het geval. Ook dit materiaal wijst in deze richting. De kaligehalten van het appelblad op zandgrond waren hoog bij lage K-HCl-cijfers. Er was een, hoewel niet al te duidelijke, negatieve correlatie tussen het kaligehalte van het blad op klei en het gehalte aan afslibbare delen. In het onderzoek van De Vos et al. (1960) wordt het materiaal ingedeeld in drie groepen naar de zwaarte van de grond. De correlatie tussen het kaligehalte van het blad en dat van de grond is het beste op de gronden van de lichtste groep (percentage afslibbaar kleiner dan 35). Het hiervoor genoemde zou er op wijzen, dat ook voor de fruitteelt mogelijk een betere weergave voor de opname door het gewas wordt verkregen door de extractie van het grondmonster met water. De bepaling van de uitwisselbare kationen, in hoeveelheid per gewichtseenheid grond, maar ook als relatieve bezetting van het adsorptiecomplex, is hier niet duidelijk naar voren gekomen als een betere index. De bepaling van het actieve calciumcarbonaat volgens de methode van Drouineau (1942), waarbij ook een deel van het geadsorbeerde calcium zal zijn bepaald (dr. J. Th. L. B. Rameau, pers. med.), gaf als "single value" geen betere uitkomst voor het calciumgehalte in het blad.

Tussen bladsamenstelling en grondonderzoek werd dus maar een geringe samenhang aangetoond in dit materiaal, verzameld in diverse fruitteeltgebieden in ons land op uiteenlopende grondsoorten. De Vos et al. (1960) hadden dezelfde ervaring en zij konden de correlatie wat verbeteren door het gehalte van een dikkere laag dan alleen de bovenste 20 cm te nemen. In dit onderzoek was de correlatie van de bladsamenstelling met de gehalten van de laag van 0-20 cm beter dan met die van de laag van 20-40 cm. Grondmonsters waren genomen in de zwartstrook onder de bomen en in de grasstrook. Aanvankelijk werd verondersteld, dat de bemonstering van de zwartstrook een betere correlatie zou vertonen dan die van de grasstrook, daar de ophoping van voedingselementen onder invloed van de grasmulch dan mede in rekening werd gebracht. Dit bleek niet juist te zijn (Van der Boon en Das, 1972). De gehalten in de grasstrook gaven een betere correlatie te zien, misschien als een betere reflectie van de gehele bodemvruchtbaarheids-toestand van de grond. In de zwartstrook is de beschikbaarheid van de kali voor het gewas verhoogd (Delver en Van Rooyen, 1972), maar door weersomstandigheden waarschijnlijk meer fluctuerend en daardoor minder geschikt als index.

Door meerdimensionale bewerking werd getracht na te gaan, welke andere factoren een rol spelen bij de opname van voedingselementen, en zo het verband tussen het gehalte van een bepaald element in gewas en grond mede bepalen. Voor zeeleigronden kwam daarbij het gloeirestextract van de grond als belangrijke factor naar voren. Deze bepaling was in het onderzoek betrokken, omdat Geraldson (1957) erop wijst dat een hoog gehalte aan oplosbare zouten in de grond de opname van calcium sterk drukt en zo in tomaten neusrot veroorzaakt, een ziekte die men fysiologisch analoog aan stip kan beschouwen. Het verdient in toekomstig onderzoek aanbeveling deze factor mede in de beschouwing te betrekken. Andere bodemfactoren als pH, humus en slib en voor magnesium ook de K/\sqrt{Ca} -verhouding verbeterden de correlaties tussen blad- en grondgehalte, maar in veel mindere mate dan het gloeirestextract op zeelei voor het verband met het kalium- en calciumgehalte in het blad.

Voor de kans op het optreden van stip zijn kritieke gehalten in blad en vrucht vastgesteld (Das en Van der Boon, 1972). Uit de in dit

materiaal gevonden verbanden tussen blad- en grondsamenstelling werden zo mogelijk ook voor de grondanalysecijfers grenswaarden afgeleid. Dit is min of meer gelukt voor K-HCl en K-getal. Voor K-water stonden voor de gevonden grenswaarden geen andere gegevens ter beschikking om de gevonden waarden enigszins te verifiëren. Voor andere elementen of verhoudingen konden geen aannemelijke waarden worden afgeleid, zij het door het geringe verband, het korte traject van beschikbare gegevens met te grote extrapolatie, of door het niet in rekening brengen van de invloed van bepaalde factoren. Zo is bij het verband tussen blad- en grondanalysecijfers geen correctie toegepast op factoren, die het gehalte in het blad beïnvloeden, min of meer buiten de invloed van bodemfactoren om, zoals vruchtdracht (Schönhard, 1969), ouderdom van de boom, onderstam (hoewel merendeel M IX), stikstofbemesting, etc.

Tenslotte kan worden gesteld, dat de verzameling van materiaal volgens de proefplekkenmethode om te onderzoeken welke grondanalyse-methode in de fruitteelt de beste is, een minder geschikte methode blijkt te zijn door het grote aantal "storende" factoren, tenzij deze goed bekend zijn, goed in cijfers zijn vastgelegd, en in het "grondvlak" van de onafhankelijke variabelen maar in geringe mate gecorreleerd voorkomen.

5. SAMENVATTING

Onderzocht werd, welke grondanalysemethode het beste verband gaf met het gehalte van appelblad voor drie voedingselementen, kalium, magnesium en calcium. De blad- en grondmonsters waren verzameld op zand, zee- en rivierklei. Tevens werd getracht uit de gevonden verbanden grenswaarden voor grondanalysecijfers af te leiden voor de kans op het optreden van stip.

Over het algemeen was de correlatie tussen het gehalte aan een bepaald element in het blad en het gehalte daarvan in de grond teleurstellend laag, ook als het materiaal onderscheiden werd in groepen naar de zwaarte van de grond. Voor kalium was het verband nog het beste, maar voor magnesium en vooral voor calcium was de samenhang gering. Voor kalium was K-water (1:3¹/₃ en 1:60) even goed als K-HCl, maar uitwisselbare kalium en de relatieve kaliumbezetting aan het complex gaven geen betere correlatie te zien. Voor magnesium was het uitwisselbare magnesium even goed als MgO-NaCl.

Door het in rekening brengen van andere bodemfactoren als pH, humus en afslibbaar werd de correlatie wat verbeterd, maar op zee-klei bleek het gloeirestextract een zeer belangrijke factor te zijn, die de correlatie tussen blad- en grondgehalte voor kalium en calcium aanzienlijk verbeterde. Voor de interpretatie van het uitwisselbare kalium zoals in K-HCl, moet met het gehalte aan afslibbaar en met de pH rekening gehouden worden. Het lijkt erop dat ook voor het meerjarige fruitgewas de concentratie van de bodemoplossing in principe maatgevend is.

Door de geringe samenhang tussen blad- en grondgehalte was het niet goed mogelijk de in ander onderzoek voor blad vastgestelde grenswaarden voor de kans op het optreden van stip om te zetten in grenswaarden voor grondanalysecijfers, behalve met een zekere mate van betrouwbaarheid voor K-HCl en K-getal.

6. LITERATUUR

- Boon, J. van der, en Das, A., 1972. Onderzoek naar de invloed van grasstrokencultuur op de chemische bodemvruchtbaarheid in de fruitteelt. Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden, Wageningen / Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), november 1972: 28 pp.
- Boon, J. van der, Das, A. and Schreven, A.C. van, 1968. Control of bitter pit and breakdown by calcium in the apples Cox's Orange Pippin and Jonathan. Agr. Res. Rep. (Wageningen) 711: 43 pp.
- Das, A. en Boon, J. van der, 1971. Bewaaradvies voor Cox's Orange Pippin in verband met stipgevoeligheid. 1. Bewaaronderzoek bij Cox's Orange Pippin op pilootbedrijven, 1969. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 2-1971: 30 pp.
- Das, A. en Boon, J. van der, 1972. Bewaaradvies voor Cox's Orange Pippin in verband met stipgevoeligheid. 2. Bewaaronderzoek bij Cox's Orange Pippin op pilootbedrijven, 1970. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 2-1972: 75 pp.
- Delver, P. en Rooyen, W.J. van, 1972. Moeten wij de boomstrook weer bewerken? Fruitteelt 62: 412-415.
- Drouineau, G., 1942. Dosage rapide du calcaire actif des sols. Ann. Agron. (Paris) 12: 441-450.
- Geraldson, C.M., 1957. Control of blossom-end rot of tomatoes. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 69: 309-317.
- Goor, B.J. van, 1971. The effect of frequent spraying with calcium nitrate solutions on the mineral composition and the occurrence of bitter pit of the apple Cox's Orange Pippin. J. Hortic. Sci. 46: 347-364.
- Gruppe, W., 1960. Die Bedeutung der Blattanalyse für die Düngung im Obstbau. Erwerbsobstbau 2: 218-222.
- Mengel, K., Grimme, H. und Németh, K., 1969. Potentielle und effective Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen im Boden. Sonderh. Z. Landwirtsch. Forsch. 23/I: 79-91.

- Nearpass, D.C. and Drossdorf, M.D., 1952. Potassium, calcium and magnesium in Tung leaves in relation to these ions in the soil. *Soil Sci.* 74: 295-301.
- Németh, K., Mengel, K. and Grimme, H., 1970. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci.* 109: 179-185.
- Schönhard, G., 1969. Der Nährstoffgehalt des Apfels in Abhängigkeit vom Behang und seine Beziehung zur Stippigkeit. *Erwerbsobstbau* 11: 3-5.
- Vos, N.M. de, Dulk, P.R. den en Butijn, J., 1960. De verticale verdeling van voedingsstoffen in boomgaarden. *Meded. Dir. Tuinbouw* 23: 429-439.
- Wiersum, L.K., 1969. Soil water content in relation to nutrient uptake by the plant. *Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O., Versl. Meded.* 15: 74-89.