303 C 50

BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT

DEEL 2

J. BUTIJN

NN08201.296

AN ENGLISH SUMMARY
WILL BE FOUND IN VOLUME 3
PAGE 383 ETC.

BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT

SOIL MANAGEMENT IN FRUIT CULTURE

PROEFSCHRIFT

DOOR

J. BUTIJN

DEEL 2

CENTRUM VOOR

LANDBOUWPUBLIKATIES EN pudoc LANDBOUWDOCUMENTATIE

WAGENINGEN - 1961

OVERZICHT VAN DE INHOUD

DEEL 1

		blz.
HOOFDSTUK 1	INLEIDING	1
HOOFDSTUK 2	DE INVLOED VAN FYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND OP HET GEWAS (met grafieken en figuren)	8
SAMENVATTINGEN HOOFDSTUK 1 EN 2.	. . . . .	156
LITERATUUR BIJ HOOFDSTUK 1 EN 2	. . . . .	166

DEEL 2

HOOFDSTUK 3	DE INVLOED VAN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND OP HET GEWAS (met grafieken en figuren).	181
HOOFDSTUK 4	DE PRAKTIJK VAN DE BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT	248
SAMENVATTINGEN HOOFDSTUK 3 EN 4	. . . . .	273
LITERATUUR BIJ HOOFDSTUK 3 EN 4	. . . . .	281

DEEL 3

FIGUREN I-XV, TI-T4, ALLE TABELLEN EN SAMENVATTING IN DE ENGELSE TAAL

AANWIJZINGEN VOOR DE LEZER

De indeling van deze verhandeling is tot in de 4e graad uitgevoerd volgens het decimale systeem. Verdergaande indelingen zijn alleen aangegeven met de kapittel-nummers in de marge vooraan de tekst. De volledige indeling van de tekst is te vinden in de inhoud van deel 1 en deel 2.
Het merendeel van de basis-gegevens uit het onderzoek is niet opgenomen. Afschriften daarvan zijn gedeponeerd op de Afdelingen Landbouwscheikunde en Cultuurtechniek der Landbouwhogeschool en op het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, alle te Wageningen. De figuren 56 tot 60 zijn gemaakt naar foto's van het Ministerie van Landbouw en Visserij. De overige foto's zijn door de schrijver genomen.

Dit proefschrift verschijnt tevens als Nr. 66.7 in de reeks Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen.

3.	*De invloed van chemische eigenschappen van de grond op het gewas*	[58]	181
3.1.	Het chemisch grond- en gewasonderzoek		182
3.1.1.	De gewasanalyse	[59]	182
3.1.2.	De grondanalyse	[60]	186
3.2.	De chemische toestand van het gewas en de bodem in verband met het optreden van voedingsziekten.	[61]	188
3.2.1.	Het magnesiumgebrek	[62]	190
3.2.1.1.	De chemische toestand van het blad bij het optreden van magnesiumgebrek	[63–66]	191
3.2.1.2.	De toestand van de grond bij het optreden van magnesiumgebrek	[67–69]	199
3.2.2.	Het ijzergebrek		201
3.2.2.1.	De chemische toestand van het blad bij het optreden van ijzergebrek	[71]	202
3.2.2.2.	De toestand van de grond bij het optreden van ijzergebrek	[72]	203
3.2.3.	Het zinkgebrek	[73]	205
3.2.3.1.	De chemische toestand van het blad bij het optreden van zinkgebrek	[74]	205
3.2.3.2.	De toestand van de grond bij het optreden van zinkgebrek	[75]	206
3.2.4.	Het stikstofgebrek	[76]	207
3.2.4.1.	De chemische toestand van het blad bij het optreden van stikstofgebrek	[77]	207
3.2.4.2.	De chemische toestand van de grond bij het optreden van stikstofgebrek	[78]	209
3.3.	De oorzaken van de chemische toestand van het blad en van de grond		211
3.3.1.	Factoren die invloed uitoefenen op de chemische toestand van het blad	[79]	211
3.3.1.1.	Factoren die invloed uitoefenen op het optreden van magnesiumgebrek	[80–87]	215
3.3.1.2.	Factoren die invloed uitoefenen bij het optreden van ijzergebrek	[88–89]	225
3.3.1.3.	Factoren van invloed bij het optreden van zinkgebrek	[90–91]	232
3.3.1.4.	Factoren van invloed bij het optreden van stikstofgebrek	[92]	234
3.3.2.	Factoren die invloed op de chemische toestand van de grond uitoefenen	[93]	236
3.3.2.1.	De fysische toestand van de grond	[94–95]	236
3.2.2.2.	Chemische stoffen	]96]	239
3.3.2.3.	De bodembedekking en begroeiing	[97–99]	240
3.3.2.3.	De meststoffenbalans van de boomgaard	[100]	241
3.4.	Het regionale optreden van voedingsziekten.	[101]	242

4.	*De praktijk van de bodembehandeling in de fruitteelt*		248
4.1.	Doel van de bodembehandeling	[102]	248
4.2.	Maatregelen bij de uitvoering van de bodembehandeling	[103]	249
4.2.1.	De grondbewerking	[104]	250
4.2.2.	De teelt van een begroeiing	[105]	252
4.2.2.1.	De teelt van een blijvende begroeiing	[106]	253
4.2.2.2.	De teelt van een tijdelijke begroeiing	[107]	254
4.2.3.	Het aanbrengen van een bedekking	[108]	255
4.2.4.	De bemesting	[109]	256
4.2.5.	De waterbeheersing		259
4.2.5.1.	Waterafvoer	[110]	259
4.2.5.2.	Wateraanvoer	[111]	259
4.3.	Bekende systemen van bodembehandeling	[112]	261
4.3.1.	Blijvend zwartgehouden grond		261
4.3.1.1.	Zwartgehouden grond met gebruik van organische meststoffen		261
4.3.1.2.	Zwartgehouden grond zonder organische bemesting		261
4.3.2.	's Zomers zwartgehouden grond, later met onkruid begroeid		262
4.3.3.	In het voorjaar en de voorzomer zwartgehouden grond, later groenbemesting		262
4.3.4.	Blijvend begroeide grond		262
4.3.5.	Blijvend bedekte grond		262
4.4.	Moderne bodembehandelingssystemen	[113]	263
4.4.1.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een droge zandgrond	[114]	263
4.4.2.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een natte zandgrond	[115]	265
4.4.3.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een lichte vochthoudende zavelgrond.	[116]	267
4.4.4.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een zware vochthoudende enigszins kaliarme kleigrond.	[117]	268
4.4.5.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een zware kleigrond	[118]	269
4.4.6.	Voorbeeld van een bodembehandeling op een kaliarme kleigrond met op geringe diepte grof zand.	[119]	271
4.4.7.	Slotbespreking	[120]	272
4.5.	Samenvattingen van hoofdstuk 3 en 4		273

3. DE INVLOED VAN DE CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND OP HET GEWAS

[58] Onder invloed van de bodembehandeling kunnen veranderingen in de fysische en chemische toestand van de grond optreden. Deze oefenen invloed uit op de groei en de produktie van het fruitgewas. Aangezien de rechtstreekse invloed van verschillende bodembehandelingen op de produktie van het gewas slechts op enkele plaatsen bestudeerd kon worden, is veelal als benadering de invloed op het voorkomen van voedingsziekten bestudeerd. Het is bij het optreden van verschillende voedingsziekten namelijk waargenomen, dat de produktie van het gewas ernstig leed. In de fruitteelt is men algemeen van mening, dat bij een duidelijk optreden van magnesiumgebrek, ijzergebrek en zeker bij zinkgebrek evenals bij stikstofgebrek, oogstreducties te verwachten zijn. Bemestingsproeven met het landbouwgewas aardappel b.v. toonden ook aan, dat bij het verdwijnen van magnesium-gebrekssymptomen de oogst toenam – SLUIJSMANS, 1955 –.

Wegens het complexe karakter van de oorzaak voor het optreden van voedingsziekten, moesten wij meestal ervan afzien de reactie van vruchtdragende boompjes in pot- en veldproeven na te gaan bij het voorkomen van deficienties. Bij de studie van de waterhuishouding van de grond was dit doorgaans wel mogelijk.

Indien proefvelden of potproeven beschikbaar geweest waren, waarbij voedingsziekten onder gecontroleerde omstandigheden voorkwamen, zou gemakkelijker de invloed van de voedingsziekten op de groei en de produktie berekend kunnen worden. De gewasanalyse is daarbij een goed hulpmiddel. Door verscheidene oudere auteurs is er namelijk reeds op gewezen, dat er veelal een produktiestijging van een gewas valt op te merken, naarmate verschijnselen van voedingsziekten afnemen en het gehalte van een voedingselement toeneemt. In de fruitteelt is dit reeds geruime tijd geleden vastgesteld voor het element kalium – zie b.v. SPRENGER en TER KUILE, 1949 e.v., WALLACE 1931 –. Het bleek evenwel, dat het beter is om het gehalte van verscheidene elementen in de plant te bepalen, inplaats van het gehalte aan één element. – GREGORY, 1949, LEVY, 1956 –. LUNDEGÅRDH, 1951, voerde dan ook reeds enkele decennia terug de „triple-analyse" in, van stikstof fosfor kalium en calcium in de bodem en in het blad. De kritiek op deze werkwijze b.v. door SCHARRER en LEMME, 1953, behelst vooral het slechte ververband tussen de ionenverhouding in het blad en de produktie van de plant. LUNDEGÅRDH zelf heeft er evenwel reeds op gewezen, dat bij een „luxe consumptie" van een element geen stijging van de produktie verwacht kan worden. Het laatste is wel het geval bij een stijging van het gehalte in een lager traject. Ook door het werk van STEENBJERG, 1954, dat bevestigd werd door HEWITT, 1956, is het verband tussen de opbrengst en het gehalte van een element in de plant verder aan discussie onderworpen. Het bleek deze onderzoekers, dat de lijn die de relatie aangeeft tussen de opbrengst en het gehalte aan een bepaald element in het gewas, een zeer bijzonder verloop heeft. Bij lage en zeer lage opbrengsten kunnen namelijk dezelfde concentraties van een bepaald element voorkomen. Pas in het navolgende hogere traject neemt de opbrengst met het gehalte aan een element toe. Bij zeer hoge concentraties neemt de opbrengst weer

af. Er blijft dus een beperkt concentratie traject over, waarbinnen de produktie toeneemt met de concentratie van het element.
Vooral bij het optreden van voedingsziekten is het van belang de onderlinge verhouding van verschillende elementen in het gewas te kennen – SHEAR c.s., 1946, SCHUFFELEN, 1940, 1946, 1954, SCHUFFELEN en MIDDELBURG, 1953 –. Het absolute gehalte van één deficient element is vaak een slechte maat voor het al of niet voorkomen van een voedingsziekte.
Door het invoeren van de gewasanalyse is het inzicht over de reactie van het gewas op een bepaalde bodembehandeling zeer verruimd. De verandering van het gehalte van een element in het gewas volgt niet altijd de verandering in het gehalte van de grond – zie b.v. TITUS en BOYNTON, 1953 –. Het gehalte in de plant staat in een veel nauwere relatie met de groei en de produktie dan het gehalte in de grond.

De reactie van het fruit is aldus bestudeerd op proefvelden en vooral op proefplekken, onder invloed van de toestand van de bodem en de bodembehandeling. Bij de reactie van het gewas is vooral gelet op voedingsziekten. Hierbij is de chemische gewasanalyse gebruikt als ondersteuning en verfijning bij de visuele beoordeling van de waargenomen verschijnselen. Tot slot is gelet op de invloed van de bodembehandeling op de verandering van de chemische toestand van de grond.
Bij de beoordeling van de voedingsziekten is gebruik gemaakt van de beschrijving en de afbeelding van de gebreksverschijnselen door WALLACE, 1951, MULDER, 1953, HAMBRIDGE c.s., 1947, ANONYMUS, 1951, STENUIT en PIOT, 1954.

3.1. HET CHEMISCH GROND- EN GEWASONDERZOEK

[59]

3.1.1. DE GEWASANALYSE

Van het fruitgewas werd voornamelijk het blad geanalyseerd. Volgens onderzoek van CAIN, 1953, 1955, is het noodzakelijk een nauw omschreven plantendeel te bemonsteren, daar het b.v. kan voorkomen, dat bepaalde antagonismen tussen enkele elementen in het blad wegvallen, indien de gehele plant wordt geanalyseerd. Het zogenaamde antagonisme in het blad tussen twee elementen kan b.v. ontstaan door een verschil in transportsnelheid in de plant. Volgens de aanwijzingen van MULDER, 1951, zijn, tenzij anders opgegeven, de laagst geplaatste, doch volgroeide bladeren van de langloten voor de analyse gebruikt. De verschillen in de chemische toestand van het blad, dat aan verschillende organen van een boom voorkomt, maakt deze strikte beperking noodzakelijk. Uitvoerig onderzoek, o.a. van het Horticultural Research Station te Long Ashton – WALLACE, 1951 –, ondersteund door onderzoek in de Verenigde Staten – BROEDEL KITCHEN, 1948, BOYNTON en COMPTON, 1945, – en elders – zie b.v. HEYMANN-HERSCHBERG, 1953 – over deze verschillen in de bladgehalten, zijn mede de aanleiding voor deze werkwijze.
De analyses zijn uitgevoerd in het gedroogde en gemalen blad volgens voorschriften van SCHUFFELEN, MULLER en VAN SCHOUWENBURG, 1961.

Het betreft een bepaling van het totale gehalte van de verschillende elementen in de droge massa. In tabel 54 zijn verschillende gegevens over de betrouwbaarheid van de analyse opgenomen. De

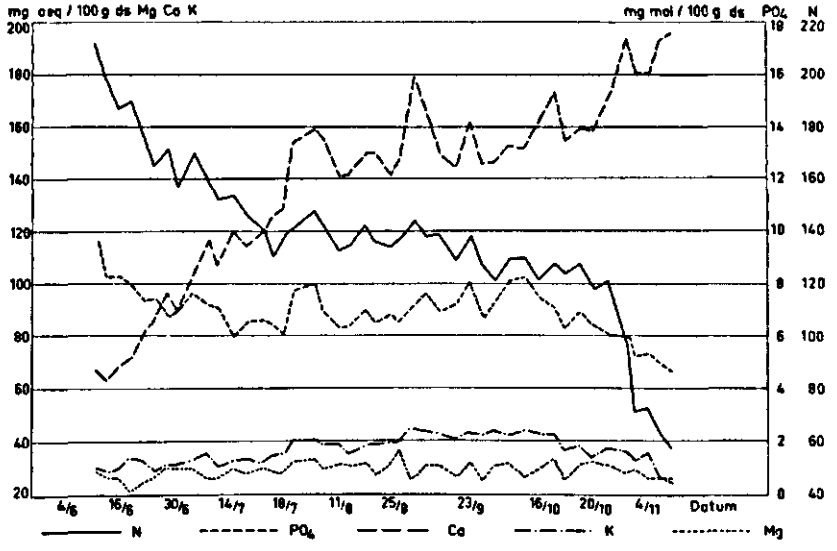


FIG. 73. Het seizoensverloop in het gehalte van verschillende elementen in het blad bij de appel Yellow Transparent/M XIII. Zeerijp 1955.

FIG. 73. *Course of leaf contents of some elements during the season. Apple Yellow Transparent MXIII at Zeerijp 1955.*

FIG. 74. Het seizoensverloop in het gehalte aan verschillende elementen in het blad bij de appel Jonathan M XVI. 's Heer Abtskerke 1955. Vergelijk met fig. 73.

FIG. 74. *Ibidem fig. 73. Apple Jonathan M XVI 's Heer Abtskerke 1955.*

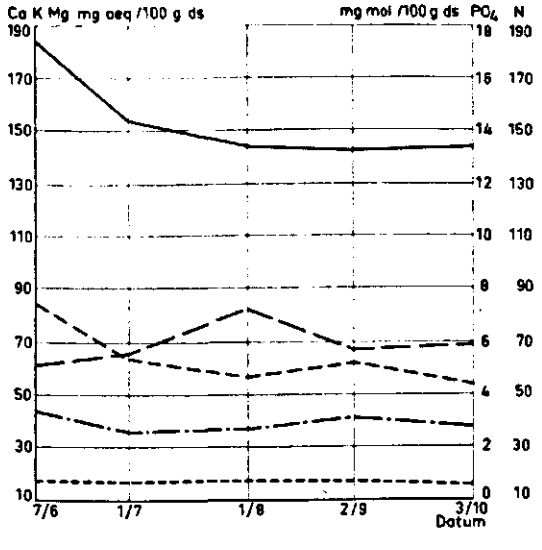
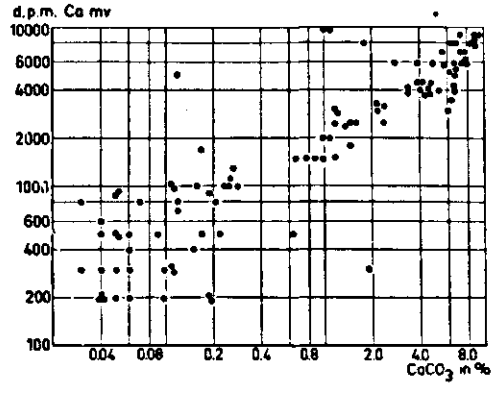


FIG. 75. De betrekking tussen het Ca_{MV}-cijfer en het percentage $CaCO_3$ (bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek); Grondlagen 0–20 cm diep.

FIG. 75. *Ca content in Morgan's soil extract (ordinate) versus (abscissa) % $CaCO_3$ in soil (acc. to the Netherlands central laboratory „Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek"; hence force abbreviated to: B.L.G.G.O.) Topsoils 0–20 cm.*



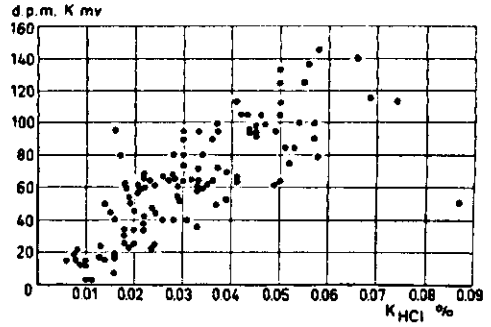
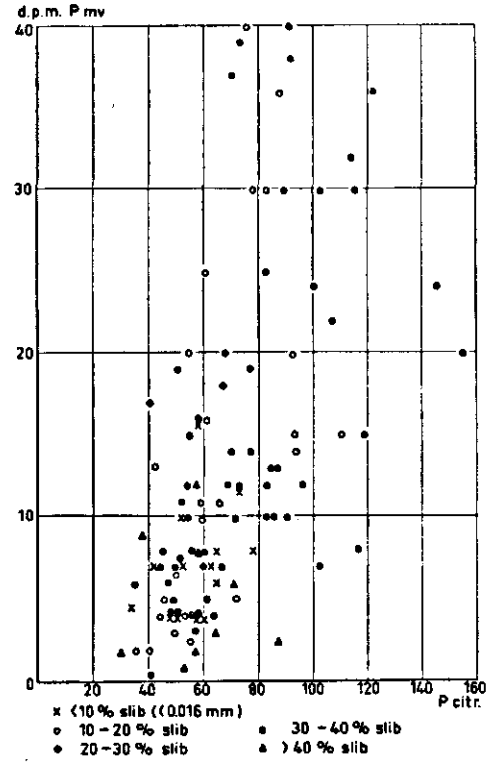


FIG. 76. De betrekking tussen het K_{MV}-cijfer en het K-$_{HCl}$ cijfer (bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.) Grondlagen 0–20 cm diep.

FIG. 76. *K content in Morgan's soil extract (ordinate) versus (abscissa) K content in HCl extract acc. B.L.G.G.O. Topsoils 0–20 cm.*

FIG. 79. De betrekking tussen het P_{MV}-cijfer en het P-citr.-cijfer. (bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek). Zeeklei- en duinzandgronden.

FIG. 79. *P contentin Morgan's soil extract versus (abscissa) P-citr. (P-content in citric acid acc. B.L.G.G.O.)*
Percentages below the figure indicate clay (<0.016 mm) content of the soil.



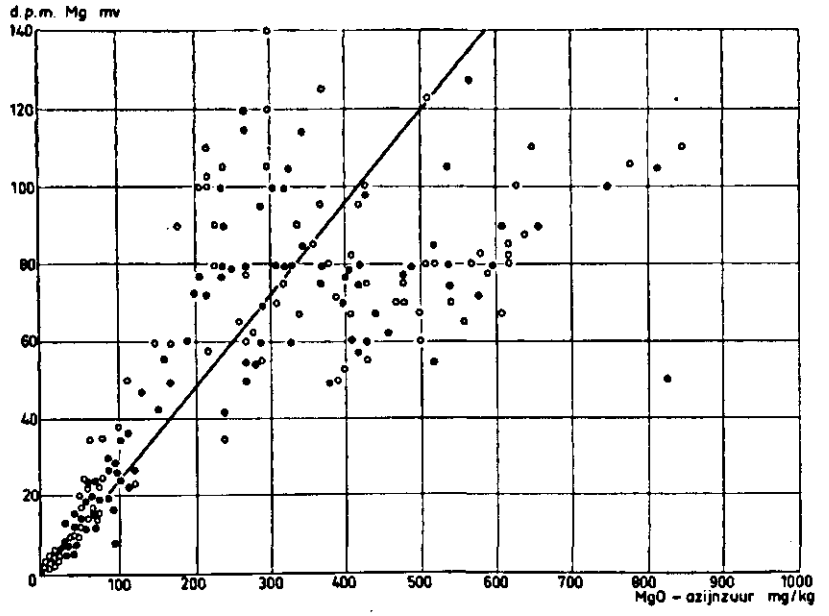


FIG. 77. De betrekking tussen de hoeveelheid magnesium geextraheerd uit grond door Morgan's extractiemiddel en 0,5 N azijnzuur (bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek).

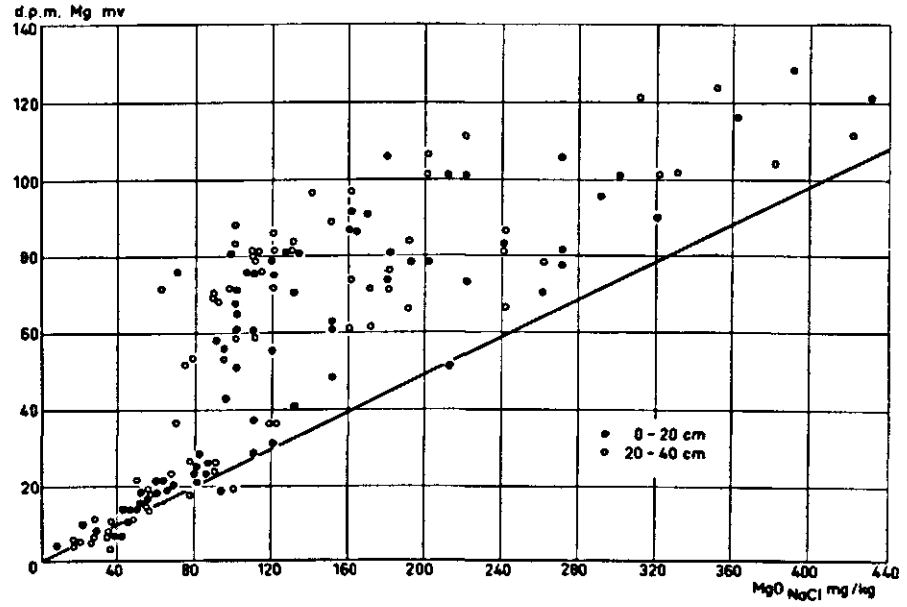
N.B. De getrokken lijn in deze figuren geeft de hoeveelheid van het element, indien de extractie-middelen een gelijk extractie-vermogen bezitten.

FIG. 77. *Mg content in Morgan's soil extract (ordinate) versus (abscissa) MgO content in acetic acid extract acc. B.L.G.G.O.*

N.B. Full line gives expected concentrations at equal extracting power.

FIG. 78. De betrekking tussen de hoeveelheid magnesium, geextraheerd uit grond door Morgan's extractiemiddel en 0,5 N NaCl oplossing (bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek).

FIG. 78. *MgO content in Morgan's soil extract (ordinate) versus (abscissa) MgO content in NaCl-extract acc. B.L.G.G.O.*



standaardafwijking in de analyse blijkt aanmerkelijk geringer te zijn dan de standaardafwijking die aan de bemonstering kleeft. Hoewel doorgaans tenminste 100 bladeren van ca 5 bomen per plek of behandeling zijn genomen, bedraagt de bemonsteringsfout meestal veel meer dan de helft van de totale fout, die in de resultaten aanwezig is. De standaardafwijking in de stikstofbepaling bedraagt 3–7, in de kalibepaling 5–10, in de calciumbepaling 8–12, in de fosforbepaling 7–14 en in de magnesiumbepaling 8–16 %. De magnesiumbepaling is dus wel de minst nauwkeurige.
In dit stadium van het onderzoek is afgezien van een partiële extractie van de elementen uit het blad, b.v. met een zwak zuur of met Morgan's extractie vloeistof – zie de werkwijze van NICHOLAS; in WALLACE, 1951 –. Voor de bepaling van de actieve concentratie van een element kan soms een extractie met een bepaald middel van veel betekenis zijn; b.v. de ijzerextractie in chlorotisch blad in vergelijking met de bepaling van het totale ijzergehalte – THORNE en WALLACE, 1944.
De spreiding in de gehalten aan verschillende elementen in het blad is opgenomen in tabel 55.

Bij de beoordeling van de gehalten aan mineralen in het gewas moet tevens het seizoensverloop in de beschouwing betrokken worden. De figuren 73 en 74 geven enkele voorbeelden van dit verloop bij fruit onder Nederlandse omstandigheden. In het buitenland, vooral in de Verenigde Staten en in Engeland is veel aandacht besteed aan deze seizoensinvloed – BOYNTON en COMPTON, 1945, ROGERS c.s., 1953, PROEBSTING en BROWN, 1954, CAIN, 1956, COOK en KISHABA, 1956, BOULD, 1955, 1956, KAERNS, 1956, KENCH, 1938, LUNDEGÅRDH, 1951, BEYERS, 1951, STOLLE, 1956 –.
Doorgaans daalt bij vruchtboomblad (aan de scheutbasis) het stikstofgehalte sterk vanaf het voorjaar, totdat in de zomer gedurende enige tijd een vrij stabiel niveau bereikt wordt, om in het najaar tegen de bladval weer sterk te dalen. Vrijwel alle auteurs zijn het hier over eens. In ons land valt een periode, met een tamelijk stabiel stikstofgehalte in het blad, in de tijd van half juli tot half september. Het fosforgehalte verloopt ongeveer op dezelfde wijze als het stikstofgehalte, maar de daling in het gehalte is minder sterk dan bij stikstof. Over het verloop van het kaligehalte zijn de meningen meer verdeeld. Uit onze gegevens kan de indruk verkregen worden dat het weersverloop een daling of stijging gedurende het seizoen tot gevolg kan hebben. Het kaligehalte vertoont meer kleine schommelingen op korte termijn dan het stikstof- en fosforgehalte. Een goede eenstemmigheid bij de verschillende auteurs bestaat er over de gestage stijging van het calciumgehalte gedurende het seizoen. Het magnesiumgehalte zou veelal geen bepaald verloop te zien geven volgens de geciteerde literatuur. Uit onze gegevens is de indruk verkregen, dat naarmate het kaligehalte stijgt, het magnesiumgehalte vaak enigszins daalt gedurende het seizoen. Evenals het calciumgehalte vertoont ook het magnesiumgehalte kleine schommelingen gedurende het groeiseizoen.

[60] 3.1.2. DE GRONDANALYSE

Voor de chemische grondanalyse zijn een aantal voorschriften van SCHUFFELEN, MULLER en VAN SCHOUWENBURG 1961 gevolgd.

De extractie van de grond werd uitgevoerd met Morgan's extractie vloeistof, een gebufferde natriumacetaat – azijnzuuroplossing met een pH = 4,8. De betrouwbaarheid van deze analyse bij de hoofdelementen is dezelfde als van vergelijkbare analyses die door het Bedrijfslab. voor Grond- en Gewasonderzoek worden uitgevoerd – zie VERMEULEN, 1953, FERRARI en VERMEULEN, 1955 –. De analyse van de sporenelementen, vooral indien slechts enkele delen per miljoen in het extract aanwezig zijn, kan een standaardafwijking vertonen van enkele tientallen procenten, maar dit is bij de zeer lage gehalten vaak niet van groot belang.

Een vergelijking is gemaakt van de gevonden gehalten in het grondextract volgens MORGAN – VENEMA – SCHUFFELEN met de gehalten die op de gebruikelijke wijze op het Bedrijfslab. voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek – zie DE VRIES en DECHERING, 1948 – zijn bepaald. Figuur 75 geeft een vergelijking van de Ca_{MV} cijfers met het totale calciumcarbonaatgehalte. Bij de lage calciumgehalten blijkt Morgan's extractie vloeistof (in de verhouding van een deel grond op twee en een half deel vloeistof) vaak nog iets beter het calciumgehalte in de grond aan te geven, dan de calciumcarbonaatbepaling. Bij hoge calciumcarbonaatgehalten is Morgan's extractie vloeistof echter minder effectief. Voor de kali-extractie blijkt er een redelijk verband te bestaan tussen het gehalte in het MV-extract en het 0,1N HCl-extract van het Bedrijfslaboratorium. De Morgan's extractie vloeistof is evenwel iets minder werkzaam als extractiemiddel – fig. 76 –.
Morgan's extractie vloeistof extraheert doorgaans iets meer aan magnesium dan 0,5N azijnzuur – fig. 77 –. Bij de lagere magnesiumgehalten van de grond is er een vrij goed verband tussen de gehalten in beide extracten, bij hogere magnesiumgehalten treedt er echter een grote spreiding op. Ook ten opzichte van een 0,5N NaCl – oplossing als extractie vloeistof is Morgan's extractie vloeistof effectiever, voornamelijk wanneer meer magnesium in de grond aanwezig is. Hetzelfde verband als bij het azijnzuurextract valt op te merken – fig. 78 –.
Door 1 % citroenzuur, zoals gebruikt door het Bedrijfslab., wordt meer fosfaat uit de grond geextraheerd dan door Morgan's extractie vloeistof. Er blijkt geen nauwere relatie te bestaan tussen de hoeveelheden aan fosfaat die door beide extractie vloeistoffen worden opgelost. – fig. 79 –.
Doorgaans is Morgan's extract dus relatief armer aan elementen dan de gebruikelijke extracten, alleen bij magnesium is het tegengestelde het geval.

Bij de bemonstering van de grond zijn de afzonderlijke steken van een grondmonster over de gehele oppervlakte van een proefplek of proefveldje verdeeld. Dit is temeer noodzakelijk, nadat DALBRO, 1957, opmerkte, dat sommige elementen b.v. kalium zich onder de kroon van een vruchtboom ophopen.
Steeds zijn alle bodemlagen van 0–40 cm diep bemonsterd, tenzij anders is vermeld. De spreiding in de gehalten van de bepaalde elementen in de grond van fruitteeltpercelen is vermeld in tabel 56.
Hoewel niet in die mate als bij het gehalte van de elementen in het blad, toch bestaat er ook in de grond een seizoenscyclus of een weersinvloed bij de beschikbaarheid van de voedingselementen.

BROUWER, 1949, die met de Neubauermethode grond onderzocht, vond b.v. een afnemende kalimobiliteit bij droogte; bij zeer vochtige grond een afnemende fosforactiviteit, die juist door droogte toenam. Eenzelfde verloop vond SAUERBECH, 1955, voor het uitwisselbaar kalium tijdens zomerdroogte. OLSON, 1942, nam ook duidelijke schommelingen in de mobiliteit van het fosfor waar; na een maximum in juli volgde een minimum in augustus, gevolgd door een lager maximum in de herfst, hetgeen gevolgd werd door een minimum in de winter. De kalium-activiteit toonde een minimum in april/mei, een maximum in mei/juni en liep ook in de herfst weer op. VAN DER PAAUW, 1948, heeft ook gewezen op de periodiciteit van de schommelingen in het P-getal en de pH in de loop der jaren. Bekend is ook de schommeling in het nitraatgehalte van de grond. Na de voorjaarsstijging daalt doorgaans het nitraatgehalte weer en wordt in de winter door de regen – zie b.v. SOUBIERS c.s., 1952 – zelfs zeer laag. OLSON, 1942, nam na een toename in het nitraatgehalte tot juni, een daling waar tengevolge van de regen, die gevolgd werd door een lager najaarsmaximum en een winterminimum.
BRACKEN, 1940, nam onder een graangewas, na een aanvankelijke stijging van het nitraatgehalte in het voorjaar, een scherpe daling waar tot de rijping van het gewas, gevolgd door een lichtere stijging in het najaar. In een braakjaar nam het nitraatgehalte toe gedurende het gehele seizoen.

Een enkel voorbeeld van het verloop van het nitraatgehalte in proefplek 28 – zie 2.2.1.4. [40] – is weergegeven in fig. 80. Door de droogte en bijgevolg een slechte

opname en minder uitspoeling in het jaar 1955, is het nitraatgehalte toen langere tijd op een hoger peil gebleven dan in 1956. Het weer blijkt een grote invloed op het nitraatgehalte uit te oefenen, zodat een enkele nitraatbepaling geen indruk geeft over de rijkdom aan gemakkelijk opneembare stikstof in de grond.
De schommeling in het gehalte van de overige elementen zijn van zodanige aard geacht, dat met een enkele bepaling van het element kon worden volstaan bij de chemische bodemanalyse. Alleen de gehalten aan ijzer en mangaan verdienen in dit opzicht nog enige aandacht. In de betreffende hoofdstukken komen wij hierop terug.

[61]

3.2. DE CHEMISCHE TOESTAND VAN HET GEWAS EN DE BODEM IN VERBAND MET HET OPTREDEN VAN VOEDINGSZIEKTEN

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de chemische toestand van het blad en de chemisch-fysische toestand van de grond, waarbij een viertal voedingsziekten in de fruitteelt voorkomen. Het oorzakelijke verband tussen het optreden van voedingsziekten en de chemische toestand van het gewas en de bodem wordt in 3.3. besproken.

Naast de chemische toestand van gewas en bodem zijn er ook een aantal andere factoren bekend die samenhangen met het voorkomen van voedingsziekten. Deze zullen slechts zijdelings besproken worden. Het is b.v. bekend, dat de regen verscheidene elementen uit het blad uitspoelt – DALBRO, 1955, KINGLEY c.s., 1957, TUKEY en AMLING, 1958 –. Vooral kalium wordt uitgespoeld, magnesium en stikstof slechts in zeer geringe mate. De luchttemperatuur is eveneens van grote betekenis. In ons land is vrijwel jaarlijks waar te nemen, hoe het mangaangebrek uit de akkerbouwgewassen op de zeeklei na het voorjaar verdwijnt, wanneer er een warmere periode aanbreekt.

DIJKSHOORN en 't HART, 1957, vonden dat bij gras, in het belangrijke temperatuurstraject van ruim 10° tot ruim 20°C, vooral het kaliumgehalte en ook het stikstofgehalte meer toenemen bij temperatuursstijging, dan het magnesium- en calciumgehalte. SMITH en WALLACE, 1956, namen bij citruswortels waar, dat de opname van calcium bij temperatuursstijging groter is dan van kalium. Het omgekeerde bleek echter bij de bovengrondse plantendelen het geval te zijn. WALLACE, 1957, vond ook bij gerst en soja dat bij temperatuursstijging tussen 10° en 20°C de verhouding $\frac{Ca + Mg}{K}$ in de plant daalt. Bij hogere temperatuur wordt de kaliopname echter sterker geremd.

Uit het voorgaande blijkt, dat warm weer meestal het optreden van magnesiumgebrek bevordert. Voor het optreden van zinkgebrek is een soortgelijke tendens gevonden – HOAGLAND, 1944. L 2 –.
De vruchtdracht en de groeikracht hebben eveneens een grote invloed op de voedingsziekten – Bos, 1943 –. Jonge bomen vertonen veel meer magnesiumgebrek dan oudere. Vooral oudere bomen vertonen meer zinkgebrek.

JOLIVET en COIC, 1953, vonden in het blad van dragende appeltakken minder kalium. Laatstgenoemden vonden ook meer magnesium. LJONES, 1954, onderscheidt zelfs drempelwaarden voor het magnesiumgehalte in appelblad, apart voor draag- en beurtjaren. In het draagjaar kan het magnesiumpercentage zelfs 0,1 % of iets lager zijn, tegenover 0,25 % in een beurtjaar, terwijl er juist nog geen magnesiumgebrek optreden zal. De vruchten zijn relatief rijker aan kalium dan het blad – STRACHAN c.s., 1951 – en onttrekken kalium aan de bladeren, – LAWTON en COOK, 1954 –

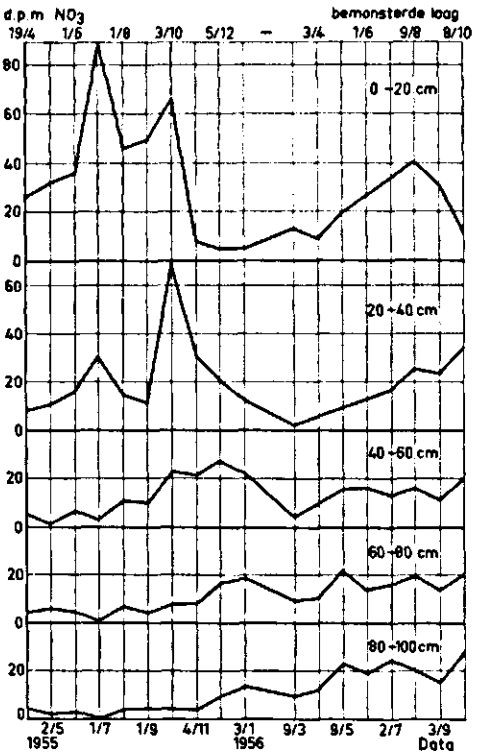


FIG. 80. Het verloop van de nitraatgehalten in de grond. Proefplek 28. 1955–1956.

FIG. 80. *Course of nitrate contents in the soil. Observation plot 28.* 1955–1956.

zodat deze een lager kaliumgehalte krijgen en daardoor minder magnesiumgebrek zullen tonen. POPENOE en SCOTT, 1956, evenals LILLELAND, 1932, namen bij perzik ook een daling van het kaliumgehalte in het blad waar bij een grote perzikenoogst. Verder was ook het stikstofgehalte in het blad iets lager, terwijl het magnesium- en calciumgehalte hoger waren. Dit is hetzelfde als JONES, 1954, vond. Deze auteur vond echter een iets hoger stikstofgehalte en ook een verhoogd fosforgehalte in draagjaren. Een sterke groei zal, zoals ook uit de volgende hoofdstukken volgt, een nadelig effect hebben bij het optreden van magnesiumgebrek, een zware dracht het tegengestelde. Oudere wortels hebben een kleinere kationen-uitwisselingscapaciteit – HELMY en ELGABALY, 1958 – en zullen relatief minder magnesium en calcium ten opzichte van kalium opnemen.

Bespuitingen kunnen soms voedingsziekten tot gevolg hebben. KEIJER en DIJKSTERHUIS, 1953, vermeldden, dat door een bespuiting met een kwikbevattend schurftbestrijdingsmiddel meer kaliumgebrek optrad. Het afnemend gebruik van de kalkbevattende en alkalisch reagerende spuitmiddelen californische pap en spuitzwavel, lijkt ons een van de oorzaken voor het afnemen van het magnesiumgebrek in de Nederlandse fruitteelt. Het is ook zonder meer duidelijk, dat het gebruik van de spuitmiddelen die ijzer- en zinkcarbamaten bevatten, hebben geleid tot een vermindering van het ijzer- en zinkgebrek.

Door de werking van wortelaaltjes kon bij citrus de magnesiumopname ten opzichte van de kaliopname verstoord raken – CHITWOOD c.s., 1952 –. Door sommige Fusarium bodemschimmels kan de plant gaan lijden aan ijzergebrek – MARTIN c.s., 1956.

In de Nederlandse fruitteelt blijken de volgende voedingsziekten een rol te spelen: In de rivierkleistreek en op natte oudere gronden in het zeekleigebied valt kaligebrek nog steeds aan te treffen. Aan de kalium-fixatie in de grond, ook in boomgaarden, is door VAN DER MAREL en VENEKAMP, 1955, nog kort geleden aandacht geschonken. Wanneer maar zeer hoge kalibemestingen worden gegeven, behoeft dit gebrek plantenteeltkundig gezien geen probleem te zijn. Financieel gezien kan kaligebrek op kalifixerende gronden wel een groot probleem vormen. Deze voedingsziekte wordt door ons niet verder behandeld.

Zowel op de zandgronden als op de kalkrijke zeekleigronden komt magnesiumgebrek in de fruitteelt nog regelmatig op vele percelen voor. Wel is de mate, waarin deze deficientie optreedt, naar onze mening verminderd in de loop van de laatste tien jaar. Wegens het belang van deze voedingsziekte is er veel aandacht aan besteed.

Op de kalkrijke gronden, vooral de zeeklei- en lössgronden, komt van oudsher ijzergebrek voor. Men is algemeen van mening, dat het ijzergebrek door het onbegroeid houden van de bodem is toegenomen. Daar de bestrijding nog steeds een probleem vormt is er veel aandacht aan dit gebrek besteed.

Op de kalkrijke zeekleigronden, maar ook wel op duinzandgronden en op oude cultuurgronden in en buiten het zeekleigebied, kwam tot voor kort een niet te verwaarlozen aantal fruitpercelen voor, waarin de bomen zinkgebrek vertoonden. Door bespuitingen met zink bevattende middelen is deze voedingsziekte wel op vele plaatsen bestreden, maar nog niet geheel en al verdwenen. Daar de oorzaken met de bodembehandeling leken samen te hangen is deze voedingsziekte nader bestudeerd.

Vooral in grasboomgaarden, met name in de rivierkleistreek, komt nog veel stikstofgebrek in het fruit voor. Een verbetering in deze toestand zou de Nederlandse fruitteelt jaarlijks een aanmerkelijk hogere fruitproduktie kunnen geven. Het stikstofgebrek, hoewel onvoldoende gegevens voor een goede bestudering ontbraken, is zo goed mogelijk geanalyseerd.

Het mangaangebrek is niet behandeld. Hoewel deze deficientie op de neutrale en alkalische fruitpercelen vaak waargenomen kan worden, leek hij van te geringe economische betekenis, om er in dit stadium van het onderzoek veel aandacht aan te besteden. Bovendien is de bestrijding door middel van enkele bespuitingen met mangaan-houdende oplossingen bevredigend.

Bij deze opsomming van de voedingsziekten is mede gebruik gemaakt van de overzichten van de toestand in Nederland door MULDER, 1953, 1955.

In de bovengenoemde volgorde worden de voornaamste voedingsziekten in de fruitteelt in het volgende behandeld.

[62] 3.2.1. HET MAGNESIUMGEBREK

Terwijl voor het kaliumgebrek de mening is gevestigd, dat het in de fruitteelt een veel lagere produktie tot gevolg heeft, is de opinie over de schade door het optreden van magnesiumgebrek nog verdeeld. Het ontbreekt in de fruitteelt nog te veel aan goede proefvelden, waar deze schade aangetoond kon worden.

Uit het onderzoek van ASKEW en CHITTENDEN, 1958, FORD, 1957 en GRUPPE, 1955, blijkt wel, dat door bestrijding van ernstig magnesiumgebrek een veel betere groei van fruitbomen te verwachten is.

De beworteling bij magnesiumgebrek blijkt ook onvoldoende – ROACH 1952[1]) en ELGABALY, 1955 –. De opbrengst van landbouwgewassen reageerde op verscheidene proefvelden gunstig op een magnesium bemesting. LUNDBLAD, 1949, kon in Zweden bij aardappel 10 % opbrengstverhoging verkrijgen. MULDER, 1956, nam een opbrengststijging bij akkerbouwgewassen waar, die over een zeker traject parallel liep met een toename in het magnesiumgehalte van de bodem. Volgens RIS, 1957, werden met aardappelen en rogge, volgens FERRARI en SLUYSMANS 1955b, SLUYSMANS, 1956, met haver en aardappelen en volgens TEMME, 1950, met haver en erwten, in veldproeven hogere opbrengsten verkregen door bemestingsmaatregelen die het magnesiumgebrek verminderden. Bij oliepalm nam de oogst toe met een hoger magnesiumgehalte in het blad – PREVOT en OLLAGNIER, 1954 –, SCHUFFELEN, 1940, kreeg in een potproef met haver eveneens een duidelijk hogere opbrengst door het opheffen van het magnesiumgebrek.

Proefvelden in appelboomgaarden op pleistoceen zand, leverden volgens KNOPPIEN, 1956, na bestrijding van het magnesiumgebrek, ruim 10 % hogere opbrengsten. Een lichte graad van magnesiumgebrek behoeft nog geen grote opbrengstdepressie te veroorzaken. Op het bodembehandelingsproefveld voor fruit te Hoofddorp – BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 – leverde een strobedekking van de grond een hogere opbrengst dan een teelt van groenbemesting of een permanente grasbegroeiing, ondanks het optreden van meer magnesiumgebrek. Bij jonge bomen kan magnesiumgebrek moeilijkheden geven bij de vorming van de boom, daar de knoppen aan het benedeneinde van de langloten niet voldoende uitrijpen na de vroegtijdige bladval die bij magnesiumgebrek optreedt. In dit geval kan niet ingesnoeid worden op deze verzwakte knoppen, omdat ze geen of slechts een zwakke scheut opleveren. Een verminderde scheutgroei bij het optreden van magnesiumgebrek is ook in onze meerjarige potproeven waargenomen – zie tabel 61 en 67 –.

3.2.1.1. *De chemische toestand van het blad bij het optreden van magnesiumgebrek*

[63] *Het gehalte aan kalium en magnesium*

Na de moeilijkheden, die zich voordeden bij de bepaling van een drempelwaarde aan het magnesiumgehalte in het blad, is in het volgende weinig rekening gehouden met het magnesiumgehalte afzonderlijk, maar des te meer met de K/Mg-verhouding. Deze drempelwaarde, het magnesiumgehalte dat als minimum beschouwd kan worden wil de plant geen magnesiumgebrek vertonen, loopt volgens verschillende auteurs nog al uiteen. GOODALL en GREGORY, 1947, geven een literatuuroverzicht waaruit blijkt, dat de drempelwaarde voor magnesium in het appelblad opgegeven wordt als 0,15–0,30% MgO.

BOYNTON, 1947, vermeldt, dat magnesiumgebrek optreedt bij een magnesiumgehalte lager dan 0,15 % MgO, maar ook nog optreden kan bij 0,15–0,25 %. BOULD, 1953, geeft een veel hoger traject, namelijk van 0,3 – 0,4 % MgO. LJONES, 1954, geeft voor de drempelwaarden een gehalte van 0,10–0,25 % MgO; het hoogste bij een lichte oogst.

Nadat het antagonisme van kalium en magnesium in het blad meer bekendheid gekregen had, konden de tegenstrijdige opgaven over de drempelwaarden voor het

[1]) Persoonlijke mededeling; resultaten van het East Malling Horticultural Research Station met appelonderstammen, waarvan de wortels in een „mist" van een verstoven voedingsoplossing groeiden.

magnesiumgehalte met meer begrip beschouwd worden. Bij een hoger kaliumgehalte in het blad moet ook een hoger magnesiumgehalte voorkomen. Het evenwicht tussen het kali- en magnesiumgehalte mag niet teveel verstoord worden, of er treedt bij teveel aan magnesium, kaligebrek op en bij een te veel aan kalium magnesiumgebrek. Vele onderzoekers hebben deze antagonismen in het planteblad gevonden.

Van de ouderen noemen wij alleen VAN ITALLIE, 1938, WALLACE, 1939 en SCHUFFELEN, 1940. Voor verschillende andere gewassen dan hardfruit is hetzelfde antagonisme vastgesteld; b.v. voor de druif – BEIJERS, 1955 –, voor de oliepalm – BROESHART, 1955, PREVOT en OLLAGNIER, 1954 –, voor de cocosnoot – PREVOT en OLLAGNIER, 1956–, voor citrus – REUTHER en SMITH, 1951 en SMITH c.s., 1954 –, voor aardappelen en bieten – SLUYSMANS, 1956, 1958 –. Bij hardfruit is het kalium-magnesium-antagonisme onder andere aangetroffen door BORGMAN, 1954, CAIN, 1948, EAVES en KELSALL, 1954, GRUPPE, 1955, FORD, 1957, LJONES, 1954, MULDER, 1948, 1953a, PIJLS en VAN DER BOON, 1952, TRZINSKI en DE MUNTER, 1957. Alleen BORGMAN en GRUPPE geven een K/Mg-verhouding die met het oog op het voorkomen van magnesiumgebrek als maximum beschouwd mag worden (de zogenaamde „maximale K/Mg-verhouding"); $K_2O\,\%/MgO\,\%$ moet namelijk kleiner zijn dan resp. 4,5 (BORGMAN) en 7 à 8 (GRUPPE).

De onderstam speelt bij het optreden van magnesiumgebrek vaak een grote rol. BORGMAN, 1954, geeft b.v. op dat M IV en M IX gevoelig zijn voor magnesiumgebrek. HOBLYN, 1940 noemt de onderstammen M IV en M VII als gevoelig, terwijl M II en M IX tamelijk resistent zijn. Of deze gevoeligheid te wijten is aan een hogere K/Mg-verhouding in het blad, is alleen door BORGMAN nagegaan. Volgens deze auteur is per onderstam en per ras een „maximale K/Mg-verhouding" te onderscheiden.

Voor ons onderzoek naar de samenhang tussen het magnesiumgebrek en de toestand van blad en grond, zijn op ca 200 proefplekken in ons land grond- en bladmonsters verzameld.[1] De K/Mg-verhouding in de bladmonsters en de bijhorende mate waarin magnesiumgebrek voorkwam is in grafieken verwerkt, waarvan fig. 81 een voorbeeld geeft. De bladbemonstering is overwegend uitgevoerd in de maand augustus en de eerste helft van september 1952, dus in een tijd waarin het bladgehalte tamelijk stabiel is – zie 3.1.1. –.
Uit het materiaal volgt, dat er veelal wel een minimum magnesiumgehalte – eventueel drempelwaarde te noemen – bestaat, waar beneden vrijwel steeds magnesiumgebrek optreedt. Er boven kan, al naar gelang van het kaliumgehalte en andere nevenfactoren, magnesiumgebrek optreden. Voor appelblad ligt dit magnesiumgehalte bij 10-12 mg aeq. Mg/100 gr droge stof (bij 0,16 tot $0{,}20\,\%$ MgO). Dit gehalte stemt redelijk overeen met de laagste waarden voor de drempelwaarde uit de geciteerde literatuur.
De „maximale K/Mg-verhouding" blijkt al naar gelang het fruitras enigszins te verschillen. Voor de appels Cox O.P. en Schone van Boskoop bedraagt deze resp. uitgedrukt in mg aeq. Mg/100 gr. droge stof, en in $\%$ MgO/droge stof: 2,5 en 5,9, voor Jonathan resp. 2,2 en 5,2; voor de peer Bonne Louise d'Avranches resp. 1,55 en 3,7.
Een belangrijke rol bij het vaststellen van deze „maximale K/Mg-verhouding" konden wij niet aan de onderstammen toeschrijven. Dit is in tegenspraak met hetgeen

[1]) Voor belangstellenden zijn deze gegevens ter inzage.
Het optreden van magnesiumgebrek, evenals van andere voedingsstoffen, is op deze plekken met een cijfer gewaardeerd.

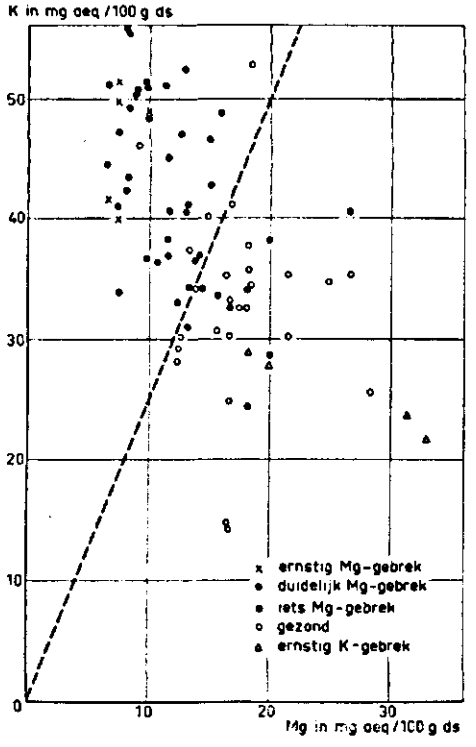


FIG. 81. De betrekking tussen de symptomen van magnesiumgebrek en de verhouding van kalium en magnesium in het blad bij appel Cox's Orange Pippin.

FIG. 81. *Relation between the K/Mg ratio in the leaf and the appearance of magnesium deficiency symptoms.*
Explanation of signs: (from the top downwards) severe Mg deficiency, distinct symptoms of Mg deficiency, some symptoms, healthy looking, distinct potassium deficiency.

BORGMAN, 1954 vond. Ook STOLLE, 1956, kon geen invloed van de onderstam vinden. Onze „maximale K/Mg-verhouding" ligt iets hoger dan BORGMAN opgaf, echter duidelijk lager dan de opgave van GRUPPE, 1955.

[64] *Het gehalte aan kalium, magnesium en calcium*

Uit de oude calcium-magnesium-wet van LOEW, 1901, valt wel op te maken, dat ook aan calcium invloed op het magnesiumgebrek toegeschreven moet worden. LOEW zag deze calciumwerking voornamelijk in een verhindering van een goede fosfaatopname, die door het magnesium bevorderd wordt.

Daar wij in ons land vrijwel alleen magnesiumgebrek kenden op de zure pleistocene gronden – zie de literatuur overzichten over magnesiumgebrek van MULDER, 1956 en FERRARI en SLUIJSMANS, 1955b,– terwijl de magnesiumopname bij een lage pH in het algemeen ongunstig is – PEECH, 1941 –, was het wel een vreemde ervaring, dat MULDER, 1948, magnesiumgebreksverschijnselen bij fruit vond op magnesium en kalkrijke zeekleigronden. Hierdoor is de rol die kalk speelt bij het optreden van magnesiumgebrek weer opnieuw in het daglicht gezet. Het aantreffen van magnesiumgebrek op de kalkrijke zeekleigronden is des te opmerkelijker, omdat uit de oude wet van EHRENBERG een antagonisme van calcium en kalium bekend is. Dit antagonisme in de plant is o.a. ook gevonden door LUNDEGÅRDH, 1951, bij landbouwgewassen, door PIJLS en VAN DER BOON, 1952, bij fruit. GAUCH, 1957, wijst er echter op, dat in sommige planten cal-

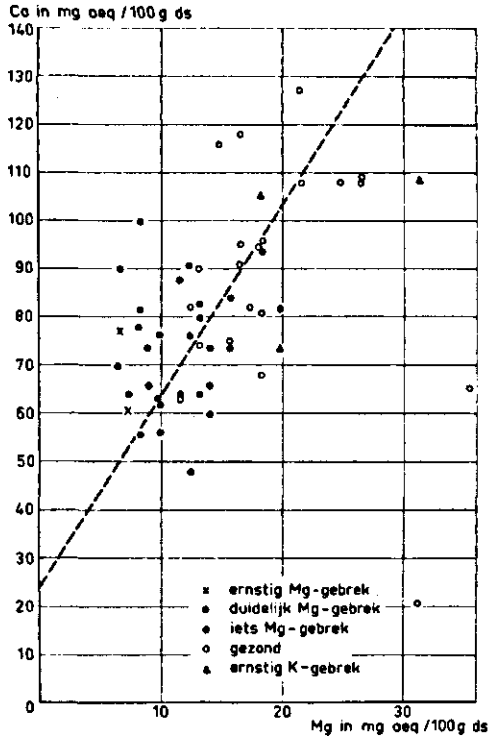


FIG. 82. De betrekking tussen het calcium- en het magnesiumgehalte in het blad. Cox's Orange Pippin.

FIG. 82. *Ca content in the leaf (ordinate) versus Mg content (abscissa). Compare fig. 81*

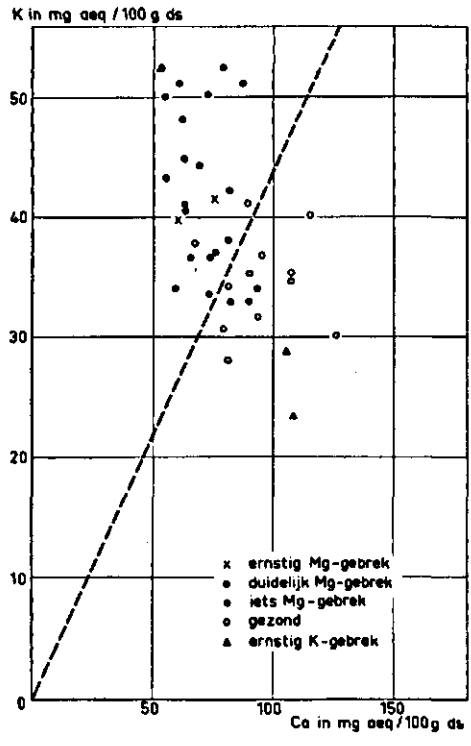


FIG. 83. De betrekking tussen de symptomen van magnesiumgebrek en de verhouding van K en Ca in het blad. Cox's Orange Pippin.

FIG. 83. *Relation between K/Ca ratio in the leaf and the appearance of magnesium deficiency symptoms. Compare fig. 81.*

cium de kaliopname kan stimuleren. REITEMEIER, 1951, geeft aan dat alleen op kaliarme grond het kalk-kali-antagonisme optreedt. Het antagonisme van calcium magnesium en kalium ten opzichte van elkaar is door van ITALLIE, 1938, reeds aangetoond. Uit het voorgaande valt dus te verwachten, dat op kalkrijke gronden de kali-opname verminderd zal worden en dus het magnesiumgebrek minder hevig zal optreden. Dit is met de feiten in tegenspraak.

In de plant kan er niet steeds van een antagonisme van calcium en magnesium gesproken worden, vaak zijn de calcium en magnesiumgehalten zelfs positief gecorreleerd.

Een positieve correlatie tussen de gehalten van deze elementen is bij oliepalm gevonden door BROESHART, 1955, PREVOT en OLLAGNIER, 1954, bij engels-raaigras door DIJKSHOORN, 1957, voor fruit door EAVES en KELSALL, 1954, LJONES en BRANDLEI, 1954 en door TRZINSKI en DE MUNTER, 1957. PREVOT en OLLAGNIER wijzen er echter op, dat een positieve correlatie alleen voorkomt bij gemiddelde calcium- en magnesiumgehalten. EAVES en KELSALL geven op, dat alleen na een be-

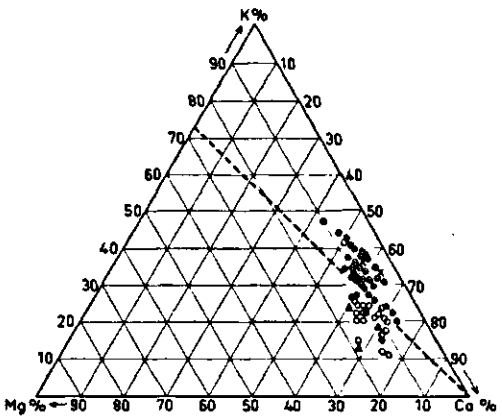


FIG. 84. De verhouding van de hoeveelheid calcium, magnesium en kalium in mg. aeq per 100 g droge stof in het blad van Cox's O.P. op M IX, M II, M XVI e.a., met de bijbehorende mate waarin het magnesiumgebrek optreedt. Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 84. *Percentages Ca, Mg and K in the leaf of Cox O.P. on M IX, II, XVI etc. in relation to Mg deficiency symptoms.*
For explanation of signs see fig. 81.

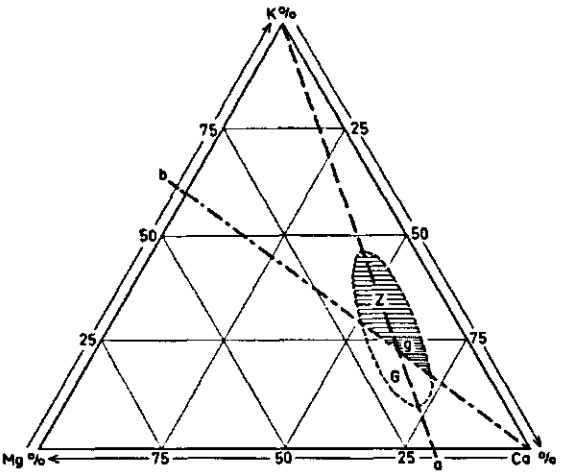


FIG. 85. De verhoudingen, van calcium, magnesium en kalium in het blad, waarbij al of niet magnesiumgebrek optreedt. Geschematiseerd geval.

Z = gebied met Ca, K en Mg-verhoudingen, waarbij Mg-gebrek optreedt door overmaat K, ten opzichte van Mg en Ca.

G = gebied met Ca, K en Mg-verhoudingen, waarbij de plant gezond is.

g = gebied met Ca, K en Mg-verhoudingen, waarbij de plant gezond is, doordat bij een overigens te hoge K/Mg-verhouding het Ca-gehalte zo hoog is, dat geen Mg-gebrek optreedt.

FIG. 85. *Schematic distribution of degree of Mg deficiency in the Mg – K – Ca triangle*

Z = crop showing Mg deficiency

G = crop healthy looking

g = crop healthy looking because the Ca content is so high that no symptoms appear.

kalking de correlatie positief is, doorgaans is ze negatief. Verschillende andere auteurs vermelden echter een negatieve correlatie tussen het calcium- en magnesiumgehalte. Door CAIN, 1948, werd slechts een zwakke negatieve correlatie vastgesteld bij appel, evenals door REUTHER en SMITH, 1951, voor citrus en door COOPER, 1945, voor aardappel, die met instemming het oudere werk van CAROLUS aanhaalt.

DROSSDOFF c.s., 1955, vonden, dat bij tung calcium en magnesium elkaar vrijwel kunnen vervangen bij hun functies in het gewas, zodat er dus niet gauw sprake zal zijn van een antagonisme tussen deze elementen.

De beste indruk van de gezamenlijke actie van calcium, magnesium en kalium in de plant is wel te verkrijgen, indien de verhouding van de hoeveelheid van deze elementen in een driehoeksgrafiek wordt uitgezet. Dit is met succes voor de verhoudingen in de grond uitgevoerd door SCHUFFELEN, 1940. BROESHART, 1955 en PREVOT en OLLAGNIER, 1954, gebruikten de driehoeksgrafiek om de

optimale calcium-magnesium-kaliumverhouding voor de produktie van oliepalm uit te beelden. De optimale produktie vindt plaats bij een relatief hoog kali-gehalte en ruim tweemaal zoveel calcium als magnesium.

In het blad van fruit blijken volgens ons materiaal de calcium- en magnesiumgehalten tamelijk nauw gecorreleerd – zie fig. 82 –. Het minste magnesiumgebrek komt voor bij lage magnesium- en lage calciumgehalten. Men zou zich kunnen afvragen – zie fig. 83 –, of het magnesiumgebrek eigenlijk niet een calciumgebrek is. Wanneer de verhoudingen tussen calcium-magnesium-kalium in het blad in een driehoeksgrafiek worden uitgezeten de bijbehorende mate van het magnesiumgebrek wordt aangegeven, dan wordt het duidelijk dat de naam wel juist is – fig. 84 geeft hiervan een voorbeeld–. Het resultaat van het onderzoek is samengevat in fig. 85 –. Uit de laatstgenoemde afbeelding valt het volgende af te lezen:

1e. Er bestaat een vrij nauwe correlatie tussen het calcium- en magnesiumgehalte in het blad, want alle punten zijn gegroepeerd langs lijn a.

2e. Boven een zekere „maximale K/Mg verhouding", dat is rechts van lijn b, gaat magnesiumgebrek optreden. Hoe lager het magnesiumgehalte, hoe ernstiger de symptomen. Het calciumgehalte behoeft niet laag te zijn. Deze feiten wijzen er op, dat de naam voor het magnesiumgebrek wel juist is gekozen.

3e. Wanneer er een hoog calciumgehalte in de plant voorkomt – in gebiedje g – treedt geen magnesiumgebrek op, hoewel de K/Mg verhouding er wel aanleiding toe zou geven.

Voor de appelrassen Cox O.P. en Jonathan gelden de volgende grenzen: Bij meer dan resp. 65 à 70% en 70 à 75% Ca (alle hoeveelheden van de elementen uitgedrukt in mg aeq/100 gr. dr. st.) en bij een K/Mg verhouding lager dan resp. 2,5 en 2,2 zal geen magnesiumgebrek optreden.

Van een antagonisme tussen calcium en magnesium in het vruchtboomblad zal, in overeenstemming met het merendeel van de geciteerde literatuur, dus geen sprake zijn. De optimale calcium-magnesium-kaliumverhoudingen in het blad liggen bij een veel hoger calcium-percentage en een veel lager kaliumpercentage dan bij de oliepalm.

[65] *Het gehalte aan fosfor*

Aansluitend bij het werk van LOEW, 1901 en TRUOG c.s., 1947, waarin het magnesium in de plant als de drager van het fosfor wordt beschouwd, noemde MULDER, 1953a, een aantal voorbeelden van appelbladanalyses, waarin bij een hoger kaligehalte zowel het magnesium als het fosforgehalte lager bleken te liggen. De correlatie van magnesium en fosfor in het blad is niet altijd positief.

Ze is positief bevonden door BEESON c.s., 1944, met tomaat, door CHAPMAN, 1952, met citrus, door REINKEN, 1956, voor fruit. Een positieve correlatie werd niet gevonden door DROSSDOFF c.s., 1955, met tung, door HILL, 1952, WEEKS c.s., 1952 en door EAVES en KELSALL, 1954, met fruit. Behalve in het laatst geciteerde werk was er echter sprake geweest van een stikstofbemesting, waardoor gelijktijdig het stikstof en magnesiumgehalte van het blad waren verhoogd. Onder deze omstandigheden is er meer sprake van een stikstof-fosfor-antagonisme, dan van een werkelijk magnesium-fosfor-antagonisme. HUNTER, 1949, kon bij luzerne geen directe verhoging van de fosfor-opname bemerken na een magnesiumtoediening aan de grond. Een positieve of negatieve correlatie van fosfor en magnesiumgehalten hangt dus van de omstandigheden af en zal meestal niet hoog zijn.

Dit stemt overeen met de zwak-positieve correlatie van de fosfor- en magnesiumgehalten die in ons materiaal werden aangetroffen. Voor Cox O.P. en Jonathan geldt $r_{Mg/P}$ = resp. 0,43 ± 0,13 en 0,17 ± 0,12.
Het fosforgehalte van het blad vertoonde in ons materiaal geen duidelijke samenhang met de maximale K/Mg verhouding.

[66] *Het gehalte aan stikstof*

Een gunstig resultaat bij de bestrijding van magnesiumgebrek door een stikstofbemesting is reeds geruime tijd geleden gevonden en nadien vele malen bevestigd – WALLACE, 1939, HOBLYN, 1940, BOYNTON, 1947, CASTENMILLER, 1951 en MULDER, 1956 –.
Door enkele auteurs is echter ook melding gemaakt van een nadelig effect van de stikstofbemesting bij het tegengaan van magnesiumgebrek.

COOPER, 1945, vermeldt, dat vooral nitraatmeststof meer magnesiumgebrek gaf bij katoen. BOULD, 1953, nam waar, dat door een hoge stikstofbemesting de symptomen van magnesiumgebrek op het blad een ernstiger vorm kregen; de chlorotische plekken werden necrotisch.

De stikstofvoorziening van de plant heeft dus zeker een samenhang met het magnesiumgebrek. Doordat het stikstof antagonistisch werkt ten opzichte van andere elementen in het blad, zou deze toestand wellicht verklaard kunnen worden. Er bestaat veelal een negatieve correlatie tussen het stikstof- en het kaligehalte van het blad.

BAKER, 1941, EAVES en KELSALL, 1954 en LJONES, 1954, vonden dit bij fruit, DROSSDOFF c.s., 1955, bij tung. VENEKAMP en RIS, 1953, stelden echter een positieve correlatie vast bij aardappel.

De correlatie tussen het stikstofgehalte en het calcium- en magnesiumgehalte is doorgaans positief.

Voor de correlatie stikstof-calcium is dit vastgesteld door CHAPMAN, 1952, en door SMITH c.s., 1954, voor citrus, echter niet bij een hoog kali-niveau. Een positieve correlatie tussen het stikstof- en magnesiumgehalte is door vele auteurs gevonden o.a. door CHAPMAN, 1952, met citrus, EAVES en KELSALL, 1954 (zwak) en LJONES, 1954, met fruit, door FERRARI en SLUYSMANS 1955a, met haver, door SMITH c.s., 1954, met citrus (alleen bij een hoog stikstofgehalte). Mc LEAN, 1957, vond, dat stikstofrijke planten meer calcium en magnesium opnemen. TRZINSKI en DE MUNTER, 1957, vonden geen duidelijke stijging van het calcium- en magnesiumgehalte bij een toenemend stikstofgehalte.

In de verzamelde bladmonsters bleek het stikstofgehalte slechts zwak positief gecorreleerd te zijn met het kaligehalte, iets sterker met het magnesiumgehalte – zie tabel 57 –. De correlatiecoëfficiënt van het stikstof- en calciumgehalte is bij het appelras Cox O.P. ongeveer even hoog als de stikstof-magnesium-correlatie; $r_{Ca/N}$ = 0,20 ± 0,13.
De relatief sterkere stijging in het magnesiumgehalte door een toename van het stikstofgehalte doet een gunstige invloed van een gestegen stikstofgehalte op de „maximale K/Mg verhouding" verwachten.
Wanneer de scheiding tussen gevallen met en zonder magnesiumgebrek wordt bepaald ten aanzien van de K/Mg verhouding in het blad, blijkt evenwel, dat bij een hoog stikstofgehalte in het blad een lagere „maximale K/Mg verhouding" behoort. Indien het stikstofgehalte bij Cox O.P. daalt van meer dan 160 mg mol N/100 gr. dr. st.

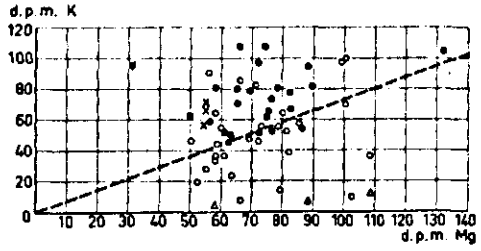


FIG. 86. Het optreden van magnesiumgebreks-symptomen bij fruit, onder invloed van de kalium-, magnesium- en calciumtoestand van de grond. Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 86. *The relation between the K/Mg ratio in the soil and Mg deficiency symptoms in fruit.*

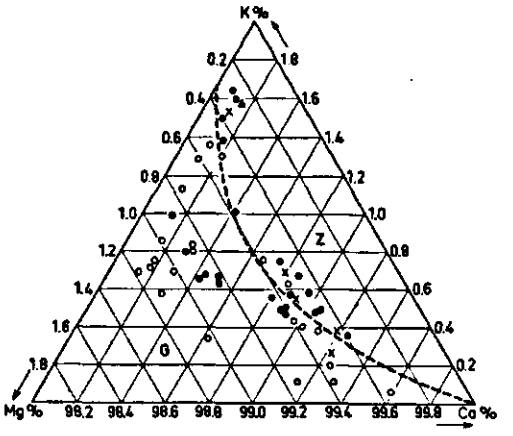


FIG. 87. De verhouding van de hoeveelheid calcium, magnesium en kalium in het grondextract volgens Morgan met de bijbehorende mate waarmee magnesiumgebrek optreedt bij Jonathan op M XVI e.a. Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 87. *The relation between the K, Mg and Ca percentages in soil extract and the corresponding appearance of Mg deficiency symptoms Jonathan M XVI.*
Z = area covering deficient trees.
G = area covering healthy looking trees.

tot minder dan 140 mg mol N/100 gr. dr. st., stijgt de „maximale K/Mg verhouding" van 2,5 tot 2,8, bij Jonathan van 1,5 tot 2,3. Ook de gegevens van enkele potproeven – tabel 58 en 67 – wijzen er op, dat bij een hoger stikstofgehalte een lagere „maximale K/Mg verhouding" behoort. Een verklaring voor het feit, dat FERRARI en SLUIJSMANS, 1955a, geen invloed van de stikstof toestand bij optreden van magnesiumgebrek in haver vonden, kan gelegen zijn in de uitgevoerde correctie van het magnesiumgehalte op eenzelfde stikstofgehalte.
Wanneer de onderscheiden groepen van gewassen apart worden beschouwd – zie tabel 57 – valt het op, dat de planten met het hoogste stikstofgehalte in het blad ook het laagste magnesiumgehalte en het hoogste kaligehalte bezitten, terwijl deze ook het gevoeligst zijn voor magnesiumgebrek.

Tot slot zij er aan herinnerd, dat bij een grote oogst het blad meestal kali-armer is en wat stikstof-rijker. Daarmee gaat doorgaans een geringere gevoeligheid gepaard voor magnesiumgebrek van zwaardragende en oudere fruitbomen.

3.2.1.2. *De toestand van de grond bij het optreden van magnesiumgebrek*

[67] *De kali-magnesium en calciumtoestand van de grond*

Uit het resultaat van de bladanalyse is wel gebleken, dat de kali-magnesium- en calcium-toestand van de grond van belang zijn bij het voorkomen van magnesiumgebrek. Voor het bemestingsadvies is het van belang, evenals voor het blad, voor de grond grens- of verhoudingscijfers voor de gehalten aan verschillende elementen vast te stellen, zodat voedingsziekten kunnen worden vermeden.

Voor de magnesiumtoestand van de gronden in het noordwesten van West-Duitsland wordt door SCHACHTSCHABEL, 1955, een grenswaarde van 100 tot 150 mg MgO/100 gr. droge grond genoemd voor fruit en de wijndruif, akkerbouwgewassen kunnen met 100 mg MgO volstaan. KNOPPIEN, 1956, vond op pleistoceen zand met appel een drempelwaarde van 0,01 tot 0,02 % MgO-(azijnzuur) FERRARI en SLUIJSMANS, 1955a, geven voor haver een drempelwaarde voor het Mg-(NaCl) cijfer van 0,035 %. Door GRUPPE, 1955, wordt voor het optreden van magnesiumgebrek bij appel een maximale K/Mg verhouding in de grond (0–30 cm diep) gegeven van $K_2O/MgO = 1$. SCHACHTSCHABEL, 1956, in een latere publicatie dan de eerstgenoemde, geeft eveneens een „maximale K/Mg verhouding" in de grond:

$$\frac{K_{NH_4\text{-acetaat}}}{Mg_{CaCl_2}} = 3{,}2 \text{ of } \frac{K_{HCl}}{Mg_{HCl}} = 1.$$

De kalktoestand van de grond is veelal bepaald door meting van de pH. Een lage pH staat reeds lang bekend als een toestand waarbij magnesiumgebrek voorkomt op zandgrond. FERRARI en SLUIJSMANS, 1955b, geven voor haver een grenswaarde voor de $pH_{H_2O} = 4{,}8$, waarboven geen magnesiumgebrek meer optreedt.

De verhouding van uitwisselbaar Ca_s Mg, K en H in de grond, voor een optimale produktie en een goede stand van het gewas luzerne is door BEAR en TOTH, 1948, bepaald. De verhouding zou voor Ca : Mg : K : H = 65 : 10 : 5 : 20 moeten zijn. SCHUFFELEN, 1940, vond in een potproef met haver dat bij meer dan 90 % Ca aan het bodemcomplex geen magnesiumgebrek optreedt en afhankelijk van de H bezetting een „maximale K/Mg verhouding" optreedt. Bij resp. 10 % H en 35 % H aan het complex was deze verhouding resp. 1/6 en 3/6.

Door het uiteenlopen van de analyse-technieken zijn verschillende grens- en verhoudingscijfers uit de literatuur helaas slecht te interpreteren. Uit eigen materiaal is voor fruit een aantal verhoudingscijfers voor de gewenste Ca-, Mg- en K-toestand van de grond voor fruit vastgesteld. Uit het materiaal van de reeds genoemde 200 proefplekken zijn de „maximale K/Mg verhoudingen" grafisch vastgesteld. – Fig. 86 geeft hiervan een voorbeeld –. Overeenkomstig hetgeen SCHUFFELEN, 1940, vond, bleek de „maximale K/Mg verhouding" bij een meer alkalische grond lager te liggen.

Wanneer de „maximale K/Mg verhouding van de grond bij een verschillende pH werd bepaald, viel het op, dat de scheiding tussen gevallen met en zonder magnesiumgebrek moeilijker te leggen is dan bij een verschillend calciumgehalte.

De maximale K_{MV}/Mg_{MV} verhouding is voor de pH trappen > 7, 6–7 en 5–6 resp. 0,55, 1,4 en 2,05 (door het kleinere aantal gevallen met een lage pH is het laatste cijfer minder betrouwbaar). De „maximale $K_{HCl}/Mg_{\text{azijnzuur}}$ verhouding" is voor de pH trappen >7 en < 7 (voornamelijk 6–7) resp. : 0,7 en 0,9. De „maximale K_{HCl}/Mg_{NaCl} verhouding" is voor de pH trappen > 7 en < 7 (voornamelijk 6–7) resp. 1,4 en 1,8 – Of de pH buiten de kalktoestand van de grond om, nog een samenhang met het magnesiumgebrek vertoont, kon niet nagegaan worden. Het aantal percelen met een lage pH bleek te gering.

De „maximale K_{MV}/Mg_{MV} verhouding" daalt van 1,5 via 0,8 tot 0,7, wanneer er resp. minder dan 1000 dpm Ca_{MV}, 1000 tot 3000 dpm en 3000 tot 10000 dpm Ca_{MV} in het grondextract aanwezig is. De „maximale verhouding" $K_2O_{HCl}/MgO_{azijnzuur}$ daalt van 2,0 via 0,9 tot 0,6 indien er in de grond resp. minder dan 0,2%, 0,2–2% en 2 tot 10% $CaCO_3$ aanwezig is. De „maximale verhouding" K_{HCl}/MgO_{NaCl} daalt van 2,0 tot 1,5 indien de grond resp. minder dan 0,2 en 2–10% $CaCO_3$ bevat.

Wanneer nog meer gevallen onderzocht zouden zijn, kon het meest geschikte extractiemiddel van de grond bepaald worden. Een vergelijking van het percentage gevallen, dat bij een te hoge of te lage K/Mg verhouding geen of wel magnesiumgebreksymptomen vertoont, zou hierbij als maatstaf kunnen dienen. Uit het voorgaande en navolgende zal het duidelijk zijn, dat er evenwel meer factoren zijn, behalve de Ca-, Mg- en K-gehalten van de grond, die aanleiding geven tot magnesiumgebrek. De selectie van het beste extractiemiddel blijft aldus een moeilijke zaak. Voorshands bestaat er enige voorkeur voor het magnesium gehalte, dat met 0,5 N azijnzuur is geextraheerd.

De geextraheerde hoeveelheden calcium, magnesium en kalium zijn in een driehoeksgrafiek uitgezet met de bijbehorende mate van magnesiumgebrek – zie b.v. fig. 87 –. Het valt direct op, dat de scheidingslijn tussen het veld met verhoudingen waarbij wel en waarbij geen magnesiumgebrek voorkomt, niet zo'n goede scheiding vormt als bij de verhoudingen in het blad (vergelijk met fig. 84). Dit duidt er op, dat er in de grond meer nevenfactoren naast de K/Mg verhouding zijn, die aanleiding geven tot magnesiumgebrek. De scheidingslijn moet bij grond in verband met de invloed van de kalktoestand krom zijn.
Er blijkt zowel in grond als in blad magnesiumgebrek voor te komen bij zeer hoge calciumgehalten.
Het noemen van een drempelwaarde voor de magnesiumtoestand van de grond, vooral voor de kalkrijkere gronden, lijkt ons een hachelijke onderneming. Het magnesiumgebrek wordt veel meer bepaald door de K/Mg verhouding dan door de absolute hoeveelheid magnesium. Voor de kalkarme gronden is het genoemde grenscijfer van KNOPPIEN niet in strijd met onze gegevens. Het aantal percelen met een magnesiumgehalte hoger dan de genoemde drempelwaarde is echter klein. Het grenscijfer, dat door FERRARI en SLUIJSMANS is genoemd, lijkt ons vrij hoog voor humusarmere zandgronden.

[68] *De waterhuishouding en de stikstoftoestand van de grond*

De Nederlandse ervaring, dat er vooral in een natte zomer veel magnesiumgebrek optreedt, is in overeenstemming met opgaven van verschillende buitenlandse auteurs – BOYNTON, 1947, EAVES en KELSALL, 1954, noemen vooral een nat voorjaar. LJONES, 1954, noemt echter een droog jaar als oorzaak van meer magnesiumgebrek. PIJLS en VAN DER BOON, 1952, vonden in appelblad op vochtige profielen ook een hogere K/Mg verhouding. WIERSUM, 1958, vond bij afgesneden bonenwortels een sterkere rubidium-opname, tenzij de grond zeer nat werd gehouden –.
In de reeds besproken vochttrappenproef – [17] – bleek de K/Mg-verhouding in

planten in vochtige grond in het algemeen hoger te liggen – zie tabel 5b –. Uit de vochttrappen-periode proef – zie [20] – bleek, dat vooral een vochtige grond in het voorjaar en de voorzomer een hogere K/Mg-verhouding veroorzaakte – zie tabel 12b –. De invloed van de vochttoestand van de grond zal in [80] verder worden besproken. Hier zij alleen nog herinnerd aan de stimulerende werking, die een goede vochttoestand in de bovengrond uitoefent op de stikstofopname door de plant – zie [21] – die daardoor mede het optreden van magnesiumgebrek op dubbele wijze stimuleert.

De stikstofvoorziening van de grond is – zoals vermeld in 3.1.2. – alleen door frequente bemonstering van de grond goed te bepalen. Daardoor kan moeilijk een nauwkeurige opgave worden verwacht over de samenhang tussen de stikstoftoestand en het magnesiumgebrek. Zoals hiervoor is vermeld, zijn er veel gunstige en ook ongunstige ervaringen met stikstofbemesting verkregen. In [84] wordt de directe invloed van de stikstoftoestand nader besproken.

[69] *De fosfor-mangaan- en aluminiumtoestand*

Over de fosfaattoestand van de grond bij het optreden van magnesiumgebrek is weinig gepubliceerd. FERRARI en SLUIJSMANS, 1955a, vermeldden, dat zij geen verband van het P-citr. getal met het magnesiumgebrek bij haver konden vaststellen. Ook uit onze gegevens viel geen merkbare invloed van de fosfaattoestand op de „maximale K/Mg-verhouding" waar te nemen. Bij een lage kalktoestand van de grond bleek de „maximale K/Mg verhouding" te dalen als het Mn_{MV} cijfer hoger is, bij een hoge kalktoestand viel van deze samenhang met het mangaancijfer niet veel meer te bemerken. Ook in potproeven, die daarvoor zijn opgezet, is geen invloed van het mangaancijfer gevonden.

Hoewel vaak is verondersteld, dat de hoge aluminiumgehalten (eventueel ook hoge mangaangehalten) bij lage pH's de calcium en mogelijk ook de magnesiumopname zouden belemmeren – zie b.v. SCHMEHL c.s., 1952 – kon geen invloed van deze gehalten op het voorkomen van magnesiumgebrek bij fruit worden vastgesteld.

[70] 3.2.2. HET IJZERGEBREK

Onder de voedingsziekten bij fruit verdient het ijzergebrek een speciale belangstelling. Dit gebrek, dat als chlorose van ouds bekend is op de kalkrijke gronden, is in tegenstelling tot verschillende andere voedingsziekten nog steeds moeilijk of op onbevredigende wijze te bestrijden. Bespuitingen met verschillende anorganische en organische ijzerzouten geven aan het gewas of aan de vruchten teveel beschadiging. Ook produkten als de ijzercarbamaten, enkele ijzerchelaten e.d. kunnen slechts in lage concentraties en niet vele malen achtereen verspoten worden, zodat de gunstige werking ten aanzien van het ijzergebrek beperkt blijft. De toediening van ijzercitraatpillen in de stam of de takken, gaf soms zoveel afgestorven weefsel rondom de behandelde plaats, dat ook deze wijze van ijzertoediening vrijwel in onbruik is geraakt. In de laatste tijd gaf een bemesting met ijzerchelaten op sommige plaatsen gunstige resultaten, zodat de aandacht gevestigd blijft op deze bodembehandeling als mogelijke bestrijding van het ijzergebrek.

Er bestaat een groot verschil in de gevoeligheid voor ijzergebrek bij verschillende fruitsoorten. Terwijl de peer zeer gevoelig blijkt, is de appel minder en zijn de kers en de pruim nog minder gevoelig. Ook de onderstam speelt een grote rol. Bij de peer geeft de kwee-onderstam een extra gevoeligheid, bij de appel de onderstammen M IV en M VII. Rasverschillen in de gevoeligheid zijn soms zeer opvallend. Bij de kruidachtige planten zijn ook grote verschillen gevonden in het gedrag van base-minnende en zuurminnende planten. De eerstgenoemde namen bij een lage pH veel te veel ijzer op – OLSON, 1958 –.

Over de schade door het optreden van ijzergebrek zijn weinig gegevens bekend. De zwakkere groei en de bladnecrose, evenals het minder uitgroeien van de vruchten, geven ondubbelzinnig aan, dat een oogstderving bij ernstig ijzergebrek aanzienlijk kan zijn op langere termijn.

Onder de oude literatuur vallen enkele publikaties op, die voor hun tijd een goed overzicht geven over de omstandigheden en de oorzaken bij het optreden van ijzergebrek – namelijk van LINDNER en HARLEY, 1944 en THORNE en WALLACE, 1944 –. In de recente tijd heeft BROWN, 1956, de omstandigheden bij het optreden en de bestrijding van ijzergebrek nog eens overzichtelijk samengevat.

[71] 3.2.2.1. *De chemische toestand van het blad bij het optreden van ijzergebrek*

Over het ijzergehalte van chlorotische planten is veel verschil van mening geweest. Nadat het blad, door afwassen van het aangehechte stof, beter geanalyseerd kon worden – NICHOLAS c.s., 1956 –, is dit meningsverschil grotendeels verdwenen.

CAIN, 1954, kon bij de blauwe bes echter geen samenhang van het ijzergebrek met het ijzergehalte in het blad ontdekken. BROWN, 1956 en THORNE c.s., 1950, vonden in chlorotisch blad wel lagere ijzergehalten, maar konden geen drempelwaarde vaststellen. Een complex van oorzaken heeft blijkbaar invloed op ijzergebrek.
OSERKOWSKY – geciteerd door MC GEORGE, 1949 – vond een redelijk verband tussen het ijzer, dat met 1N HCl uit het blad oplost en het ijzergebrek. Deze ervaring wordt door verscheidene latere onderzoekers gedeeld – THORNE en WALLACE, 1944, LINDNER en HARLEY, 1944 –.

Uit enkele van onze gewasanalyses – zie b.v. tabel 69 – bleek eveneens, dat chlorotisch vruchtboomblad een lager ijzergehalte bevat.

Door verschillende auteurs is gewezen op de invloed van het fosfaat bij het optreden van ijzergebrek. Niet zozeer de verhoging van het fosfaatgehalte in de plant, maar de verhoogde fosfaat/ijzerverhouding is ongunstig – DE KOCK 1955, ILJIN, 1952 –. Door ijzertoevoer aan de bodem of de voedingsoplossing loopt de fosfaat/ijzerverhouding terug – TWYMAN, 1959 –.

Uit het recente werk van BROWN c.s., 1959, met soja bleek, dat wanneer apart aan verschillende delen van het wortelstelsel fosfaat en kalk werden toegevoegd, de plant last van ijzergebrek kreeg. Pas binnen de plant veroorzaakt de gecombineerde opname van calcium en fosfor een onwerkzaamheid van het ijzer. Deze reactie maakte aannemelijker, dat chlorotische planten doorgaans een lager calcium en magnesiumgehalte bezitten. Veelal is het kaligehalte van het chlorotische blad hoger, evenals het stikstofgehalte – dit is ontleend aan opgaven van: MC GEORGE, 1949, THORNE en WALLACE, 1944 en gedeeltelijk aan DE KOCK, 1955, LINDNER en HARLEY, 1944 en TWYMAN, 1959–. Deze abnormale ionenverhouding in chlorotische planten schijnt meer bijkomstig dan oorzakelijk te zijn. – Volgens BOLLE JONES, 1955, wordt de calcium/kaliumverhouding in de plant geregeld

door het ijzer, terwijl kalium bij de ijzerverdeling over de plant een functie vervult. Vooral de oplosbare stikstofverbindingen zijn in chlorotische planten – ILJIN, 1951a en b – in hogere concentratie aanwezig. Een tegenstelling bestaat er tussen de opgaven van PARSCHE, 1940, die met lupine werkte en SIDERIS en YOUNG, 1946, die ananas als proefplant gebruikten. Terwijl de eerstgenoemde de chlorose zag toenemen bij een hoger ammoniakgehalte in het plantensap, zagen laatstgenoemde auteurs, dat weliswaar de ijzeropname verminderde bij het gebruik van ammoniak in plaats van nitraat meststof, maar dat de verdeling in de plant met ammoniak gunstiger werd. Door het ammoniak bleef er minder ijzer in de wortels en kwam er meer in de bladeren terecht, zodat de chlorose verminderde.

Het antagonisme tussen mangaan en ijzer in de plant leidt bij hoge mangaangehalten ook tot ijzergebrek – SOMERS c.s. 1942 en TWYMAN 1946, 1959 –.

De fysiologische processen in chlorotisch blad blijken sterk gestoord te zijn.

CAIN, 1954, had reden te veronderstellen, dat bij blauwe bes de verhouding tussen de basen en organische zuren in het blad verstoord is. ILJIN, 1951a en b, 1952, heeft dit met resultaten van bladanalyses ook aangetoond. De bladmoes-brij van chlorotisch blad is minder reducerend volgens THORNE en WALLACE, 1944.

Bij deze storingen van de bladfuncties kunnen bepaalde nucleïnezuren – KESSLER, 1957 – of groeistoffen – SAMISH, 1954 – soms een onverwacht gunstige invloed bij de bestrijding van ijzergebrek geven.

Bij chlorose is vaak de verhouding tussen het ijzergehalte en chlorophylgehalte van het blad verstoord – JACOBSEN en OERTLI, 1956, SIDERIS en YOUNG, 1944 – De chlorose kan bij zonnebloemen volgens eerstgenoemde auteurs irreversibel worden, zodat na opname van een flinke hoeveelheid ijzer het blad toch chlorotisch blijft.

[72] 3.2.2.2. *De toestand van de grond bij het optreden van ijzergebrek*

Uit de bestaande literatuur valt een groot aantal omstandigheden op te sporen, waarbij ijzergebrek optreedt.

Een van de bekendste omstandigheden is een kalkrijke grond met een hoge pH – zie onder andere BOLLE JONES, 1955, BROWN, 1956, VAN GENNEP, 1936, PARSCHE, 1940, PORTER en THORNE, 1955, THORNE c.s., 1950 en WALLACE, 1944 –. Volgens CHAPMAN, 1952, kunnen magnesium-sulfaat en nitraat eveneens ijzergebrek veroorzaken. Een zwavelbemesting gaf volgens REUTHER en CRAWFORD, 1946, minder ijzergebrek, maar een veel slechtere stand van de citrusbomen.

Reeds in 1941 merkte THORNE op, dat de kalk, die oplosbaar is in koolzuurhoudend water, een betere aanwijzing geeft over de kalkrijkdom van de grond bij het optreden van ijzergebrek dan de totale hoeveelheid kalk. BROWN, 1956, PORTER en THORNE, 1955, merkten op, dat deze omstandigheid wel verklaarbaar is. Kalk als bicarbonaat is beter oplosbaar dan als carbonaat, zodat kalk die door koolzuurhoudend water aangetast kan worden actiever is dan de niet aantastbare. Een versterkt optreden van ijzergebrek bij een hoger gehalte aan bicarbonaat in de bodem is eveneens gevonden door CHAPMAN, 1952, HARLEY en LINDNER, 1945, LINDSAY en THORNE, 1954. Een hoger koolzuurgehalte in de bodemlucht veroorzaakt volgens BOLAS en RUCK, 1952, eveneens ijzergebrek.

Een hoog fosfaatgehalte gaat veelal samen met ijzergebrek – BOLLE JONES, 1955, VAN GENNEP, 1936, GUEST en CHAPMAN, 1949, PARSCHE, 1940, REUTHER en CRAWFORD, 1946 – THORNE c.s., 1950 wijzen er echter op, dat een hoog fosfaatgehalte niet altijd gepaard gaat met ijzergebrek. Een laag kaligehalte in de grond gaat meestal gepaard met meer ijzergebrek. – BOLLE JONES, 1955, CHAPMAN, 1952, WALLACE, 1944 –.

Een hoge concentratie van sporenelementen in de grond gaat vaak gepaard met ijzergebrek. Onder deze elementen moet met name mangaan genoemd worden – CARLSON en OLSON, 1950, VAN GEN-

NEP, 1936, SOMERS c.s., 1942, WALLACE, 1944. TWYMAN gaf naast eigen proeven in 1959, een uitgebreid literatuuroverzicht van de oudere publikaties over het ijzer/mangaan-antagonisme – 1946 –. Onder de sporenelementen, die in hoge concentratie vaak met ijzergebrek gepaard gaan, wordt met name ook zink vermeld – CHAPMAN, 1952, GUEST en CHAPMAN, 1949 –.

Een laag ijzergehalte in de bodem of in de voedingsoplossing, gaat niet altijd samen met ijzergebrek – VAN GENNEP, 1936, LINDNER en HARLEY, 1944 –, maar het blijkt moeilijk vast te stellen, welk deel van het bepaalde ijzergehalte actief is. Bovendien kunnen andere factoren aanleiding geven tot ijzergebrek. THORNE, 1941, vond een redelijke samenhang van het ijzergebrek met het ijzer dat uit de bodem oplost in $^1/_4$ à $^1/_2$% oxaalzuur.

Over de samenhang van de bodemtemperatuur met het optreden van ijzergebrek bij verschillende planten heerst enig meningsverschil. DAVIDSON, 1941, vond, dat voor Gardenia onder een bepaalde minimum bodemtemperatuur ijzergebrek op kan treden. Bij een lagere bodemtemperatuur werken een hogere luchttemperatuur en een grote lichtintensiteit gunstig. JONES en TIO, 1948, vonden in de tabaksteelt meer ijzergebrek bij een hogere temperatuur. Een lagere bodemtemperatuur ging volgens verscheidene auteurs samen met ijzergebrek – BROWN, 1956, CHAPMAN, 1952, THORNE c.s., 1950. BURTCH c.s., 1950 –, konden echter bij een gevoelig bonenras zowel bij lagere temperaturen een uitgesproken chlorose, als een lichtere chlorose bij hogere temperaturen waarnemen. Een slechtere bodemstructuur met een laag humusgehalte van de bodem gaat vaak samen met ijzergebrek. Hoewel stalmest extra koolzuur in de bodem doet ontstaan, konden REUTHER en CRAWFORD, 1947, geen nadelige invloed van een bemesting met stalmest waarnemen.
Een bodembegroeiing, vooral gras, ging op verschillende plaatsen samen met minder ijzergebrek – WALLACE, 1934, BUTIJN en SCHUURMAN, 1957–. Een bodembedekking met luzerne-hooi gaf volgens REUTHER en CRAWFORD, 1946, bij citrus minder chlorose, bij appels gaf een strobedekking echter meer ijzergebrek – BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 –.
De bodemfauna en -flora spelen bij het optreden van ijzergebrek soms een grote rol, blijkens enkele belangwekkende publikaties. JONES en TIO, 1948, vonden, dat tabak na het steriliseren van de grond geen ijzergebrek meer vertoonde, maar na enten met „zieke grond" wel symptomen vertoonde. MARTIN c.s., 1956, konden ijzergebrek voorkomen door de bodem te gassen. Na een enting van de grond met Thilaviopsis basicola trad weer ernstige chlorose op. Overmaat aan fosfaat bevordert de wortelaantasting bij citrus door deze schimmel – CHAPMAN en BROWN, 1942 –.
Een hoog bodemvochtgehalte gaat vaak gepaard met ijzergebrek, vooral als de bovengrond sterk bevochtigd is door regen of bevloeiing – CHAPMAN, 1952, REUTHER en CRAWFORD, 1946, THORNE c.s., 1950 e.a. –. Een sterke aeratie van de bodem of de cultuurvloeistof gaf in tegenstelling hiermee volgens DE KOCK, 1955 en LINDSAY en THORNE, 1954, meer ijzergebrek.

Uit ca 100 fruitpercelen in ons land zijn gegevens verzameld over het optreden van ijzergebrek en de chemische en fysische toestand van de grond[1]. Na een grafische verwerking bleek, dat een samengaan viel op te merken van ijzergebrek met de volgende bodemfactoren:

1e. Een hoge pH en een hoog kalkgehalte. Bij pH-waarden lager dan 6,8 in de bodemlagen van 0–60 cm werd geen ijzergebrek aangetroffen.
2e. Een hoog mangaangehalte.
3e. Een hoog fosfaatgehalte.
4e. Een hoog kaligehalte.

Hoge ijzer- en humusgehalten in de grond gingen gepaard met minder ijzergebrek.
Met een veel uniformer gewas, namelijk met de appel Jonathan M XVI van nagenoeg dezelfde leeftijd, zijn uitgebreidere en meer betrouwbare gegevens over de samenhang van bepaalde bodemfactoren met ijzergebrek verkregen[1]. Uit deze gegevens bleek, dat naast de genoemde ook de volgende factoren kunnen samengaan met ijzergebrek:

[1] Voor belangstellenden zijn deze gegevens ter inzage.

5e. Een hoog koolzuurgehalte in de bodemlucht.
6e. Een hoog bodemvochtgehalte.
7e. Een hoge bodemtemperatuur.

Een serie correlatiecoëfficiënten over deze samenhang zijn opgenomen in tabel 59.
De positieve correlaties van een hoger kaligehalte, een hogere bodemtemperatuur en een kleine negatieve correlatie met een hoger mangaangehalte, zijn in tegenspraak met het merendeel van de genoemde literatuur. In 3.3.1.2. zal op deze controverse, evenals op de oorzakelijke werking van de genoemde factoren, nader ingegaan worden.

[73] 3.2.3. HET ZINKGEBREK

De symptomen van het zinkgebrek, de slechtere groei en het kleine lichte blad, zijn reeds lange tijd bekend bij vruchtbomen in oude tuinen en op de oude terpen in ons land. Na de herkenning van deze symptomen als zinkgebrek door MULDER, 1948, is deze gebreksziekte ook hier te lande nader bestudeerd.
In de laatste jaren, na de ontdekking van het zinkgebrek, lijkt het aantal percelen met zinkgebrek afgenomen te zijn. Als oorzaak kan het gebruik van zinkcarbamaten als fungicide genoemd worden, evenals een doelbewuste bestrijding van het gebrek door bespuitingen met 5% zinksulfaat en spuitkalk op het kale hout, of met 1% zinksulfaat + ½% spuitkalk op het blad. Het is echter waarschijnlijker, dat deze afname van het aantal gevallen met zinkgebrek grotendeels te wijten is aan het afnemend gebruik van kwikbevattende fungiciden. Deze kwikbevattende fungiciden werden kort na de tweede wereldoorlog op een veel grotere schaal gebruikt dan heden ten dage. Bij koffie is duidelijk aangetoond, dat herhaalde bespuitingen met kwikbevattende middelen zinkgebrek kunnen geven – BOCK c.s., 1958 –.
Bij de hedendaagse ziektebestrijding zijn de meeste fruitpercelen waarin zinkgebrek voorkwam door enkele extra bespuitingen met zinksulfaat op het blad, of door het gebruik van zinkcarbamaten, redelijk gezond te houden. Bemesting met zinkmeststoffen had geen of zeer weinig resultaat.

Een omstreden factor bij het optreden van zinkgebrek is de hoeveelheid licht.

HOAGLAND, 1944, L2 wees een grote hoeveelheid licht aan als oorzakelijke factor bij het optreden van zinkgebrek bij fruit. Dit kon door FERRIS, 1949, bij klaver echter niet bevestigd worden. Licht en warmte gaven bij 's zomers gezaaide klaver vrijwel geen zinkgebrek. In het najaar gezaaide klaver kreeg echter wel zinkgebrek.

[74] 3.2.3.1. *De chemische toestand van het blad bij het optreden van zinkgebrek*

Over de chemische toestand van het blad met zinkgebreksymptomen is betrekkelijk weinig bekend. Over het zinkgehalte zijn een aantal opgaven beschikbaar van verschillende onderzoekers. Een gezond appelblad zal volgens BENSON c.s., 1957, meer dan 21 tot 25 dpm zink in de droge stof bevatten, volgens BOULD, 1958, moet dit gehalte meer dan 20 dpm zijn; WOODBRIDGE, 1954, geeft echter een gehalte aan van 11 tot 15 dpm voor appel, voor kers 12 tot 15 dpm en voor perzik en abrikoos een nog iets lager gehalte. Volgens de ervaring in Nederland blijkt in deze volgorde in grote trekken ook de gevoeligheid voor zinkgebrek af te nemen.

Het samengaan van magnesiumgebrek met zinkgebrek is verschillende malen waargenomen. REDLICH, 1958, deelde kort geleden mede, dat bespuitingen met magnesiumsulfaat niet alleen tegen magnesiumgebrek hielpen, maar ook tegen zinkgebrek.
Het zinkgehalte van appelblad met zinkgebreksymptomen blijkt in ons land veelal ook lager dan ca 20 dpm zink te zijn. De analyse[1] van een serie bladmonsters uit verschillende percelen met en zonder zinkgebrek gaf de indruk, dat er een stijging in het zinkgehalte van het blad gedurende de zomer optreedt.

[75] 3.2.3.2. *De toestand van de grond bij het optreden van zinkgebrek*

Hoewel er niet zoveel omstandigheden zijn aan te wijzen, die samen gaan met het optreden van zinkgebrek als met ijzergebrek, toch blijkt doorgaans een complex van omstandigheden samen te hangen met dit verschijnsel.
De invloed van de hoeveelheid zink in de grond is in een aantal gevallen bepaald. MASSEY, 1957, kon een samenhang vaststellen tussen het zink, dat met dithizon uit de grond werd geëxtraheerd en het optreden van zinkgebrek. Doorgaans is deze samenhang niet duidelijk.
De fysische en chemische bodemeigenschappen, die gewoonlijk gepaard gaan met zinkgebrek zijn de volgende: 1e een droge toestand van de bodem, 2e een lichtere grond, 3e een kalkrijke of alkalische grond, 4e een fosfaatrijke grond. Deze gegevens zijn geheel of ten dele ontleend aan ALBEN en HAMMAN, 1944, BOAWN c.s., 1954, CAMP, 1945, CHANDLER c.s., 1931, 1946, LONERAGAN, 1951, PEECH, 1941, PIPER en WALKLEY, 1943, WALLACE, 1944, WEST, 1938 en WOODBRIDGE, 1954. Verschillende auteurs wijzen er met nadruk op, dat een enkele factor doorgaans niet voldoende gewicht in de schaal legt, om de balans duidelijk te laten doorslaan, zodat gebreksverschijnselen zichtbaar worden. Vooral op kalkarme en minder alkalische, zowel als op zwaardere gronden komen uitzonderingen voor op de bovenstaande regel.
Een zekere rijkdom aan organische stof gaat ook samen met zinkgebrek in verschillende gevallen – ADAM en PIPER, 1944, WALLACE, 1944, CHANDLER c.s., 1932, 1946, wijzen vooral op de „corral soils", waarop vaak zinkgebrek voorkomt. Dit zijn in de Verenigde Staten de gronden van omheinde ruimten, waarbinnen het vee bijeen gedreven wordt. Deze plekken zijn van nature rijker aan organische stof, fosfaat, kali en stikstof.
De bodembegroeiing heeft soms een grote invloed op het zinkgebrek – ALBEN en HAMMAN, 1944, namen waar, dat door de verwijdering van de ondercultuur het pecangewas zinkgebrek kreeg. De luzerne-verbouw en de nawerking van het gewas als remedie tegen zinkgebrek is bekend geworden – CHANDLER c.s., 1931, 1946, HOAGLAND c.s., 1936 –. Ook in Nederland zijn ons enkele gevallen bekend van aaneengrenzende percelen, waarin het ene waarvan de bodem lange tijd zwartgehouden was zinkgebrek in de planten vertoonde, terwijl in het andere perceel geen zinkgebrek voorkwam, maar waar de bodem permanent met gras was begroeid.
De invloed van de bodemflora is bij het zinkgebrek nog duidelijker aangetoond dan bij het ijzergebrek. Uit het werk van ARK, 1936, CHANDLER c.s., 1932, HOAGLAND c.s.,

[1] Uitgevoerd door het Lab. voor Landbouwscheikunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen, met behulp van een polarograaf. Voor belangstellenden zijn deze gegevens ter inzage.

1936, is gebleken, dat een bacteriewerking in grond met zinkgebrek, als oorzaak voor het optreden van deze deficiëntie gezien moet worden. Door deze bacteriën worden voor de plant min of meer toxische stoffen afgescheiden. Door het toedienen van zink aan de plant kon de invloed van deze microben tegengegaan worden. Of het zink zijn werking in de bodem of in de plant uitoefent is niet gebleken. Wel is het duidelijk, dat de symptomen van zinkgebrek inderdaad samenhangen met een tekort aan zink onder de voedingselementen, b.v. in de cultuurvloeistof. De aangeduide symptomen zijn zeker geen vergiftigingsverschijnselen, die evengoed met zink als met andere micro-elementen als kwik of zilver – zie CHANDLER, 1932 – bestreden kunnen worden en in feite niets met een tekort aan zink te maken hebben. Wellicht is de eigenaardige werking van schapenmest – HOAGLAND c.s., 1935 –, die het optreden van zinkgebrek voorkomt, ook toe te schrijven aan bepaalde stoffen, die of de bacteriewerking tegengaan of de gevormde toxinen binden.

Uit het beperkte aantal gegevens van percelen met zinkgebrek[1] is afgeleid, dat hier te lande zinkgebrek veelal gepaard gaat met de volgende omstandigheden:

1. een hoog fosfaatgehalte van de grond; bij P_{MV}-cijfers lager dan 7 en P-citr cijfers lager dan 60 (van de laag van 0–40 cm diep) is geen zinkgebrek aangetoond.
2. een droge grond.
3. een kalkrijke grond. Ook op kalkarme gronden zijn echter een behoorlijk aantal gevallen met zinkgebrek bekend.
4. het Zn_{azijn} cijfer[2] gaf geen goede samenhang met zinkgebrek te zien. Veeleer waren de percelen met zinkgebrek rijker dan armer aan zink oplosbaar in azijnzuur.
5. op de oude cultuurgronden komt veel vaker zinkgebrek voor, dan op percelen die minder lang intensief beteeld en bemest zijn.

[76] 3.2.4. HET STIKSTOFGEBREK

Het stikstofgebrek bij fruit is door ons minder uitgebreid bestudeerd dan de voorgaande voedingsziekten. Uit het volgende zal blijken waaraan dit te wijten is.
Onder stikstofgebrek willen we verstaan die voedingstoestand van de plant, waarbij geen optimale opbrengst per oppervlakte wordt behaald en waarbij een toename van het stikstofgehalte van het blad een opbrengsttoename tot gevolg heeft. Alvorens te kunnen vaststellen wanneer stikstofgebrek optreedt zijn dus proefveldgegevens noodzakelijk, om aan te geven wanneer het stikstofgehalte van het blad lager dan optimaal is. Pas in de laatste jaren zijn de uitkomsten van enkele langjarige bemestingsproefvelden in ons land en ook meer buitenlandse gegevens ter beschikking gekomen, zodat ons niet veel tijd restte om het stikstofgebrek uitvoeriger na te gaan.

[77] 3.2.4.1. *De chemische toestand van het blad bij het optreden van stikstofgebrek*

Overeenkomstig onze definitie is stikstofgebrek aanwezig, als door een toename van het bladstikstofgehalte de oogst groter wordt. Veelal is deze toestand wel waarneem-

[1] Voor belangstellenden zijn deze gegevens ter inzage.
[2] Zink oplosbaar in 2½% azijnzuur, bepaald door het Bedrijfslab. voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

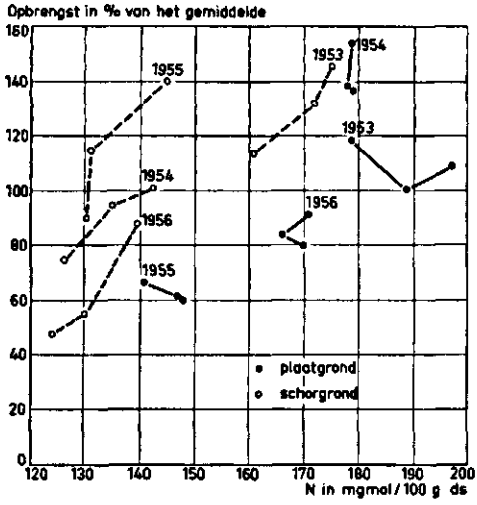


FIG. 88. De oogst, in procenten van het vierjaarlijks gemiddelde van enkele stikstofbemestingsproefvelden, in afhankelijkheid van het stikstofgehalte van het blad.

FIG. 88. *Yield (in % of the average) versus the Ncontent of the leaf (abscissa)*

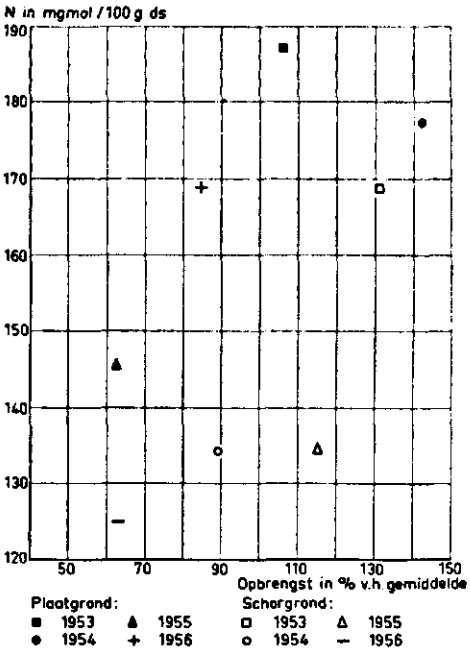


FIG. 89. De relatie van de oogst van enkele stikstofbemestingsproefvelden, in % van het gemiddelde per proefveld, met het stikstofgehalte van het blad.

FIG. 89. *Nitrogen content of the leaf versus yield (in % of the average)*

baar aan de lichte bladkleur, maar er is op het oog moeilijk een goede scheiding te maken tussen gevallen met een nog juist onvoldoende en een voldoende stikstofgehalte van het blad. De chemische bladanalyse geeft een veel minder aanvechtbare maat voor het stikstofgebrek dan een beoordeling op het oog, zoals deze bij de andere voedingsziekten is uitgevoerd.

Het gehalte aan stikstof in het blad leek – zie b.v. het oudere onderzoek van LUNDEGÅRDH, 1951 – een goede aanduiding voor het voorkomen van dit gebrek, omdat het weinig interacties van andere elementen blijkt te ondergaan. Het totaal-stikstofgehalte blijkt, evenals de bladkleur goed gecorreleerd te zijn met het chlorophyl-gehalte van het blad, dus met het assimilerend vermogen van de plant – BOYNTON, Ch. II uit TRUOG, 1951.

BOYNTON wijst er in de genoemde publicatie op, dat de grootte van de oogst als maatstaf voor het effect van de stikstofbemesting voor bedenkingen vatbaar is. Vooral bij hoge stikstofgiften, waarbij de oogst weinig meer toeneemt, wordt de kleur van de vruchten minder aantrekkelijk en blijkt ook de bewaarbaarheid van de winterrassen te verminderen. Dit laatste wordt van verschillende zijden bevestigd – HILL, 1952, REPORT D.S.I.R. DITTON LAB, 1955/1956 en hier te lande enkele malen in stikstofbemestings- en bodembehandelingsproefvelden, indien een zeer hoog stikstofge-

halte in het blad voorkwam –. Het leek ons dus noodzakelijk, om de grens tussen gevallen met stikstofgebrek en gezonde gewassen, te leggen bij een bladstikstofgehalte dat niet te hoog is.
Met bemestingsproeven vonden BOYNTON c.s., 1950, dat bij een stikstofpercentage van het appelblad groter dan 2,1 à 2,2% (berekend op de drogestof) de opbrengst niet toenam; wel nam de groei en de bladgrootte van de proefbomen nog verder toe bij hogere stikstofgehalten. BEATTIE, 1958, geeft voor dit stikstofpercentage van de appels Winesap en Baldwin 2,1–2,2% in draagjaren, 1,9% in beurtjaren. Bij oudere bomen liggen deze gehalten iets lager. In deze proeven werd het optimale stikstofgehalte zeker nog niet overschreden. CAIN, 1953, noemt een optimaal stikstofgehalte voor appel van 2,0–2,2%. VAN DAM, 1958, zag een toename van de oogst van Cox O.P. wanneer het bladstikstofgehalte tot 2,2% opliep. Bij een bespuitingsproef met ureum – VAN DAM, 1957 – bleek de bespuiting geen succes meer op te leveren bij appelbomen, die een hoger stikstofgehalte in het blad bezaten dan 2,0%. Het rapport van de stikstofbemestingsproeven van de firma St. Gobain in zuid-Frankrijk met de appel Schone van Boskoop geeft een optimaal bladstikstofgehalte van 2,1–2,2% eind juni tot begin juli. WEISZENBORN, 1953, noemt voor noordwest-Duitsland ook een gehalte van 2,2% als optimum voor appel. Het merendeel van de bladmonsters besproken in deze literatuur, werd genomen in de midzomerperiode, waarin het stikstofgehalte tamelijk stabiel is. Meestal is geen rekening gehouden met beurt- en draagjaren, hoewel bekend is dat in beurtjaren het stikstofgehalte doorgaans lager is. Bij hardfruit zal de relatie, die COOK en KISHABA, 1956, voor de druif vonden, dan ook afwezig blijken. Deze auteurs vonden namelijk voor de wijndruif een goede correlatie tussen het bladstikstofgehalte en de grootte van de oogst in de twee volgende jaren.

De gegevens van de langjarige bemestingsproefvelden van de Rijkstuinbouwconsulent voor Zeeland en noordwest-Brabant geven in het algemeen een goede bevestiging van de geciteerde literatuur. De voornaamste uitkomsten van deze proefvelden zijn bewerkt door BEEFTINK, 1955, latere gegevens door BEEFTINK c.s., 1960. De opbrengsten op deze proefvelden blijken niet verder te stijgen, wanneer het stikstofgehalte van het blad van Cox O.P. verder stijgt dan tot 170 mg mol (= 2,2%) in de draagjaren – zie fig. 88 –. Ook op deze proefvelden blijkt het stikstofgehalte van het blad hoger te liggen in de draagjaren. Een tendens blijkt aanwezig voor een positieve correlatie tussen het stikstofgehalte van het blad en de grootte van de oogst – fig. 89[1].

De bladstikstofgehalten van andere rassen[2], zullen bij een optimale stikstofvoorziening op een ander niveau kunnen liggen, dan dat van Cox O.P. Het voorlopig onderzoek en gegevens van anders auteurs leerden, dat het stikstofgehalte van pereblad aanmerkelijk lager ligt dan van appel, dat van de pruim iets lager en van de perzik hoger.

[78]

3.2.4.2. *De chemische toestand van de grond bij het optreden van stikstofgebrek*

Nauwe betrekkingen tussen het totale stikstofgehalte van de grond en het stikstofgehalte van de plant zijn meestal niet gevonden. GERRITSEN, 1941, kon bij fruit alleen waarnemen, dat de bladstand van zijn appelpercelen minder goed was bij lage N-totaal cijfers van de grond.

[1] In een volgende publikatie zal deze relatie uitvoeriger besproken worden. Het bladstikstofgehalte blijkt in belangrijke mate bepaald te worden door de grootte van de oogst .Wanneer voor de grootte van de oogst wordt gecorrigeerd, blijkt de stikstofvoeding van het fruitgewas echter nog duidelijk gecorreleerd met de bodembehandeling.

[2] Deze worden behandeld in een volgende publikatie.

Het gehalte aan gemakkelijk opneembare stikstofverbindingen in de grond vertoont een betere samenhang met het stikstofgehalte van de plant. PIJLS en VAN DER BOON, 1952, vonden een toename van het stikstofgehalte in het appelblad, wanneer de voornaamste bewortelde laag middenin de zomer een hoger nitraatgehalte bezat. Hogere gehalten dan 10 dpm (Morgan's extract 1:2½) hadden geen verdere toename van het stikstofpercentage in het blad tot gevolg.
De bodemstructuur heeft ook veel invloed op de groei en de bladstand. Het is aldus niet verwonderlijk, dat BAKER, 1936, vaststelde, dat ondanks een lager nitraatgehalte van de grond onder gras, de bomen door de verbeterde structuur toch forser groeiden en beter produceerden dan in zwarte grond.
Het sterk wisselend peil van het nitraatgehalte in de grond – zie 3.1.2. – maakt het niet gemakkelijk, om een norm op te stellen voor een optimale stikstofvoorziening voor de plant. De hoeveelheid ammoniak in de grond lijkt meestal te gering in goede cultuurgronden, om naast het nitraatgehalte een grote rol te spelen bij de stikstofvoorziening. Alleen tijdens korte perioden na een bemesting met ammoniak-bevattende meststoffen bleek er, bij een intensieve bemonstering van bemestingsproefvelden, meer dan enkele dpm NH_4 in de bouwvoor aanwezig te zijn.
De vochttoestand van de grond speelt een grote rol bij de werking van de stikstof in de grond. Zowel wateroverlast als droogte geeft stikstofgebrek – o.a. FRANC DE FERRIÈRE, 1950 –.

Op een te natte grond kon met een hoge nitraatbemesting het nadelige effect van de vochttoestand op de groei van mais niet gecompenseerd worden – STALHEVET en ZWERMAN, 1958 –. Volgens BAIN en CHAPMAN, 1940, zou het zuurstoftekort in natte grond namelijk door een nitraatbemesting verminderd kunnen worden. SHIVE, 1941, nam ook waar, dat bij anaerobie ammoniak in lagere concentraties dan nitraat giftig was voor de plant.
Bij de behandeling van de vochttoestand van de bovengrond – 2.2.1.4. [21] – is reeds gewezen op de activering van de stikstofopname in een goed vochtige bovengrond.

De begroeiing van de grond in boomgaarden kan ook van grote invloed zijn bij de stikstofvoorziening. Bij de bespreking van de bodembehandeling is daar reeds op gewezen – 2.2.2. –. Een begroeiing, vooral gras, kan een snelle daling van het nitraatgehalte in de grond veroorzaken – HARMSEN, 1957 –.

Er zijn verschillende voorbeelden uit de fruitteelt bekend van de nadelige invloed van de onder groei op het bladstikstofgehalte en op de groei van de vruchtbomen. BOULD en JARRETT, 1956, toonden hogere stikstofgehalten van het appelblad aan in deze volgorde: onderteelt van engelsraaigras, thimoteegras, straatgras, witte klaver en zwartgehouden grond. Ook in de klaverbegroeiing lag het stikstofgehalte van het blad nog 0,1 à 0,2% lager dan in zwarte grond. Dit is door ons ook enige malen waargenomen. LYON c.s., 1925, namen een veel lager nitraatgehalte van de grond waar in een jonge aanplant in gras. De groei van de bomen in gras was aanmerkelijk slechter, dan in zwarte grond. Het was opmerkelijk en door LYON c.s., niet verklaard, dat de groei van het gras object met de hoogste stikstofbemesting nog niet gelijk was aan de groei op het veldje zonder begroeiing en bemesting, terwijl het nitraatgehalte in het bemeste grasveldje hoger was dan in de zwarte grond zonder bemesting. De uitdroging van de bovengrond en bij gevolg een slechte nitraatopname, is daarvoor ons inziens de oorzaak – zie [21] –. Naast de stikstofconcurrentie moet ook steeds rekening gehouden worden met een mogelijke afscheiding van toxische-, of remstoffen door gras en andere planten uit de ondergroei – PICKERING, 1917, GRUEMMER, 1955, GUYOT, 1951, en MOSER, 1951–. Het bestaan van deze stoffen is nog niet overtuigend aangetoond. RICHARDSON

1953, die de concurrentie van engelsraai met esdoornwortels naging, wilde naast een stikstofconcurrentie van het gras de werking van toxinen ook niet verwaarlozen.

De invloed van de gevreesde stikstofvastlegging in de grond onder stikstofarme mulches blijkt, vooral indien de mulch niet extreem arm aan stikstof is, in boomgaard vaak mee te vallen. Verschillende auteurs meldden, dat het stikstofgehalte van het blad en de stand van de bomen na enkele jaren weer op peil was of verbeterde – BOYNTON en ANDERSON, 1956, SHAW en SOUTHWICK, 1936.

Uit het materiaal van de reeds genoemde bemestingsproefvelden in Zeeland kon evenmin een relatie tussen opbrengst en het stikstof-totaalgehalte van de grond vastgesteld worden.

Het nitraatgehalte van de grond 0–40 cm diep, gemiddeld over de maanden mei t/m juli bleek in 1955 en 1956 boven 10 à 15 d p m NO_3 geen verband met de grootte van de oogst te vertonen – fig. 90 –. Tot een gehalte van 10 à 15 d p m N bleek de oogst toe te nemen in die jaren. Het is gebleken, dat het bladstikstofgehalte een betere maat voor het producerend vermogen van een boom is dan het gemiddeld nitraatgehalte van de grond, dat bovendien met veel meer moeite vastgesteld moet worden. De grootte van de bemesting is nog veel moeilijker in relatie te brengen met de grootte van de oogst, dan het nitraatgehalte van de bodem, of het stikstofgehalte van het blad – vergelijk fig. 91, 90 en 88 –.

3.3. DE OORZAKEN VAN DE CHEMISCHE TOESTAND VAN HET BLAD EN VAN DE GROND.

[79]

3.3.1. FACTOREN DIE INVLOED UITOEFENEN OP DE CHEMISCHE TOESTAND VAN HET BLAD

Een vergelijking van de chemische toestand in de plant (i.c. in het blad) met de chemische toestand van de grond heeft tot de opstelling geleid van verscheidene theoriëen over de opname van voedingselementen door de plant. Vooral twee eigenaardigheden bij de ionen-absorptie hebben de aandacht getrokken:

1e. De uiteindelijke concentratie van ionen in het celsap is veel hoger dan in de bodemoplossing.

2e. De verhouding tussen de ionen concentraties in het celsap en in de bodemoplossing is zeer verschillend. Vooral de meerwaardige ionen zijn ten opzichte van de ionen met een lagere valentie relatief slecht vertegenwoordigd in het celsap.

De meest gangbare theorieën over de ionenabsorptie werden in de recente tijd onder andere besproken door BANGE, 1956, GAUCH, 1957, MEHLICH en MC DRAKE CH. 10 in BEAR, 1955, GROBLER, 1959.

De theorie van LUNDEGÅRDH ziet de anionen-opname gekoppeld aan een levensproces van de plant (de anionenademhaling), waarbij energie wordt verbruikt, koolzuur wordt afgegeven en anionen worden opgenomen door de wortels. De kationenopname wordt volgens hem veroorzaakt door het elektrisch potentiaal verschil tussen de wortelwand en het milieu.

Volgens de theorie van STEWART is de ionenopname gekoppeld aan het assimilatieproces in de plant.

De nieuwere theorie neemt aan, dat er bepaalde specifieke chemische verbindingen („carriers") in de membranen van de wortelwand aanwezig zijn, die de opname en het transport naar binnen verzorgen van een bepaald ion of van enkele nauw verwante ionen.

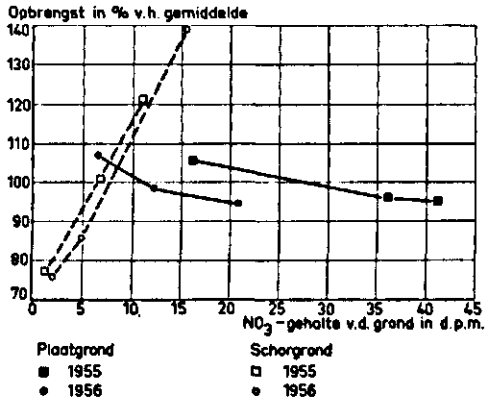


FIG. 90. De oogst, in procenten van het vierjaarlijkse gemiddelde van enkele stikstofbemestingsproefvelden, in afhankelijkheid van het nitraatgehalte van de grond.

FIG. 90. *Yield (in % of the average) versus NO_3 content of the soil.*

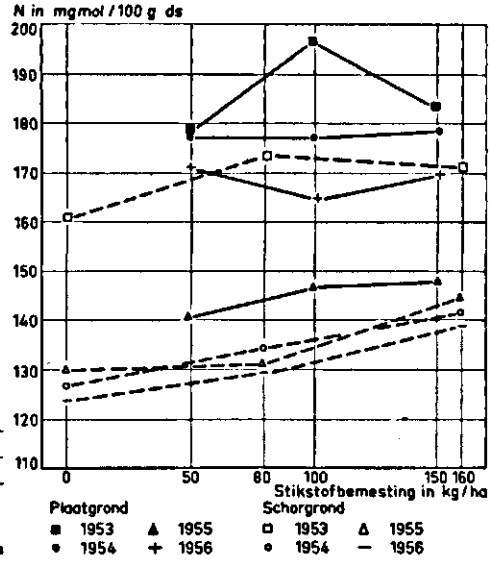


FIG. 91. De invloed van de stikstofbemesting op het stikstofgehalte van het blad.

FIG. 91. *Nitrogen content of the leaf versus nitrogen dressing (kg N/ha)*

Er zijn verschillende verschijnselen bij de ionenopname aan te wijzen, die volgens GAUCH, zowel voor een specifieke adsorptie aan een niet gedifferentieerde wortelwand pleiten, als voor een actieve soort-specifieke ionenopname door middel van carriers. Wij willen in deze verhandeling niet verder op de processen rondom de ionenabsorptie en het transport van de ionen binnen de plant in gaan. Omdat het eerste proces van de ionenopname zo sterk door de samenstelling van de grond beïnvloed wordt, zullen wij daar wel enige aandacht aan besteden. Een overzicht van de huidige inzichten geven WIKLANDER CH 7 in BEAR, 1955 en GROBLER, 1959.
Het adsorptieproces kan wiskundig worden beschreven door de formules van:

Freundlich $$\frac{x}{m} = k_1 c_1^{\frac{1}{n}}$$

en Langmuir $$x = \frac{k_2 c_1}{1 + k_2 c_1} A$$

Bij aanwezigheid van meer adsorbeerbare stoffen en een adsorbens moet de formule van Langmuir worden uitgebreid tot:

$$x = \frac{k_2 c_1 A}{1 + k_2 c_1 + k_3 c_2 + k_4 c_3}$$

x = de hoeveelheid geadsorbeerde stof x
m = de hoeveelheid adsorbens
A = de maximaal te adsorberen hoeveelheid stof
c_1 etc. = de concentratie van de geadsorbeerde stof in het omringende milieu n, k_1, k_2, k_3 zijn constanten.
Wanneer deze formules worden gebruikt bij het proces van de ionenabsorptie bleek het, dat voor de verschillende ionen zeer uiteenlopende constanten in de formules moesten worden ingevoerd.

– BRAY, 1942, en MEHLICH, 1946 –. Door de invoering van verschillende constanten werd de selectie, die de plant bij de ionenopname toepast, echter niet verklaard. Deze selectie kan eenvoudig weergegeven worden door de selectiecoëfficiënt – zie SCHUFFELEN, 1946 –.

$$S_{M_1/M_2} = \frac{C_{i_{M_1}}}{C_{i_{M_2}}} \Big/ \frac{C_{o_{M_1}}}{C_{o_{M_2}}}$$

$C_{i_{M_1}}$ = de concentratie van ion M_1 in de plant

$C_{o_{M_1}}$ = de concentratie van ion M_1 in de buitenoplossing (= bodem) etc.

Door de invoering van actieve concentraties – zie SCHUFFELEN, 1946, MARSHALL en UPCHURCH, 1950, 1953, – konden de selectiecoëfficiënten meer op eenzelfde peil gebracht worden, maar een flinke selectiviteit van de plant blijft aanwezig – SCHUFFELEN, 1946, 1954 –. Naarmate een element minder goed in de bodem vertegenwoordigd is, wordt de plant selectiever ten opzichte van dat element. Het antagonisme van de voedingselementen blijkt zich, ondanks het selecterend vermogen van de plant, bij de ionenopname toch af en toe te demonstreren door het optreden van voedingsziekten. De plant is dus beperkt in zijn selectief vermogen.

LUNDEGÅRDH, 1951, wijst ook op het bestaan van een vals antagonisme, dat ontstaat indien de groei van de plant door het toedienen van element A zo sterk toeneemt, dat de concentratie van element B als het ware verdund wordt.

De theorie van het DONNAN-evenwicht is gebruikt om een voorstelling te geven van het ontstaan van de verschillen in de opname van ionen met een verschillende valentie. Dit beeld is in overeenstemming met verschillende feiten, die bij de ionenabsorptie zijn waargenomen – MATTSON, 1948, MATTSON en LARSON, 1944, SCHUFFELEN, 1946, WIKLANDER en ELGABALY, 1955 –.

Volgens deze theorie geldt:

$$\frac{M'}{M_o'} = \frac{(M_i'')^{1/2}}{(M_o'')^{1/2}} = \frac{(M_i''')^{1/3}}{(M_o''')^{1/3}} = \frac{A_o'}{A_i'} = \frac{(A_o'')^{1/2}}{(A_i'')^{1/2}} \text{ etc.}$$

M_i' = concentratie aan een eenwaardig kation in de plant (in de „outer space", binnen de wortelzone etc.)

M_i'' = de concentratie aan een tweewaardig kation in de plant

M_i''' = de concentratie aan een driewaardig kation in de plant

M_o' = de concentratie aan een eenwaardig kation in de buitenvloeistof (buiten de membraan etc).

M_o'' = concentratie aan een tweewaardig kation in de buitenvloeistof

A_o' = concentratie aan een eenwaardig anion in de buitenvloeistof

A_i' = concentratie aan een eenwaardig anion in de plant etc.

Een verhoging van de concentratie, bijvoorbeeld in de vloeistof buiten de semi-permeabele wand van de wortel, heeft volgens de formule bij een meerwaardig ion dus een veel kleiner effect op de verhouding tussen de ionen met een verschillende valentie, dan de concentratie verhoging van een eenwaardig ion.

Overeenkomstig deze theorie blijkt bij experimenten, dat het ionen-antagonisme blijft bestaan, indien de verschillende ionen aan aparte delen van het wortelstelsel worden toegevoerd. – NELSON en MC BRADY, 1953 –, of wanneer de plantewortels geen direct contact met de grond maken – BROWN en NOGGLE, 1955 –.

Bij een verdere uitwerking van deze theorie – MATTSON, 1948, SCHUFFELEN en MIDDELBURG, 1953, volgt, dat ook de kationen-uitwisselingscapaciteit van het adsorbens (de R-waarde) van groot belang is. Indien deze R ten opzichte van de „buiten concentratie" (de concentratie aan voedingselementen achter het membraan, in de buitenvloeistof) hoog is, zal bij evenwicht een relatief klein aantal meerwaardige ionen in de buitenvloeistof aanwezig zijn.

ERIKSON, 1952, leidt uit het Donnan-evenwicht de volgende formule af:

$$\frac{(M_i')^2 \times (M_o'') \times X}{(M_o')^2 \times (M_i'') \times (\Sigma M_i)} = K$$

M_i' = concentratie aan een eenwaardig ion in de „binnenvloeistof"; dicht bij de wortelwand of het bodemdeeltje, binnen de semipermeabele wand gedacht.
M_i'' = concentratie aan een tweewaardig ion in de „binnenvloeistof"
M_o' = concentratie aan een eenwaardig ion in de „buitenvloeistof"; in de bodemoplossing, buiten de semi-permeabele wand gedacht.
ΣM_i = som van de concentraties van de elementen in de „binnenvloeistof"
K = constante
X = ladingsdichtheid.
Volgens ERIKSON bestaat er veelal een goede paralleliteit tussen de kationen-uitwisselingscapaciteit en deze X-waarde.

Deze formule blijkt veel overeenkomst te vertonen met oudere, empirisch gevonden, adsorptieformules. Met deze formule wil ERIKSON dus een brug slaan tussen de empirie en de Donnan-theorie Voor de plantenvoeding houdt de Donnan-theorie het volgende in:

1. Veranderingen in de concentratie van eenwaardige ionen in het bodemvocht worden veel sterker merkbaar bij de plantenvoeding, dan veranderingen in de concentratie van de tweewaardige ionen b.v. $\frac{K_i}{K_o} = \frac{(M_{g_i})^{1/2}}{(M_{g_o})^{1/2}}$

   K_i = concentratie aan kalium in de „binnenvloeistof" (in de plantenwortel)
   K_o = concentratie aan kalium in de „buitenvloeistof" (in de bodemoplossing)
   De ionen zullen door de plant uit de „binnenvloeistof" geabsorbeerd worden.
2. Bij een bodemcomplex met een relatief hoge kationen-uitwisselingscapaciteit, veelal in de zwaardere gronden die meer kleimineralen met een hoge adsorptiecapaciteit bezitten zal, de bodemoplossing relatief minder tweewaardige ionen bevatten. – ECK c.s., 1957, MEHLICH en REED, 1948–. Ook bij het werk met ionen-uitwisselaars met een verschillende kationen-uitwisselingscapaciteit is dit bevestigd – BROWN, 1953, TEPE en LEIDENFROST, 1956 –.
3. Een plantenwortel met een relatief grote kationen-uitwisselingscapaciteit zal relatief meer tweewaardige ionen aan de bodemoplossing kunnen onttrekken. Dicotylen en eiwit-(dus stikstof) rijke-planten bezitten in het algemeen een hogere kationen-uitwisselingscapaciteit – Mc DRAKE c.s., 1951, HELMY en ELGABALY, 1958, McLEAN en ADAMS, 1954 –. BOYNTON en COMPTON, 1944, merkten op, dat overeenkomstig het gestelde, na een stikstofbemesting het kaligehalte daalt, terwijl het magnesium en calciumgehalte van de planten steeg. McLEAN c.s., 1956, namen bij planten, gekweekt in voedingsoplossing, waar, dat deze na een stikstofbemesting wortels met een hogere kationen-uitwisselingscapaciteit verkregen. Mc LEAN en ADAMS, 1954, hadden reeds voordien vastgesteld, dat in een watercultuur de planten meer tweewaardige ionen ten opzichte van de eenwaardige opnamen na een stikstofbemesting.
4. Wanneer de bodemoplossing geconcentreerder wordt (ten opzichte van de kationenuitwisselingscapaciteit van de plantenwortel) neemt de plant meer tweewaardige en minder eenwaardige ionen op. Dit effect van de vochttoestand van de grond komt in wezen op hetzelfde neer als hetgeen in het voorgaande punt is besproken. Verschillende auteurs vermeldden dan ook, dat na een irrigatie minder kaligebrek optrad – JACOB c.s., 1949, bij aardappel, LILLELAND, 1932, bij pruim; VAN DER PAAUW, 1957 en BREEMHAAR, 1956, vonden een grotere kalibehoefte van aardappels in een droog seizoen. POUWER, 1956, schreef een heviger optreden van kaligebrek in fruit toe aan droge voorzomers. PIJLS en VAN DER BOON, 1952, namen waar, dat de K/Mg-verhouding bij fruit in droge profielen lager ligt. Ook in de oudere proeven met granen van LUNDEGÅRDH, 1951, is dit vochteffect vaak waargenomen.

Of de ionenverdeling rondom de bodemdeeltjes en rondom de plantenwortels in feite zo zal zijn als de theorie volgens het Donnan-evenwicht poneert, is zeker voor systemen met een flinke verdunning van het adsorbens aan twijfel onderhevig – BOLT en PEECH, 1953 –. Een verdeling volgens de theorie van GOUY – zie BOLT, 1955 –, lijkt aannemelijker. Ten opzichte van de adsorptie van ionen met een verschillende valentie volgens de Donnan-theorie zal deze benadering van de adsorptieverschijnselen volgens SCHUFFELEN en BOLT, 1959, kwalitatief tot dezelfde resultaten leiden.

Behalve bovengenoemde kritiek op de Donnan-theorie is de waarde van deze opvatting verminderd nu de theorie van de carriers zo sterk op de voorgrond komt. De aanwezigheid van carriers in een plant, die een binding met een of enkele ionen kunnen aangaan, vertroebelt het valentie-effect, dat in de Donnan-theorie zo sterk op de voorgrond staat. Deze carrier-theorie geeft ook een aannemelijke verklaring voor het feit, dat tussen ionen met dezelfde valentie verschillen in de opname voorkomen. – GROBLER, 1959 –.
Ondanks deze bezwaren blijkt voor een eerste benadering van de verklaring van de waargenomen verschijnselen de Donnan-theorie bruikbaar te zijn. Om deze reden is ze door ons meermalen aangehaald, hoewel ze in wezen geen verklaring voor alle verschijnselen geeft.

Naast de moeilijke activiteitsbepaling bij de afzonderlijke ionen staat de vraag, welke extractie van de bodem de beste afspiegeling geeft van de ionenactiviteit in de bodemoplossing. Ook hier te lande gaan er stemmen op, om in plaats van met een extract van de bodem de ionenabsorptie te gaan bestuderen met als uitgangspunt de ionenverhouding aan het bodemcomplex. Soms gaf de ionenconcentratie in de plant een betere correlatie te zien met de ionenverhoudingen aan het complex, dan met de absolute hoeveelheid in de grond; alleen indien sterke antagonismen optraden, bleek er geen correlatie te bestaan – NEARPASS en DROSSDOFF, 1952. TITUS en BOYNTON, 1953, vonden, dat de correlaties van de kali-magnesium- en calciumgehalten in het blad met de concentraties in het Morgan's extract van de grond, hoewel niet hoog, toch beter waren dan met de uitwisselbare hoeveelheden van deze ionen aan het bodemcomplex. Het laatste lijkt ons redelijk, omdat de concentratie van een ion in het licht zure extractiemiddel een betere afspiegeling van de ionenactiviteit in de bodemoplossing zal geven, dan de bepaling van de totale uitwisselbare hoeveelheid van een ion.

3.3.1.1. *Factoren die invloed uitoefenen op het optreden van magnesiumgebrek*

De fysische toestand van de bodem

[80] *De waterhuishouding van de bodem.* Door verschillende onderzoekers is gewezen op het teruglopen van de diffusie van ionen in een uitdrogende grond. DEAN en GLEDHILL, 1956, vonden, dat de gediffundeerde hoeveelheid fosfaat nagenoeg evenredig was met het vochtgehalte van de bodem. KLUTE en LETEY, 1958 namen waar, dat de verplaatsing van Rb Cl tot 1/10 terugliep indien de vochtspanning van 20 à 40 cm waterkolom opliep tot 50 à 110 cm. WIERSUM, 1958, nam een soortgelijke reactie waar bij de ^{86}Rb-opname door bonenwortels. SOKOLOW, 1956, waagde zich zelfs aan de generalisatie, dat bij toenemende droogte de afname in de beweeglijkheid van een ion groter is, naarmate de beweeglijkheid van het betreffende ion kleiner is. Zo zou verklaard kunnen worden, dat magnesiumgebrek in een droge tijd soms ernstiger optreedt – LJONES, 1954 –. Naast deze algemene teruggang in de ionenverplaatsing naar de plantewortel tijdens droogte, staat de invloed van de toenemende ionenconcentratie in het bodemvocht op de adsorptie van de ionen door de plant. Overeenkomstig de ionenverdeling volgens de Donnan-theorie zal de activiteit van de eenwaardige ionen ten opzichte van de tweewaardige ionen toenemen bij een afnemende ionenconcentratie in het bodemvocht; tijdens een natte periode zal de plantewortel relatief meer kalium ten opzichte van magnesium worden aangeboden, tijdens een droge periode relatief meer magnesium ten opzichte van kalium. Dit is in overeenstemming met het heviger optreden van magnesiumgebrek in natte jaren. Uit de vochttrappenproeven met vruchtboomonderstammen – behandeld in [17] – bleek ook dat de K/Mg-verhouding in het blad toeneemt, indien de grond vochtiger werd ge-

houden – tabel 5 en 12 –. Deze verhouding in het blad kon wel het drie- à viervoudige bedragen in de potten met nat gehouden grond, ten opzichte van de verhouding in de droog gehouden grond. Uit de vochttrappen-periodenproef – behandeld in [20] – blijkt, dat vooral de vochttoestand in de voorzomer van invloed is bij het optreden van hogere K/Mg-verhoudingen – tabel 12a, b en c –. Ook dit stemt overeen met de reeds genoemde ervaringen over het optreden van magnesiumgebrek in de fruitteelt.

Een complicatie bij de waardering van de bladanalyse bij onze potproeven mag niet ongenoemd blijven. Doordat de potten onder glas, wel in de open lucht maar afgeschermd tegen de regen, waren opgesteld, zal het kaligehalte wat hoger zijn opgelopen dan in het veld het geval zou zijn. Op de uitspoeling van elementen uit het blad is in de laatste tijd herhaalde malen gewezen – DALBRO, 1955, KINGLEY, 1957, TUKEY en AMLING, 1958 – vooral kalium spoelt uit, magnesium weinig of niet.

Bij zeer hoge vochtgehalten van de grond blijkt de kaliopname weer gehinderd te worden. Dit is ook een oude ervaring van fruittelers met boomgaard op te natte gronden – LILLELAND en BROWN, 1941, geven een soortgelijke waarneming bij perzik, FRANC DE FERRIERE, 1950, bij de druif. DANIELSON en RUSSELL, 1957, geven een parallel met de ^{86}Rb-opname door maïs, die bij minder dan 6 à 10% zuurstof sterk ging teruglopen. Bij een hoog koolzuurgehalte van de grond, hetgeen in natte gronden vooral voorkomt, kan kalium zelfs door de wortels uitgescheiden worden - CHANG en LOOMIS, 1945 –.

Een groot deel van de spreiding van de punten met zieke en gezonde gevallen aan weerszijden van de scheidingslijnen bijv. in figuur 86 is dus verklaarbaar uit de invloed van de vochttoestand van de grond, die bij een gegeven K/Mg-verhouding in de bodem een sterke verschuiving van deze verhouding in het blad teweeg kan brengen.

[81] *Het percentage humus en afslibbare delen van de grond.* Volgens het beeld van de ionen-adsorptie overeenkomstig de Donnan-theorie zal in de bodemoplossing de hoeveelheid tweewaardige ionen ten opzichte van de hoeveelheid eenwaardige afnemen, als de kationen-uitwisselingscapaciteit van de grond toeneemt. Het laatste is het geval indien de kationen-uitwisselingscapaciteit van de kleimineralen hoger en het slibgehalte of het humusgehalte van de grond hoger zijn. De hoeveelheid geadsorbeerde tweewaardige ionen zal onder deze omstandigheden groter zijn ten opzichte van de eenwaardige – CASTENMILLER, 1951 –.

NISHITA c.s., 1956, kregen, na toevoeging van organische stof aan de grond, bij tomaat een betere mineralen-opname, vooral van eenwaardige ionen.
SLUIJSMANS, 1953, vond ook, dat in een humusrijkere grond een hoger magnesiumgehalte nodig is, wil magnesiumgebrek voorkomen worden. FERRARI en SLUIJSMANS, 1955a, konden bij haver echter geen invloed van het humusgehalte bij het optreden van magnesiumgebrek vaststellen.
Wanneer VENEKAMP en RIS, 1953, waarnemen, dat aardappel op zware grond een hogere kalibemesting vraagt, lijkt dit met de bovenstaande theorie in strijd. Zware gronden bezitten echter van nature een relatief grotere reserve aan magnesium (dit volgt eveneens uit de ionenactiviteiten volgens de Donnan-theorie, zodat voor een goed evenwicht in de plantenvoeding met meer kalium bemest zal moeten worden.

Uit de verzamelde gegevens van onze proefplekken volgt, dat bij een stijging van het

slibgehalte van de grond de „maximale K/Mg-verhouding" in de grond een daling te zien geeft. Bij < 10 % slib (deeltjes kleiner dan 0,016 mm), 10–20 %, 20–30 en 30–50 % bedraagt deze verhouding resp. 1,65, 0,8, 0,75 en 0,6. Nu zijn slibrijke gronden in het algemeen ook kalkrijker. Omdat er evenwel een lagere „maximale K/Mg-verhouding" optreedt in de nagenoeg even kalkrijke zware zavels ten opzichte van de lichte zavels, mag het bovenstaande toch als tendens aangehouden worden.

Bij de vaststelling van de „maximale K/Mg-verhouding" zal dus ook enigszins met het humus en slibgehalte van de grond rekening moeten worden gehouden. Voor een zwaardere en humusrijkere grond wordt de „maximale K/Mg-verhouding" van de grond lager.

[82] *De chemische toestand van de grond*

De factoren, die beschreven werden onder de chemische toestand van de grond, zijn nog apart bestudeerd als mogelijke oorzaken voor het optreden van magnesiumgebrek. In de eerste plaats is de opname van kalium, magnesium en calcium uit de bodem door de plant nagegaan. Aan de hand van het materiaal uit de proefplekken in boomgaarden is de relatie tussen de concentraties van deze elementen in de grond en in het blad bepaald. In het algemeen neemt het gehalte aan een element in het blad toe als de bodem er rijker aan is – fig. 92, 93 en 94 –, alleen bij calcium kan nauwelijks van een toename in het blad gesproken worden bij een toenemende bodemrijkdom aan dit element. Voor het verband tussen de gehalten aan kalium en magnesium in de grond en in de plant zijn vereffeningslijnen berekend – zie fig. 92 t/m 95 en tabel 60 –. Hierbij is aangenomen, dat de opname verloopt volgens de adsorptie-formule van Freundlich.
Er blijkt een aanmerkelijke spreiding op te treden in de ligging van de punten rondom de vereffeningslijnen. Dit is te verwachten. De reeds behandelde fysische toestand van de grond zal een verschuiving van de punten in vertikale richting kunnen veroorzaken. Ook is het effect van de toegepaste bemesting op de verschillende plekken uiteenlopend. FERRARI en SLUIJSMANS, 1955b, vonden b.v., dat het magnesium uit de bemesting minder effectief was, dan het magnesium dat reeds in de bodemvoorraad was opgenomen; het omgekeerde gold echter voor kalium. Ook de interacties tussen verschillende elementen zullen de spreiding van de punten om de vereffeningslijnen veroorzaakt hebben. Hierop wijzen ook de kleinere fouten, die kleven aan de constanten van de vereffeningslijn voor de verhouding van K/Mg in blad en in de grond, – fig. 95 – vergeleken met de fouten aan de vereffeningslijnen voor de opname van kalium en magnesium afzonderlijk.
Het steile verloop van de vereffeningslijn voor de K/Mg-verhouding in het blad en in de grond lijkt niet plausibel, omdat de helling van de vereffeningslijn voor kalium aanmerkelijk vlakker en voor magnesium bijna even steil verloopt. Daar de kalium- en magnesiumgehalten in de grond niet onafhankelijk zijn, is het verloop van de vereffeningslijn echter wel te verklaren. Bij een toenemend kaliumgehalte van de grond neemt veelal het magnesiumgehalte af. Deze situatie zal in het volgende bij verschillende elementen worden aangetroffen.

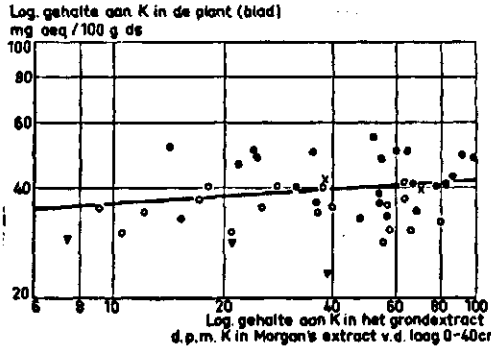


FIG. 92. De verhouding tussen de hoeveelheid kalium in de grond en in het blad bij Cox O.P. op M II, M XVI e.a. (zonder M IX). Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 92. *Log of the potassium content of the leaf (ordinate) versus log of the potassium content of Morgan's soil extract (abscissa). For explanation of signs see fig. 81.*

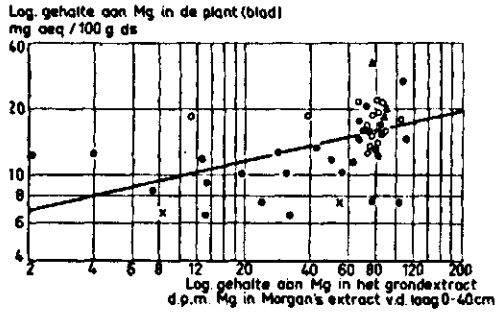


FIG. 93. De verhouding tussen de hoeveelheid magnesium in de grond en in het blad Cox's O.P. op M II, M XVI e.a. (zonder M IX). Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 93. *Log Mg content of the leaf versus log Mg_{MV} (compare fig. 92).*

FIG. 94. De verhouding tussen de hoeveelheid calcium in de grond en in het blad. Jonathan op M XVI e.a. Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 94. *Log Ca content of the leaf versus log Ca_{MV} (compare fig. 92).*

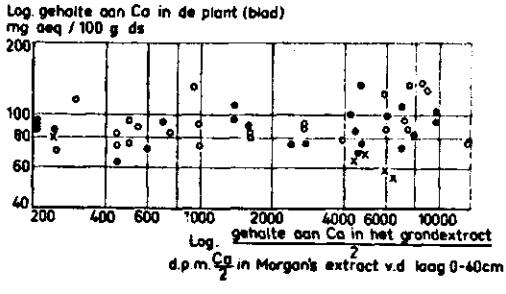


FIG. 95. De betrekking tussen de kalium/magnesiumverhouding in de grond en in het blad. Cox O.P. op M II, M XVI e.a. (zonder M IX). Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 95. *Log K/Mg ratio in the leaf versus log K_{MV}/Mg_{MV} ratio in soil extract (compare fig. 92).*

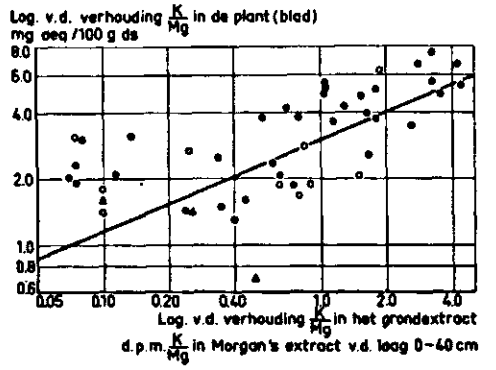
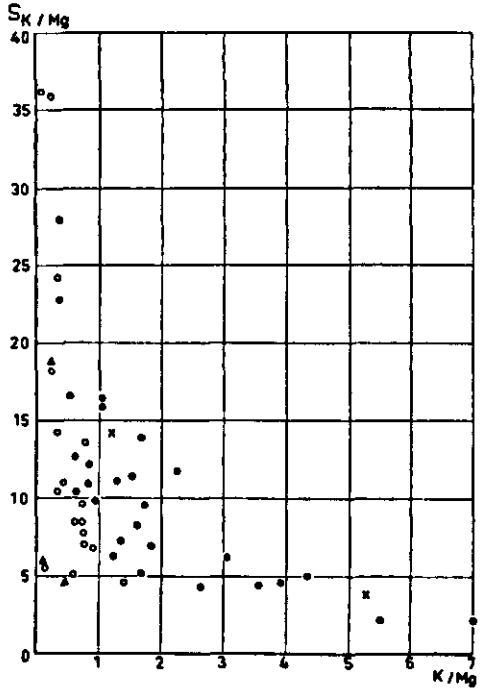


FIG. 96. De invloed van de kalium/magnesiumverhouding in de grond (0-40 cm diep) op de selectie-coëfficiënt. $S_{K/Mg}$. Cox O.P. op M II, XVI e.a. Voor legenda zie fig. 81.

FIG. 96. *Selectivity of Cox O.P./M II e.o. in the uptake of K and Mg. Ordinate: selectivity coefficient* $= \frac{K\ plant}{K\ soil} \times \frac{Mg\ soil}{Mg\ plant}$
Abscissa: K/Mg ratio in Morgan's soil extract N.B. For explanation of signs see fig. 81.



Ook de selectiviteit van de plant is verder een oorzaak voor de afwijking van de punten vanaf de vereffeningslijnen, vooral bij lage en hoge gehalten in de grond. De selectiecoëfficiënt van kalium ten opzichte van magnesium ($S_{K/Mg}$) is voor Cox. O.P. op MII en XVI, evenals voor Jonathan op M XVI berekend voor verschillende K/Mg-verhoudingen in de grond – zie bijv. fig. 96 –. De K/Mg-verhouding loopt in de plant sterk op, indien de verhouding in de bodem sterk daalt en omgekeerd.
Wegens de geringe reactie van de calciumgehalten in de plant op de calciumgehalten in de bodem is er vanaf gezien, om de selectiecoëfficiënten van kalium en magnesium ten opzichte van calcium te berekenen.
Het is opvallend, dat de stukken die de vereffeningslijnen in de figuren 92 t/m 95 van de ij-as afsnijden bij lage waarden van de hoeveelheid op de x-as, hoeveelheden kalium of magnesium of een verhouding van kalium-magnesium voorstellen, waar beneden er vrijwel steeds resp. kaligebrek, magnesiumgebrek en kaligebrek optreedt. Blijkbaar „streeft" de plant naar het bereiken van een minimaal niveau aan deze mineralen, om voedingsziekten te „vermijden".

[83] *De invloed van de kalktoestand.* In [64] werd reeds behandeld, dat de „maximale K/Mg-verhouding" sterk daalt in kalkrijke gronden. Ook is reeds de wet van Loew over het calcium-magnesium-antagonisme vermeld. De rechtstreekse invloed van kalk op magnesiumgebrek vraagt nog om een nadere behandeling, vooral ook omdat een kalkbemesting op de zure gronden als een goed middel tegen magnesiumgebrek

bekend staat – ASKEW en CHITTENDEN, 1958, BEESON c.s., 1944, HUDIG en MEYER, 1918, MULDER, 1956, RIS, 1957, SLUIJSMANS, 1953 –. Enkele auteurs vermelden uitdrukkelijk, dat door bekalking het kaligehalte in de plant daalt – BAVER, 1943 –; vaak door een betere groei van de planten op de bekalkte grond – YORK c.s., 1953 –.
Nu heeft een bekalking tweeërlei gevolgen. Met kalk wordt gewild (bij gebruik van dolomiet mergel b.v.), of ongewild (bij gewone landbouw kalk b.v.) ook een niet te verwaarlozen hoeveelheid magnesium in de grond gebracht – zie onder andere onze potproef, tabel 61 –. Hierdoor wordt de grond rijker aan magnesium. Het is echter de vraag, of door een tweede belangrijke invloed van de bekalking, namelijk de verandering in de zuurgraad van de grond, de opname van het magnesium verbeteren zal, van kali afnemen zal etc.
Uit de gegevens van de proefplekken valt af te leiden – tabel 60 –, dat de kali-absorptie weinig invloed van de kalktoestand ondervindt. Bij de magnesiumopname is de situatie gecompliceerder. Enerzijds wordt bij een hoge kalktoestand van de grond het magnesiumniveau in de plant lager (de constante k in de adsorptie-formule in tabel 60 wordt kleiner), anderzijds neemt de hellingshoek van de vereffeningslijn (de factor p uit tabel 60)voor de verhouding van het magnesiumgehalte in de plant en in de grond, bij hogere calciumgehalten toe. Het resultaat van beide reacties is evenwel een gemiddeld relatief lager magnesiumgehalte in de plant bij een hogere kalktoestand. De K/Mg verhouding in de plant ten opzichte van de verhouding in de grond neemt enigszins toe bij een hogere kalktoestand van de grond. Naast een relatief geringe magnesiumopname is een lagere K/Mg verhouding in de grond bij een hogere kalktoestand hiervan de oorzaak.

De rechtstreekse invloed van een bekalking is in een potproef met appelonderstammen nagegaan – tabel 61 –. Ook uit deze proef volgt, dat er slechts een kleine invloed van de kalk te bespeuren valt bij het optreden van magnesiumgebrek; de K/Mg verhouding in de plant wordt door een bekalking slechts weinig verhoogd, bij een gelijke K/Mg verhouding in de grond.
Nu behoeft dit effect van een bekalking de werking van een hoger kalkgehalte in de grond in natuurlijke toestand nog niet te evenaren. Kalkmeststoffen kunnen kalk bezitten, die in een andere chemische vorm voorkomt en mogelijk andere nevenbestanddelen bevatten. Het resultaat van onze potproef met de kalkbemesting behoeft dus niet in strijd te zijn met het feit, dat bij een hogere kalktoestand van de grond de magnesiumconcentratie in de plant lager is. Uit het onderzoek van BRUIN en TEN HAVE, 1935, 1938, is reeds gebleken, dat het magnesium in kalkrijke zeekleien slecht oplosbaar is. Het magnesium komt in deze gronden grotendeels voor als dolomiet, een calcium-magnesium-carbonaat met een wisselend gehalte aan calcium. Gemiddeld is 20 % van alle carbonaten magnesium-carbonaat. Kalkrijke dolomietverbindingen blijken slechter oplosbaar te zijn dan kalkarme. Dit laatste volgt ook uit een serie oplosbaarheidsbepalingen van magnesium uit enkele natuurlijke en kunstmatige calcium- en magnesium-carbonaatmengsels – tabel 62 –. Hoe meer $CaCO_3$ naast $MgCO_3$ aanwezig is, hoe minder magnesium er oplost. Dit is nog wel het meest uitgesproken bij een nauwe verhouding van de vaste stof en het oplosmiddel, zoals in de grond ook

voorkomt. Naast de hoeveelheid calcium in de dolomiet speelt ook de natuurlijke hardheid van het materiaal en de fijnheid bij de oplosbaarheid een grote rol. Met water als extractiemiddel (waarschijnlijk tijdens de proeven bij kamertemperatuur geheel met koolzuur uit de lucht verzadigd) komt de geringe magnesiumoplosbaarheid van de kalkrijke dolomiet nog het sterkst tot uiting. Deze oplosbaarheid in water is een aanduiding van de slechte beschikbaarheid van magnesium in de kalkrijke gronden. In deze gronden wordt met de gebruikelijke extractiemiddelen waarschijnlijk een te grote hoeveelheid magnesium geextraheerd ten opzichte van de hoeveelheid die in de bodemoplossing aan de plant ter beschikking komt.
Een eigenlijk calcium-magnesium-antagonisme in de grond volgens de wet van LOEW is in ons materiaal dus slechts in beperkte mate aangetroffen.

De werking van kalk en het kalktoestandseffect bij het optreden van magnesiumgebrek op zure zandgronden en kalkrijke kleigronden kan als volgt samengevat worden: Op de zure zandgronden heeft een bekalking een goede werking bij de bestrijding van magnesiumgebrek. Dit wordt veroorzaakt doordat kalk magnesium aanvoert aan een magnesium-arme grond. Het toegevoerde calcium beperkt de activiteit van de H-ionen, waardoor de absorptie van Mg en andere meer-waardige ionen verbetert. Onder bepaalde omstandigheden kan door een verhoogde calciumopname in de plant een calciumgehalte optreden, waarbij deze weinig gevoelig wordt voor magnesiumgebrek (de verhoudingen liggen dan in gebied g in figuur 85). In zure zandgronden komt het magnesium voornamelijk voor als gemakkelijk voor de plant beschikbaar, uitwisselbaar ion; in de vorm van dolomiet komt dit nagenoeg niet voor. Hoewel het magnesiumgehalte van de grond niet hoog is, kan toch nog een vrij hoge „maximale K/Mg verhouding" in de grond geduld worden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat zandgronden droger zijn, zodat de magnesiumactiviteit relatief groter is.
In de kalkrijke kleigronden wordt magnesiumgebrek door een bekalking in veel mindere mate bestreden dan op de zandgronden – in verband met het optreden van ijzergebrek na een bekalking, is ze ook niet aan te bevelen –. Een lichte verhoging van de K/Mg verhouding in de plant na een bekalking kan zelfs voorkomen. De grote natuurlijke voorraad aan magnesium, in de vorm van kalkrijke tot matig kalkarme dolomiet, is slecht voor de plant opneembaar. Deze kleine beschikbare hoeveelheid wordt door de gebruikelijke extracties van de grond waarschijnlijk nog te gunstig voorgesteld. Daar het magnesiumgebrek veelal veroorzaakt wordt door overmaat aan kalium en door de vochtige toestand van de grond, zal een magnesiumbemesting in plaats van een bekalking sneller tot een opheffing van het magnesiumgebrek leiden.

[84] *De invloed van de fosfaat- en stikstoftoestand.* Er bestaat, zoals reeds werd vermeld, een zekere samenhang van het magnesiumgehalte in het blad met het fosfaat- en stikstofgehalte, hoewel deze samenhang niet sterk uitgesproken is. Hier is dus aanleiding voor de vraag, in hoeverre fosfor en stikstof oorzakelijke factoren zijn bij het optreden van het magnesiumgebrek.

In de literatuur zijn er verschillende tegenstrijdige resultaten bekend over de invloed van de fosfaatbemesting op het magnesiumgebrek of de K/Mg verhouding in de plant. De meeste auteurs

geven aan, dat een zware fosfaatbemesting nadelig is bij het optreden van magnesiumgebrek – BINGHAM c.s., 1958, met citrus, EAVES en KELSALL, 1954, met appel, REUTHER c.s., 1948, met citrus –. Deze onderzoekers bemestten de proefplanten echter met superfosfaat, zodat ook kalk aan de grond toegevoegd werd. GRUPPE, 1955, nam echter een daling in de K/Mg verhouding in appelblad waar na een fosfaatbemesting, terwijl HILL, 1952, met appel geen invloed van de fosfaatbemesting en FERRARI en SLUIJSMANS, 1955a, bij haver geen invloed van de fosfaat-toestand van de grond bij het optreden van magnesiumgebrek konden vaststellen.
Omgekeerd namen DEWAN en HUNTER, 1949 en TRUOG c.s., 1947, waar, dat door een magnesiumbemesting de fosfaatvoorziening van de plant verbetert. Een rechtstreekse bevestiging voor de theorie van Loew vonden FLAIG en KAREL, 1956, bij de fosfaatopname door de plant uit nucleoproteïnen. Door magnesium wordt de afbraak van deze verbindingen gestimuleerd en de fosfaatopname versneld.

Een duidelijke invloed van de fosfaattoestand op de magnesiumvoorziening van de plant is dus niet vaak vastgesteld, wel het omgekeerde.
De gegevens uit de proefplekken laten evenmin een goede conclusie toe over de fosfaattoestand van de grond. Omdat bij een hogere kalktoestand van de grond ook het fosfaatgehalte toeneemt, is de invloed van de fosfaattoestand gesplitst voor gronden met een lage en een hoge kalktoestand. Bij een hoog fosfaatgehalte blijkt de magnesiumopname verminderd te zijn. Ook de K/Mg verhouding in de plant, ten opzichte van de verhouding in de grond, neemt enigszins toe bij een hoge fosfaattoestand – tabel 63 –.
Door een fosfaatbemesting zal dus meestal geen gunstig effect bereikt worden bij de bestrijding van magnesiumgebrek op kalkrijke gronden; een klein nadelig effect kan voorkomen. Op zure gronden zal magnesiumgebrek door de toevoer van calciumfosfaten en door magnesium (b.v. uit Thomasslakkenmeel) bestreden worden.

In het voorgaande is reeds op verschillende plaatsen gewezen op het gunstige gevolg van een stikstofbemesting bij de bestrijding van magnesiumgebrek. Ook enkele ongunstige ervaringen moeten genoemd worden. Of er in deze gevallen van een wezenlijk of een vals antagonisme sprake was, valt niet altijd na te gaan. GRUPPE, 1955, vermeldde echter, dat de K/Mg verhouding in het blad daalde, zodat met een vals antagonisme in zijn onderzoek rekening is gehouden.
Meestal wordt door een stikstofbemesting naast het stikstofgehalte van het blad ook het magnesium- en calciumgehalte verhoogd en het kaligehalte verlaagd. Dit heeft een gunstige, zowel als een ongustige invloed ten aanzien van magnesiumgebrek. Op kalkarme gronden zal stikstof in de ammoniakvorm minder gunstig werken, omdat door deze meststof de pH van de grond wordt verlaagd – LEHR en HUDIG H5, 1947 –.
Uit de nieuwere theorieën over de ionen-adsorptie overeenkomstig de Donnan-theorie en de Gouy-theorie, valt af te leiden, dat bij een grotere stikstofrijkdom van de plant, ten gevolge van een betere stikstoftoestand van de grond, de magnesiumopname versterkt zal worden. De kationenuitwisselingscapaciteit van de plant neemt toe, zodat er een neiging van de plant bestaat om meer magnesium op te nemen ten opzichte van kalium. Indien de magnesiumvoorziening in de grond dan niet gelijktijdig verbetert, zal er gemakkelijk een tekort aan magnesium ontstaan. Dit was blijkbaar bij onze fruitgewassen op de proefplekken en met de appelonderstammen in de potproeven het geval.

Een genezing van het magnesiumgebrek door een stikstofbemesting kan vaak gemakkelijk verklaard worden uit een verbetering van de wortelactiviteit van de plant, zodat de laatste meer magnesium kan opnemen. Een bevestiging van deze veronderstelling is te vinden in een opgave van MULDER, 1956, dat een nitraatbemesting alleeen magnesiumgebrek bestreed, indien de grond van de proefplanten ook voldoende magnesium bevatte.

[85] *De invloed van de mangaan- en aluminiumtoestand.* In de potproeven met appelonderstammen is nagegaan, bij kalkrijke zowel als kalkarme gronden, of een toediening van een flinke hoeveelheid mangaan en aluminium met het gietwater aanleiding kon geven tot het optreden van meer magnesiumgebrek, of een verhoging van de K/Mg verhouding in het blad. Een merkbare invloed van deze toedieningen kon niet vastgesteld worden.
De gegevens uit de proefplekken wijzen enigszins op een ongunstige toestand bij een hoog gehalte aan mobiel mangaan van de grond – tabel 64 –. De kaliopname wordt enigszins bevorderd, de magnesiumopname tegengewerkt en de K/Mg verhouding enigszins verhoogd bij een hoger Mn_{MV} cijfer in de grond.
De resultaten van de potproeven geven aan, dat de laatstgenoemde gegevens een nadere uitleg behoeven. Een hoog mangaancijfer in de grond wijst ook op een meer gereduceerde, dus vochtiger grond – zie [89] –. Bij deze toestand zal meer magnesiumgebrek optreden. Een rechtstreekse invloed van de mangaantoestand is dus niet aangetoond. Een hoog mangaancijfer is slechts een factor, die gepaard gaat met de oorzakelijke; in dit geval de vochttoestand van de grond.

[86] *Bespuitingen op het blad tegen magnesiumgebrek*
Reeds verscheidene jaren is het bekend, dat een bladbespuiting met magnesiumzouten een bevredigende bestrijding van magnesiumgebrek kan geven. Het resultaat van een bestrijding van dit gebrek, die gedurende verschillende jaren bij appelonderstammen werd uitgevoerd, werd door FORD, 1957, vermeld. Vooral een voortgezette behandeling gaf goede resultaten. Voornamelijk het magnesiumgehalte van het blad werd verhoogd, het kaligehalte werd een weinig verhoogd, terwijl het stikstofgehalte nagenoeg onveranderd bleef.
Het resultaat van een magnesiumbespuiting op appelonderstammen en vruchtbomen kon in onze proeven bevestigd worden – tabel 65 –. Een combinatie van magnesiumsulfaat met fosforzuur, of een bespuiting met fosforzuur alleen, leidde tot negatieve resultaten bij de bestrijding van magnesiumgebrek; de K/Mg verhouding werd verhoogd.
Een vaak herhaalde bladbespuiting met ureum had evenmin succes t.a.v. een verhoging van het magnesiumgehalte, of het verlagen van de K/Mg verhouding – tabel 67 –.

[87] *De invloed van de bodembedekking en begroeiing*
Onder de bodembegroeiingen heeft een blijvende grasmat wel de meest opvallende invloed op het optreden van magnesiumgebrek.
Een van de belangrijkste gevolgen van een grasbegroeiing is de verlaging van het stikstofgehalte in het vruchtboomblad. Hiermee gepaard gaat een kleinere verlaging

van het magnesiumgehalte, terwijl tegelijk het kaligehalte merkbaar stijgt en ook het fosforgehalte enigszins wordt verhoogd. Deze interacties zijn, zoals in het voorgaande werd behandeld, te verwachten; stikstof en magnesium zijn doorgaans positief, stikstof en kalium, zowel als stikstof en fosfor, negatief gecorreleerd. In het onderzoek van BOULD en JARRETT, 1950, 1956, PROEBSTING, 1953, komt deze verandering in de ionenconcentraties duidelijk naar voren. Het gehalte in de grond aan mobiel magnesium was onder de grasbegroeiing hoger, het kaligehalte gelijk, vergeleken met zwarte grond, volgens GOODE en WHITE, 1957. REUTHER, 1941, vond een wisselend effect van de begroeiing; soms bleek het kaligehalte van de grond hoger, soms lager dan in zwartgehouden grond.
Terwijl in het voorgaande sprake was van een verlaging van het magnesiumgehalte in het blad, of een verhoging van het kaligehalte, vonden BUTIJN en SCHUURMAN, 1957, onder invloed van een grasbegroeiing een verhoging van het magnesiumgehalte in de plant en een verlaging van de K/Mg verhouding – tabel 66 –. De veranderingen in de gehalten aan kalium en magnesium in de grond waren in dat geval slechts klein. Nu was er in het laatstgenoemde geval sprake van een perceel met magnesiumgebrek, terwijl er in de eerstgenoemde gevallen vrij zeker geen sprake was van een overmaat aan kalium voor het gewas. Door de grasbegroeiing bleek dus zowel kaligebrek als magnesiumgebrek in zijn optreden getemperd. In gevallen met licht of matig kaligebrek kan, door het antagonisme van stikstof en kalium, het gras wegens zijn grote stikstofopname het kaligehalte in de plant verhogen. In het geval dat magnesiumgebrek optreedt, kan de grasbegroeiing door zijn sterke stikstofopname de gevoeligheid van het gewas voor het magnesiumgebrek verminderen. Doordat gras de bovengrond sterk kan uitdrogen – zie 2.2.2. – zal het de magnesiumopname ten opzichte van de kaliopname kunnen bevorderen.

Groenbemesting, in verschillende vormen van een eenjarige begroeiing, blijkt geen grote invloed, vergeleken met zwartgehouden grond, op het optreden van magnesiumgebrek te bezitten. BAVER, 1943, vermeldde, dat groen ondergebrachte groenbemesting de kaliopname stimuleert. BUTIJN en SCHUURMAN, 1957, vonden een lichte vermindering van het magnesiumgebrek door groenbemesting ten opzichte van zwarte grond – tabel 66 –. Door een grotere kaliopname ten opzichte van gras, kan witte klaver soms het magnesiumgebrek enigszins tegengaan, zoals ook uit een van de potproeven bleek – tabel 67 –.
Een mulchlaag blijkt eveneens een grote invloed bij het optreden van magnesiumgebrek te kunnen uitoefenen.

Verscheidene auteurs vermeldden, dat door een mulch het kaligehalte van het gewas wordt verhoogd – BAKER, 1941, vond dit bij perzik; vooral door strorijke stalmest die kali aanvoert, maar ook bij een inerte mulch als glaswol. BORGMAN, 1950, nam het waar bij appel, evenals BOYNTON en ANDERSON, 1956, BUTIJN en SCHUURMAN, 1957, e.a. Vele literatuuropgaven over dit en andere mulcheffecten geven JACKS c.s., 1955 –. Dit kali-effect wordt veroorzaakt, doordat het kaligehalte van de grond onder de mulch-laag sterk toeneemt – GOODE en WHITE, 1957, 1958, BUTIJN en SCHUURMAN, 1957, REUTHER, 1941, STEPHENSON en SCHUSTER, 1945 –.

Ook het hogere vochtgehalte van de grond onder de mulch zal bijdragen tot een

sterkere kaliopname. Op zure gronden zal de daling van de pH – GOODE en WHITE 1957 - de magnesiumopname belemmeren.
Het is dan ook niet verwonderlijk, dat fruitbomen in een met stro bedekte grond vaak meer magnesiumgebrek vertonen dan in zwarte grond en aanmerkelijk meer dan bomen in een permanente grasmat, zoals bij de bespreking van de proefplekken met een verschillende bodembehandeling – zie 2.2.2. – meermalen is opgemerkt.

3.3.1.2. *Factoren die invloed uitoefenen bij het optreden van ijzergebrek*

[88] *De chemische en fysische toestand van de grond*
De oorzaak van de ijzerchlorose ligt binnen de plant vaak in een tekort aan mobiel ijzer – MCGEORGE-OSERKOWSKY, 1949 –. Dit kan veroorzaakt worden door de gecombineerde werking van calcium en fosfor in de plant, bij een relatief geringe hoeveelheid ijzer – BROWN c.s., 1959 –. Ook een te hoge verhouding van het mangaan – (of andere sporenelementen) en het ijzergehalte in de plant kan chlorose veroorzaken – TWYMAN, 1946 –. Voor de bewegelijkheid van ijzer binnen de plant, dus ook voor een goede verdeling, is een ruime hoeveelheid kalium van groot belang – BOLLE JONES, 1955 –.

Verscheidene factoren buiten de plant blijken direct of indirect aanleiding te geven tot de ongunstige chemische toestand in het blad, die aanleiding geeft tot ijzergebrek. De voornaamste acties en wisselwerkingen van deze factoren zijn schematisch weergegeven in fig. 97.
Een van de centrale factoren, die verantwoordelijk is voor het ijzergebrek, blijkt een tekort aan opneembaar ijzer in de grond. Toevoer van een of andere vorm van opneembaar ijzer aan de grond, of aan bovengrondse delen van het gewas, geneest deze voedingsziekte – BROWN, 1956, SAMISH, 1954 –.
Terwijl in vroeger tijd vooral de nadruk viel op het ferro-ion als bron voor opneembaar ijzer – KLIMAN, 1937 – is in de latere tijd hoe langer hoe meer gebleken, dat organische ijzerzouten en -complexen even goede ijzerbronnen voor de plant kunnen zijn. De chelaten, die gemakkelijker te produceren zijn dan ijzer-humaten, – JACOBSON, 1951 – bleken geschikt als opneembare ijzerverbindingen. Wel is bij de chelaten het zoeken naar nieuwe verbindingen nog steeds gaande; verbindingen die in tegenstelling tot de oudste – ALEXANDER en WALSH, 1952, LEONARD en STEWART, 1953 – in kalkrijke gronden hun opneembaar ijzer niet te spoedig verliezen. De opneembaarheid van ijzer kan verloren gaan, of sterk verminderen door adsorptie van de organische ijzercomplexen aan de bodem, of door de uitwisseling van het ferro uit de organische verbindingen tegen een ander ion (meestal calcium) uit het adsorptiecomplex – HILL-COTTINGHAM, 1958 –. Het uitgewisselde ferro wordt meestal snel in een weinig mobiel en niet opneembaar ferri-oxyde omgezet – HALVORSON, 1931 –. Behalve bij een zeer gereduceerde toestand van de bodem, waarbij het plantenleven nauwelijks kan gedijen, kan ferro niet in een belangrijke hoeveelheid in cultuurgronden voorkomen.
In 1949 publiceerde SCHWEIZER dat bij een pH van 6 tot 7 nog grote hoeveelheden gepeptiseerde ijzerverbindingen als oxy-zuren in de grond aanwezig kunnen zijn. Uit het onderzoek van BLOOMFIELD, 1950, 1951, 1953, 1954, SCHNITZER en DE LONG, 1952,

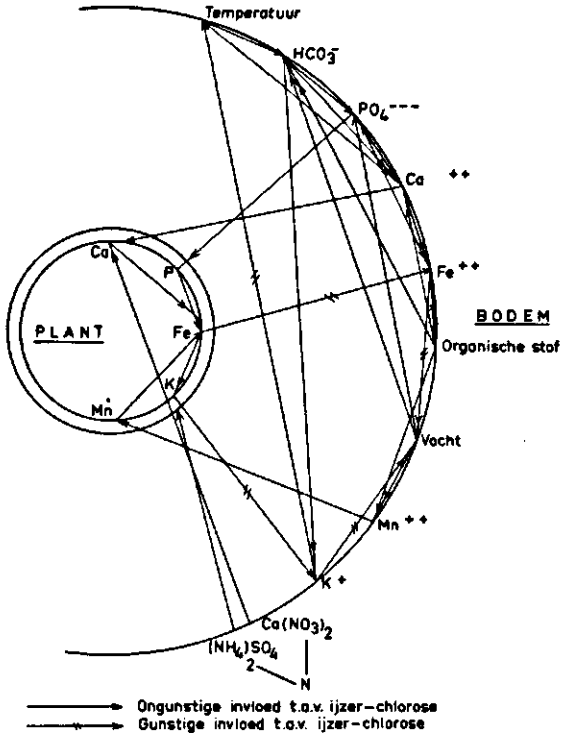


FIG. 97. Factoren die in de bodem en binnen de plant aanleiding geven tot ijzerchlorose.

⟶ Ongunstige invloed t.a.v. ijzerchlorose = *unfavourable influence on chlorosis*

⟶|⟶ Gunstige invloed t.a.v. ijzerchlorose = *favourable influence on chlorosis*

FIG. 97. *Factors inducing iron deficiency*
At the left factors within the plant.
At the right factors in the soil (vocht = moisture content)

D'HOORE, 1954, is later op fraaie wijze gebleken, hoe onder natuurlijke omstandigheden, vooral in een grond met veel organische stof, bij een lichte anaerobie in de grond, reeds veel ijzer uit de bodemdeeltjes losgemaakt en gereduceerd kan worden en verder omgezet in mobiele organische ijzercomplexen. Ook in kalkhoudende gronden en met kalkrijk organisch materiaal kan deze reactie plaatsvinden. Zoals ook door oudere onderzoekers was gevonden – b.v. DEB, 1949 – worden deze organische ijzercomplexen door hoge zoutconcentraties, voornamelijk door kalk, uitgevlokt. Er zijn echter verbindingen, waarvan de bewegelijkheid bij een hoge alkaliteit van de bodem nog aanzienlijk kan zijn – BLOOMFIELD, 1951 –.
In de natuurlijke toestand is organisch materiaal dus van het hoogste belang om het ijzer in de grond mobiel te houden en voor de plant opneembaar te maken en te houden. ATKINSON en WRIGHT, 1957, wezen op het bestaan van natuurlijke chelaten, die ook kalkrijk zand door langdurige percolatie kunnen podsoleren. In de diepere lagen slaan de ijzer en aluminium verbindingen, die in de bovenlagen zijn gemobiliseerd, weer neer. JONES en TIO, 1948, kregen het beste resultaat bij de bestrijding van ijzergebrek door het gebruik van ferro-sulfaat in combinatie met veen. De beide produkten afzonderlijk voldeden minder goed. SCHEFFER c.s., 1957, zagen, dat vooral anaeroob verteerde klaver ijzer als chelaat bond. Ook bij een pH = 7 gaat de ijzerbinding door de natuurlijke chelaten, die in de organische stof van de bodem aanwezig zijn, nog voort.

Een van de grootste nadelige factoren in de grond is de hoeveelheid opneembare kalk. Deze kan na opname binnen de plant het ijzer onwerkzaam helpen maken, maar ook buiten de plant in de bodem heeft calcium een nadelige invloed. Door veel calcium worden de organische ijzerverbindingen minder bewegelijk en kan het ijzer gefixeerd worden – BOISCHOT c.s., 1950 –. Door calcium schijnt ook de fosfaatopname bevorderd te worden – BROWN c.s., 1959 –.

De activering van de bodemkalk wordt bevorderd door de volgende factor, die eveneens een veelzijdige werking heeft, namelijk het bicarbonaat in de bodem.

Het koolzuur in de bodemlucht, dat aanleiding geeft tot de vorming van bicarbonaten in de bodemoplossing, is nauwelijks een 20 jaar geleden herkend als aanleiding tot ijzergebrek.

THORNE, 1941, zag, dat de chlorose ernstiger was op plekken, waar meer kalk door koolzuurhoudend water oploste uit de bodem. Hiermee was in principe aangetoond, dat koolzuur een actieve rol kon spelen bij het optreden van ijzergebrek. Door de proeven van EOLAS en RUCK, 1952, die vrij koolzuur door de grond lieten stromen, is dit bevestigd. Ook de waarneming van HARLEY en LINDNER, 1945, over een ernstiger chlorose na het gebruik van bicarbonaatrijk irrigatiewater, wijst in dezelfde richting.

Uit de proeven van PORTER en THORNE, 1955, bleek, dat niet het koolzuur, maar veel meer de bicarbonaat-concentratie uiteindelijk de chlorose veroorzaakt. De relatie tussen het percentage koolzuur in de bodemlucht en de concentratie aan bicarbonaat valt uit de evenwichtsconstanten van enkele chemische reacties wel af te leiden – KOLTHOF, 1920 en SCHUFFELEN* –. De concentratie aan bicarbonaat verandert met de $^1/_3$ macht van de koolzuurdruk in de bodemlucht, indien in de grond alleen lucht met koolzuur, calciumcarbonaat en water aanwezig zouden zijn. Nu is de koolzuurconcentratie in de bodemlucht al moeilijk te bepalen, omdat blijkt dat er in de fijne bodemporiën een hogere koolzuurconcentratie voorkomt dan in de grotere – HACK, 1956 –. Andere bodemfactoren dan calcium-carbonaat en koolzuurdruk hebben echter ook invloed bij het tot stand komen van de concentratie aan bicarbonaat in de bodemoplossing, zodat de genoemde relatie $(HCO_3) = q(P_{CO_2})^{1/3}$ meestal niet gevonden zal worden en afwijkingen waarschijnlijk zijn. BOYNTON en REUTHER, 1941, 1939, gingen het verloop van het koolzuurgehalte in de grond van boomgaarden uitvoerig na. Vooral een hoog vochtgehalte van de grond en een hogere temperatuur deden het koolzuurgehalte toenemen. Bij een lager koolzuurgehalte in de grond in de winter konden REUTHER en CRAWFORD, 1947, echter toch een aanmerkelijke chlorose bij citrusfruit waarnemen. MEIJER en SCHAFFER, 1954, die de koolzuurproduktie nagingen, vonden een grote invloed van de regen, groter dan aan de toename van het bodemvochtgehalte toegeschreven kon worden. Dit is aan hetzelfde proces te danken als de „stikstof-flushes" die BIRCH, 1958, waarnam na een herbevochtiging van de grond – zie 3.3.1.4. –. Verder was de begroeiing en de bemesting volgens MEIJER en SCHAFFER van groot belang; meer organische stof gaf een grotere koolzuurproduktie. Naast de invloed van het bicarbonaat op de oplosbaarheid van de kalk in de bodem, heeft het ook invloed op andere factoren die de plantenvoeding bepalen. ERIKSON, 1946, merkte op, dat de tomaat minder wortels maakt bij een hoger koolzuurpercentage in de bodemlucht. Hierdoor kan een bestaande voedingsziekte verergerd worden. Ook de ademhaling van de plant blijkt geremd te worden door bicarbonaat – MILLER en THORNE, 1956 –.

De ionen-opname blijkt bij een hoger bicarbonaatgehalte van de grond ook in ongunstiger zin te veranderen met het oog op ijzergebrek. CHANG en LOOMIS, 1945, namen waar, dat vooral de kali- en stikstofopname en in mindere mate de fosfaatopname ten opzichte van de calcium- en magnesiumopname terugliepen. GONS en ROMNEY, 1959, zagen, dat ijzeropname het sterkst, de fosfaatopname minder en de calciumopname nog minder achteruit ging bij het gebruik van bicarbonaat in plaats van chloride, nitraat of sulfaat in de voedingsoplossing van bonen.

Carbonaat-ionen in de grond blijken volgens GARDNER en KELLEY, 1940, het fosfaat in de grond actiever te maken. SCHAFFER, 1954, vond een parallel van het oplosbaar fosfaat met een hoger

koolzuurgehalte in de grond. Deze auteur trekt hieruit de conclusie, dat het koolzuur fosfaat in de grond mobiliseert. Daardoor kan koolzuur dus indirect weer bijdragen tot het optreden van ijzergebrek.

Het fosfaat in de bodem, dat reeds lang als een van de oorzaken van het ijzergebrek is aangewezen, kan op verscheidene indirecte wegen ook tot chlorose aanleiding geven. Samen met ijzer worden de slechter oplosbare ijzerfosfaten gevormd – VAN GENNEP, 1936, VAN DER PAAUW, 1955 –. Omdat fosfaat een element is, dat de beworteling bevordert – GOEDEWAAGEN, 1942 – lijkt het niet onmogelijk, dat af en toe door een fosfaatbemesting chlorose bestreden is – ILJIN, 1952 –. De beworteling kan zich na de fosfaatbemesting tot diepere bodemlagen uitstrekken, waar doorgaans meer opneembaar ijzer aanwezig is.

De invloed van de temperatuur op de chlorose is bij verschillende planten opgemerkt. Terwijl DAVIDSON, 1941 en THORNE c.s., 1950, lagere temperaturen als ongunstig beschouwen, namen BURTCH c.s., 1950, echter ook bij hogere temperaturen weer chlorotische verschijnselen waar. De stimulerende invloed van een hogere temperatuur op de koolzuurproduktie is in het werk van KOEPF, 1954 en SCHAFFER, 1954, aangetoond. Daardoor kan een hogere bodemtemperatuur een ongunstige invloed op de chlorose uitoefenen hetgeen door vele auteurs echter niet werd gevonden. De temperatuursinvloed zal zich ook doen gelden op de activiteit van de verschillende ionen in de bodem. Volgens DIJKSHOORN en 't HART, 1957 en WALLACE, 1957, zal de kalium-calciumverhouding in de plant bij niet al te hoge temperaturen toenemen bij een temperatuursstijging. Uit het werk van SMITH en WALLACE, 1956, valt deze tendens niet op te maken, veeleer het tegengestelde. Omdat het calcium de hoofdrol speelt bij het optreden van chlorose, valt vanuit deze gegevens te verwachten, dat door een temperatuursstijging, door de toegenomen calciumactiviteit, de chlorose eveneens zal toenemen.

Een hoge vochttoestand van de bodem bleek vele malen aanleiding te geven tot een ernstige chlorose. De werking van de vochttoestand kan waarschijnlijk alleen langs verschillende indirecte wegen tot stand komen. Door het bodemvocht wordt enerzijds de vereiste anaerobie verkregen voor de vorming van ferro, als zout of als organisch complex – BLOOMFIELD, 1950, 1951, BROMFIELD, 1954, SCHEFFER c.s., 1957 –. Anderzijds wordt bij een hoge vochttoestand het koolzuurgehalte van de bodemlucht verhoogd – BOYNTON, 1941, KÖPF, 1954, SCHAFFER, 1954 –. Ook de fosfaat activiteit in de grond wordt door een goede bodemvochtigheid bevorderd – DEAN en GLEDHIL, 1956, MICHAEL en RICHTER, 1951. – In een te natte grond zal het koolzuurpercentage sterk oplopen. Onder deze omstandigheden treedt echter weer fosfaatfixatie op – PAUL en DE LONG, 1949 –.

Voorshands lijkt het de meest aannemelijke hypothese, dat de ongunstige invloed van een hoog vochtgehalte zich zal doen gelden door een verhoogd koolzuurgehalte, waardoor een relatief grotere calcium- en fosfaatopname door de plant zal volgen.

De invloed van een hoog mangaangehalte in de grond op de chlorose is reeds geruime tijd geleden onderkend – SOMERS c.s., 1942, TWYMAN, 1946 –. Bij proeven met sorghum vonden CARLSON en OLSON, 1950, echter, dat dit antagonisme van mangaan en ijzer alleen optreedt bij matige gehalten aan ijzer in de bodem. Uit het werk van WARRINGTON, 1954, met andere sporenelementen bleek steeds, dat vele micro-elementen als antagonist van ijzer kunnen optreden.

De gunstige invloed van een goede kaliumvoeding bij het voorkómen van ijzerchlorose

is door BOLLE JONES, 1955, gevonden en berust, zoals reeds werd vermeld, op een specifieke fysiologische rol bij de ijzerverdeling in de plant door het kalium.
Over de invloed van de stikstofvoeding bij het optreden van ijzergebrek is betrekkelijk weinig bekend. CAIN, 1954, nam waar, dat blauwe bes meer chlorose vertoonde met een nitraatvoeding dan met een ammoniakvoeding. Het celsap bleek ook alkalischer te zijn na de nitraatvoeding. Eenzelfde waarneming was door COLGROVE en ROBERTS, 1956, gedaan bij azalea's. Volgens SIDERIS en YOUNG, 1944, 1946, gaf ammoniak een activering van het ijzer in de ananasplant, zodat het blad meer ijzer ging bevatten. Uit oriënterende potproeven met kalkhoudende gronden kregen we de indruk dat calciumnitraat ten opzichte van ammoniumsulfaat de chlorose doet toenemen bij appelonderstammen. Dit kan echter ook aan het calcium toegeschreven worden in plaats van aan de stikstof.
Vanuit de Donnan-theorie gerekend, zal de verhoogde adsorptie-capaciteit van de stikstofrijke planten ook leiden tot een relatief versterkte opname van calcium en een verminderde opname van kalium, zodat hieruit meer chlorose kan ontstaan.

De invloed van een serie bodemfactoren, waarvan verwacht kon worden dat ze invloed zouden uitoefenen bij het verschijnen van ijzergebrek in fruit, is nagegaan bij de reeds genoemde serie proefplekken met Jonathan M XVI – zie 3.2.2.2. –.
Het correlatief verband van deze factoren met de chlorose en hun onderlinge correlaties zijn opgenomen in tabel 59.
Omdat interacties van deze factoren bij het veroorzaken van ijzergebrek waarschijnlijk zijn, zou bij voorkeur een regressievergelijking opgesteld moeten worden. Hiervoor is een formule gekozen, die dezelfde grondgedachte heeft als de wet van de massawerking van Guldberg en Waage. De hoeveelheid van een gevormde stof hangt af van de concentratie en de activiteit van de samenstellende stoffen.
Chlorosegraad = $(Ca)^a \times (CO_2)^b \times (Fe)^c$ etc.
Ernstiger ijzergebrek is gewaardeerd door een hogere chlorosegraad. De factoren tussen haakjes zijn gehalten in de grond.

Uit grafische bewerkingen vooraf is gebleken, dat voor verschillende van deze factoren bij voorkeur het hoogste gehalte genomen moet worden, dat in een van de lagen uit de wortelzone (in dit geval 0-60 cm diep gerekend) voorkomt.
Voor de wiskundige verwerking kan beter met de volgende formule gewerkt worden:
Fe-gebrek = a (Ca) + b(CO_2) + c log(Fe) etc.
Indien de waarden van een bepaalde factor niet teveel uiteenlopen zal de logaritme van de waarden van deze factor vrijwel rechtlijnig samenhangen met de natuurlijke waarden. Bij factoren, waarvan de waarde weinig uiteenloopt is daarom de waarde zelf genomen. Voor het Fe-gehalte en P-gehalte was het nodig de logaritme van de waarde te nemen.

Bij een voorselectie van de factoren is nagegaan[1], welke een hoge correlatie vertonen met het waargenomen ijzergebrek.
Hieruit blijkt, dat de bodemtemperatuur een kleine correlatiecoëfficiënt vertoont en ook geen hoge correlaties met andere factoren laat zien. Deze factor is dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

[1] De gehele wiskundige verwerking is uitgevoerd door Centrum voor Landbouwwiskunde te Wageningen.

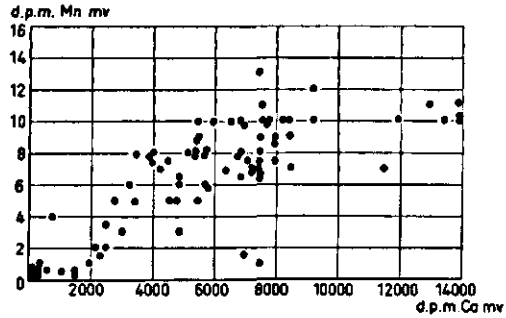


FIG. 98. De betrekking tussen de calcium- en de mangaantoestand van de grond; grondlagen van 40–80 cm diep.

FIG. 98. Manganese content in Morgan's soil extract (ordinate) versus calcium content in Morgan's soil extract; soil layers at a depth from 40-80 cm.

Het percentage beschikbaar bodemvocht is slechts zwak met ijzergebrek gecorreleerd, enigszins met het koolzuurgehalte en sterker met het humusgehalte van de bodem. Wanneer voor de invloed van het koolzuurgehalte en het humusgehalte wordt gecorrigeerd, blijkt de (partiële) correlatiecoëfficiënt van het bodemvocht onbeduidend te worden. De vochttoestand van de bodem zal dus via het koolzuurgehalte zijn ongunstige invloed doen gelden.

Het ijzergehalte correleert sterk negatief met het calciumgehalte. Wanneer voor de calciuminvloed wordt gecorrigeerd, blijkt de correlatiecoëfficient voor de samenhang tussen het ijzergehalte en het ijzergebrek zeer klein te worden. Deze factor is daarom ook buiten beschouwing gelaten.

Het mangaangehalte lijkt zeer zwak met ijzergebrek gecorreleerd – zie tabel 59 –. Een vergelijking van de correlatiecoëfficiënten van Fe_{MV} met Ca_{MV} en van Mn_{MV} met Fe_{MV} wijst er op, dat er bij de mangaaninvloed enkele complicaties optreden. Enerzijds is het mangaan sterk positief gecorreleerd met calcium – zie ook fig. 98 –, maar anderzijds is het mangaangehalte een aanwijzing voor de reductietoestand van de grond, dus ook enigszins voor de hoeveelheid mobiele organische ijzerverbindingen – tabel 25, de correlatiecoëfficiënt voor de hoeveelheid mangaan en de redox-toestand in deze potproef bedroeg $r = 0{,}64 \pm 0{,}08$ –. Een mangaangehalte, dat hoger is dan overeenkomt met de calciumtoestand van de grond, wijst dus op een gereduceerde toestand. Na correctie voor de calciuminvloed valt de (partiële) correlatiecoëfficiënt voor de samenhang van het mangaangehalte met het ijzergebrek dan ook duidelijk groter uit en blijkt negatief te zijn.

De volgende factoren bleken meer of minder sterk met het ijzergebrek gecorreleerd in Zuidwest-Nederland: (in volgorde van hoog naar laag) – tabel 68 –.

Positief gecorreleerd: Ca_{MV} $\%CO_2$ K_{MV} (P_{MV})

Negatief gecorreleerd: Mn_{MV} (% humus))

De factoren tussen haakjes zijn niet significant gecorreleerd met ijzergebrek, de factor P_{MV} bijna.

Uit deze correlaties volgt, dat slechts $^1/_3$ van het totale ijzerchlorose-symptoom ver-

klaard kan worden uit de invloed van de laatstgenoemde factoren. (Met dien verstande, dat voor de collectieve correlatiecoëfficiënt geldt R = 0,33) Het is dus waarschijnlijk, dat er andere factoren aan deze serie toegevoegd moeten worden om een meer bevredigend deel van het optreden van de ijzerchlorose te kunnen verklaren. Wij denken hierbij aan de microbiologische samenleving in de grond, aan bepaalde ijzerchelaten, die onder nauw omschreven bodemtoestanden kunnen ontstaan, aan de fysiologische toestand van een gewas onder de invloed van de luchttemperatuur, de vruchtdracht etc.

De invloed van de kalkrijkdom van de grond blijkt duidelijk uit de correlatieberekeningen.

De invloed van de mangaantoestand is ten dele reeds aangeduid. Hoewel het sporenelement mangaan als antagonist van ijzer bekend staat, speelt dit element in deze berekeningen niet deze rol in de eerste plaats. Het is een verklikker van de reductietoestand van de grond en daarmee een aanduiding van de hoeveelheid ferro in de grond.

De invloed van het koolzuurgehalte in de grond – bepaald volgens de methode SCHUFFELEN c.s., 1954 – als aanduiding van de hoeveelheid bicarbonaat in de grond, komt duidelijk uit de berekeningen naar voren. De invloed van koolzuur als oorzakelijke factor is ook nog apart getoetst in een potproef – tabel 69 –. Vooral in natte kalkrijke grond kan een toevoer van koolzuur aan de grond leiden tot een duidelijke ijzerchlorose. In de droge grond viel geen duidelijke chlorose waar te nemen, wel enige bladrandnecrose bij de appelonderstammen.

De positieve invloed van het kaligehalte in de bodem is onverwacht. Uit de genoemde fysiologische rol van het kalium bij de verdeling van ijzer in de plant, viel het tegenovergestelde te verwachten. Mogelijk heeft het kalium alleen een gunstige invloed op het ijzergebrek bij een lager kaliumniveau in de plant, dan gemiddeld in de bestudeerde percelen voorkwam.

De zwakke invloed van het humusgehalte in de grond is wel enigszins teleurstellend. Een verdere specificatie van de soorten organische stof, die hier achterwege is gebleven, zou wellicht meer inzicht opleveren.

De lage partiële correlatiecoëfficiënt van de factor P_{MV} is enigszins onverwacht. Het fosfaatgehalte is sterk met het kaligehalte gecorreleerd zodat de gewone correlatiecoëfficiënt over de samenhang van het fosfaatgehalte met het ijzergebrek een geflatteerd beeld kan geven over de fosfaatinvloed.

[89] *De bodembedekking en begroeiing*

De bodembedekking en begroeiing zijn als bronnen van organische stof belangrijk bij het actief houden van het ijzer in de bodem. Door een zware bodembedekking kunnen het vocht- en het koolzuurgehalte in de bodem echter oplopen, zodat bomen in een stro-mulch niet zelden meer chlorose vertonen dan bomen in zwarte grond – 2.2.2., BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 –. Ook de gelijkmatiger en iets lagere bodemtemperatuur – tabel 70 – heeft blijkbaar onvoldoende invloed in gunstige zin.

Hoewel door de vertering van de organische stof, uit de begroeiing bedekking of organische bemesting, weer koolzuur in de grond ontwikkeld wordt, ontstaat meestal

geen sterkere chlorose door deze bodembehandeling dan in zwarte grond, – REUTHER en CRAWFORD, 1947, BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 –. Door een verbeterde structuur kan het gevormde koolzuur ook gemakkelijker uit de grond afgevoerd worden, zoals bij de bemonstering van de bodembehandelingsproefvelden bleek – 2.2.2. –.
Langdurig zwartgehouden gronden, die vaak bomen met ijzergebrek dragen, verliezen hun opneembaar ijzer. Ze slempen gemakkelijker, zodat het koolzuur-percentage af en toe te hoog oploopt. Ook akkerbouwgewassen vertonen wel ijzergebrek in deze gronden, maar ze zijn in het algemeen minder gevoelig dan vruchtbomen.

3.3.1.3. *Factoren van invloed bij het optreden van zinkgebrek*

Een goed literatuuroverzicht over de aanleiding tot zinkgebrek en de bestrijdingsmogelijkheden tot 1945 gaf CAMP, 1945. Zijn gegevens, gecombineerd met aanwijzingen van andere auteurs, zijn in het volgende betoog verwerkt.

[90] *De chemische en fysische toestand van de bodem*
De invloed van het fosfaat in de grond als oorzaak van zinkgebrek, is door enkele onderzoekers duidelijk aangetoond. BINGHAM c.s., 1958, vonden bij citrus, dat na een bemesting met superfosfaat het zinkgehalte in het blad terugliep. LONERAGAN, 1951, kreeg duidelijke zinkgebrekssymptomen bij vlas na een zware bemesting met secundair natriumfosfaat. Deze symptomen gingen gepaard met een lager zinkgehalte in het blad. WEST, 1938, nam ook meer zinkgebrek waar in citrus na een fosfaatbemesting.
Aan het zinkgehalte van het vaak gebruikte superfosfaat – LONERAGAN, 1951 – is het wellicht te danken, dat in verschillende gevallen na zware fosfaatbemestingen toch geen zinkgebrek, of een laagblad zinkgehalte volgde – BOAWN c.s., 1954, PEECH, 1941, SCHARRER en HOEFNER, 1958a, hetgeen ook uit onze proeven bleek –. Het gehalte aan gemakkelijk oplosbaar zink in de bodem werd in verschillende gevallen door de fosfaatbemesting verlaagd. – NIKITIN en RAMING, 1957, SCHARRER en HOEFNER, 1958a –. BOAWN c.s., 1954, wijzen er echter op, dat de oplosbaarheid van het gevormde zinkfosfaat in de grond niet zo laag is, dat daardoor zinkgebrek zal ontstaan.
Hoewel er enerzijds goed opneembare organische zinkverbindingen en zinkchelaten bekend zijn – BENSON c.s., 1957, BOAWN c.s., 1957, HEMIS en BARBER, 1957 – wordt anderzijds vaak zinkgebrek aangetroffen op zwarte gronden, of gronden rijk aan organische stof – ADAM en PIPER, 1944, CHANDLER c.s., 1932 –. Enerzijds zijn er gevallen bekend, waar door toevoeging van bepaalde organische stoffen, in de vorm van schapenmest – HOAGLAND c.s., 1935, of door de natuurlijk vegetatie – ALBEN en HAMMAN, 1944, het zinkgebrek bestreden werd, anderzijds zijn er opgaven aanwezig over de waarschijnlijk tijdelijke zinkvastlegging door de organische stof in de bovengrond – HIBBARD, 1940, SCHARRER en HOEFNER, 1958b –. Vaak ging een toevoeging van organische stof aan de grond het zinkgebrek niet tegen – CHANDLER c.s., 1933 –. Een algemene invloed van de organische stof in de grond valt dus niet aan te geven. Een invloed van speciale organische verbindingen uit de humus, die zink fixeren, of die het levensmilieu vormen voor de bodemmicroben, die volgens ARK, 1936, zinkgebrek veroorzaken, lijkt niet onwaarschijnlijk.
Door een bekalking liep volgens PEECH, 1941 en SCHARRER en HOEFNER, 1958a, het zinkgehalte in de plant terug, of werd de zinkfixatie in de grond sterker – WOLZ c.s., 1953 –. LOTT, 1938, kon een zinkvergiftiging van zijn proefplanten voorkomen door een bekalking.
Of het kalkgehalte, of de verhoogde pH uiteindelijk als oorzaak van het zinkgebrek beschouwd moet worden, is nog niet geheel duidelijk. Er zijn aanwijzingen – WEAR, 1956 – dat door een hogere pH, zonder een hoog kalkgehalte, ook zinkgebrek kan ontstaan. ALBEN en HAMMAN, 1944, boekten enig succes bij de bestrijding van zinkgebrek door een zwavelbemesting, maar kregen een veel slechtere algemene stand van het Pecan gewas. Van de calciumzinkaten is het bekend, dat zij een minimum oplosbaarheid bij hoge pH's (7,0-11,0) vertonen – JURINAK en THORNE, 1955 –.
Een droge zomer veroorzaakt meer zinkgebrek – HOAGLAND, 1944, L2 –. Dit kan waarschijnlijk toegeschreven worden aan het uitdrogen van de bovengrond. Deze bovenlaag bevat in de orga-

nische stof de grootste voorraad aan gemakkelijk opneembaar zink – CAMP, 1945, HIBBARD, 1940 en zoals uit ons onderzoek bleek – [1].
Een zinkbemesting was meestal minder doeltreffend tegen zinkgebrek dan een bespuiting. Het is mogelijk, dat naast een fixatie van zink b.v. door organische stof, ook het vermogen van de plant om zink op te nemen gestoord kan zijn. De eerste mogelijkheid geeft ELGABALY, 1950, aan. In bepaalde kleimineralen met een lage silicium-magnesiumverhouding kan het zink de plaats van het magnesium innemen en blijkt dan zeer moeilijk tegen magnesium uitwisselbaar. Op de tweede mogelijkheid duiden de waarnemingen over een vermindering van het zinkgebrek na het verdwijnen van magnesiumgebrek – CAMP, 1945, REDLICH, 1958 –. Bij magnesiumgebrek behoort immers een slechtere wortelvertakking van de plant. Na een verbetering in de beworteling kan de plant ook beter in zijn behoeften aan sporenelementen voorzien. Er bestaat ook een algemene ervaring, dat oudere bomen gevoeliger zijn voor zinkgebrek. Dit duidt er o.i. op, dat een onvermogen van het gewas om het zink op te nemen, als oorzaak voor het zinkgebrek in aanmerking komt.
Gewassen op lichtere gronden blijken vaak meer zinkgebrek te vertonen. In deze gronden is het humusgehalte meestal lager en ook de mineralenrijkdom aan zink geringer – MITCHELL Ch 9 uit BEAR, 1955. – Bovendien zijn deze gronden vaak droger en wegens hun oorspronkelijke armoede aan fosfaat en kali, te zwaar bemest met fosfor en kali. Door een tekort aan vocht en een overmaat aan fosfaat in de grond en magnesiumgebrek in de plant, zijn de voorwaarden voor het optreden van zinkgebrek grotendeels aanwezig.

De gegevens van onze proefplekken in Nederland[1] zijn te gering in aantal, om meer dan aanwijzingen over de oorzaken van het zinkgebrek te kunnen geven. De aanwezige gegevens zijn daartoe in frequentie tabellen verwerkt – tabel 71 –. Uit deze verwerking valt af te leiden, dat zinkgebrek het sterkst gecorreleerd was met een hoog fosfaatgehalte, een laag vochtgehalte, een hoog kalkgehalte en een hoog zinkgehalte in de grond. Het laatste is onverwacht, maar zal het gevolg zijn van het feit, dat gronden met zinkgebrek doorgaans ook een hoger gehalte aan organische stof bezitten. Organische stof is doorgaans rijker aan gemakkelijker oplosbaar zink, dan de minerale grond. De andere beschouwde bodemfactoren leken van weinig betekenis in verband met het optreden van zinkgebrek.

In ons land wordt zinkgebrek aangetroffen in oude tuinen en vaak op de zogenaamde oude cultuurgronden. Deze zijn beide gekenmerkt door hoge fosfaatgehalten en een matig tot hoge pH. De oude cultuurgronden zijn bovendien gekenmerkt door een donkere kleur. De veronderstelling ligt voor de hand, dat in deze gronden een microbiologische samenleving bestaat, die het zink minder opneembaar maakt voor de plant.

[91] *De bodembegroeiing*
De typische invloed van de bodembegroeiing – ALBEN en HAMMAN, 1944 – en vooral de gunstige gevolgen van luzerne als onderteelt – CHANDLER c.s., 1946 – kan wellicht verklaard worden uit de invloed van deze begroeiing op het microbiologisch evenwicht in de grond. Dit kan echter ook het geval zijn bij de overige factoren, die het zinkgebrek kunnen beïnvloeden.
In Nederland is zinkgebrek in grasboomgaarden, of vaak begroeide percelen slechts sporadisch opgemerkt. In percelen die lange tijd werden zwartgehouden en daarbij ook vaak een slechtere structuur vertonen, kan zinkgebrek vooral aangetroffen wor-

[1] Voor belangstellenden zijn deze gegevens ter inzage.

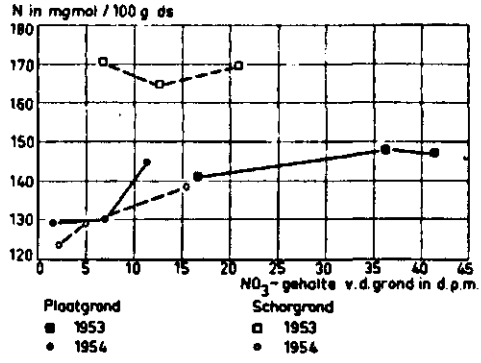


FIG. 99. De betrekking tussen het stikstofgehalte in het blad op enkele bemestingsproefvelden en het nitraatgehalte van de grond.

FIG. 99. *Nitrogen content of apple leaf versus NO_3 content of the soil.*

den. Hier moeten met name de perceeltjes grond genoemd worden, die als uitloop voor kippen worden gebruikt. Kippenmest is reeds rijk aan fosfaat en dit gecombineerd met de nadelige invloed van dit pluimvee op de bodemstructuur, gaf vaak aanleiding tot zinkgebrek in de vruchtbomen. Aan de akkerbouwgewassen op deze plaatsen zijn geen bijzondere symptomen waargenomen. Vruchtbomen schijnen zowel voor ijzergebrek, als voor zinkgebrek gevoeliger te zijn dan de meeste akkerbouwgewassen.

[92] 3.3.1.4. *Factoren van invloed bij het optreden van stikstofgebrek*

Het wisselend effect van de stikstofbemesting, hetgeen leidde tot het opstellen van velerlei streekgebonden stikstofbemestingsadviezen, heeft de aandacht geleid naar het nitraatgehalte in de grond als norm voor de bemesting – zie b.v. HARMSEN, 1957 –. De oorzaak van een te laag stikstofgehalte in het blad zal dan ook in de eerste plaats in een te laag gehalte aan nitraat in de bodem gezocht kunnen worden. Door een stikstofbemesting is vele malen met succes dit gehalte opgevoerd, zodat het stikstofgebrek verdween – zie fig. 99, die betrekking heeft op de reeds behandelde bemestingsproeven in Zeeland –.

Naast het peil van het stikstofgehalte in de grond is ook het tijdstip, waarop een hoger nitraatgehalte voorkomt, van belang. Doorgaans volgt na een hoger gehalte aan nitraat in het voorjaar een daling in de zomer. In de winter is het nitraat-niveau in de grond doorgaans laag, o.a. ten gevolge van de stikstofuitspoeling door de winterneerslag. In de loop der jaren is uit verschillend onderzoek gebleken, dat vooral een hoog nitraatgehalte in het voorjaar van belang is voor de begunstiging van de groei. Ook voor landbouwgewassen, die in een periode met een sterke groei verkeren, is dit vastgesteld b.v. bij gerst in de periode tijdens het schieten – ACHTNICH, 1955 –. Later in de zomer en in het najaar is bij fruit een hoog gehalte niet gewenst, om een betere kleur van het fruit en een beter uitrijpen van de bovengrondse delen, in verband met schade door een vroege vorst, te verkrijgen. BOYNTON (CH. 11 uit TRUOG, 1951), geeft dan ook

aan, dat in de Verenigde Staten de bemesting in boomgaard doorgaans in het najaar of vroege voorjaar gegeven moet worden. Door de verbouw van groenbemesting e.d. moet het nitraatgehalte later in de zomer verlaagd worden. MAGNESS, 1957, vermeldt, dat er tegenwoordig in de Verenigde Staten een neiging bestaat, om de stikstofbemesting meer in het najaar te verstrekken, zodat vooral in een droog voorjaar de meststoffen niet onwerkzaam kunnen worden in de sterk uitgedroogde bouwvoor. BEATTIE, 1958, geeft als beste tijdstip voor het uitstrooien van de meststoffen een periode die 6 tot 8 weken voor de bloei ligt. Volgens GOURLEY en HOWLETT Ch 7, 1947, is het effect van een najaarsbemesting niet altijd beter dan van een vroege voorjaarbemesting. Dit zal afhangen van de bodembegroeiing en de weersgesteldheid in de winter en het volgende voorjaar. In ons land bestaat er over het tijdstip, waarop de bemesting moet worden uitgestrooid geen algemeen gedeelde mening. Wel is hier een neiging merkbaar, gesteund door enkele oriënterende proeven, om een gedeelte van de stikstofbemesting vroeger dan in het voorjaar uit te strooien. Dit geldt vooral voor de gebieden met een permanente grasmat onder de bomen.
Nu is uit het onderzoek van ALDRICH, 1932, reeds gebleken, dat tijdens de winter het bodemnitraat door dunne worteltjes wordt opgenomen en getransporteerd naar de dikke wortels, echter niet naar de bovengrondse delen. Omdat de nitrificatie ook bij lagere temperaturen (tot minder dan 7°C nog goed merkbaar) doorgaat, zal deze opname niet zonder betekenis zijn – TYLER c.s., 1959 –. In hoeverre een hoog nitraatgehalte in het voorjaar en in de winter in ons land van belang is, zal door proeven nog uitgemaakt moeten worden.

De hoogte van het nitraatgehalte gedurende het groeiseizoen blijkt in redelijke mate te voorspellen. Verschillende methoden zijn ontworpen, om de nitrificatie van grondmonsters onder gestandaardiseerde omstandigheden te bepalen – zie b.v. FITTS c.s., 1953, HARMSEN en VAN SCHREVEN, 1955, VAN SCHREVEN, 1956, ZÖTTL, 1958 –.

Het blijkt, dat naast de temperatuur ook het vochtgehalte van de grond belangrijk is voor de nitrificatie in de geïncubeerde grondmonsters.
Uit de gevoeligheid van de nitrificatie (onder geconditioneerde omstandigheden) voor de vochttoestand van de grond, volgt reeds, dat de vochtigheid van de grond een grote invloed op het nitraatgehalte heeft. Ook de beschikbaarheid van het aanwezige nitraat ondervindt grote invloed. Bij uitdroging van de grond wordt het vochttransport (de capillaire geleidbaarheid) snel kleiner, zodat de toevoer van het opgeloste nitraat naar de wortels eveneens snel zal afnemen. STEWART en ECK, 1958, vonden, dat bij indringing van het nitraat vanaf de oppervlakte de daling van de logaritme van het nitraatgehalte in diepere lagen evenredig is met de vochtspanning. Deze vertragende diffusie zal dus nog een verdere vermindering van de stikstofvoorziening tot gevolg hebben. JENNE c.s., 1958, vonden dan ook, dat de anionen die vooral in de opgeloste vorm van belang zijn voor de plant, veel minder goed worden geabsorbeerd tijdens een droge zomerperiode dan de kationen. Het nitraat werd nog iets beter opgenomen dan het fosfaat. NELSON en ROBINS, 1957, vonden, dat een gras-klavermengsel een veel grotere stikstofopname vertoonde en ook het gewas een hoger stikstofgehalte bezat, wanneer het op een vochtige grond groeide.

Een te natte grond geeft eveneens stikstofgebrek. Uit een te natte grond ontwijken aanzienlijke hoeveelheden stikstof als stikstof en stikstofoxyden – ARNOLD, 1954, JONES, 1951, WALKER c.s., 1956 – en uit natte gronden zal meer stikstof door uitspoeling verloren gaan. LEHR en VEEN, 1953, V.D. PAAUW, 1958, konden een behoorlijke negatieve correlatie ontdekken voor de grootte van de rogge-oogst op de zandgronden in Nederland en de neerslag in de winter.
Een afwisseling in de vochttoestand van de grond schijnt de beste voorwaarden voor een goede nitrificatie te scheppen. ACHARYA en JAIN, 1954, vonden, dat een hernieuwde nitrificatie na uitspoeling van toxinen mogelijk is. Door de ophoping van deze toxische stoffen, die tijdens het proces ontstaan, remt de nitrificatie zich namelijk zelf af. BIRCH, 1958, nam na iedere herbevochtiging van de grond een nieuwe mineralisatie waar, die echter na iedere volgende bevochtiging kleiner wordt. Deze stikstofmineralisatie (de stikstof „flush") loopt parallel met de koolzuurontwikkeling uit de grond. HARPSTEAD en BRAGE, 1958, namen waar, dat na lange tijd drogen een grond beter mineraliseert.

De daling van het nitraatgehalte in de grond in boomgaarden door de ondergroei werd o.a. nagegaan door LYON c.s., 1925, UPSHALL c.s., 1945. Vooral de grove en snel groeiende grassen verlagen het nitraatgehalte. Indirect volgt dit ook uit de waarnemingen van BOULD en JARRETT, 1956, over de groei en het bladstikstofgehalte van jonge bomen met een verschillende ondergroei.
Een bodembedekking kan enerzijds door een stikstoffixatie, vooral door stikstofarme mulches, het nitraatgehalte verlagen in de grond, anderzijds zal de beschikbaarheid van het aanwezige nitraat in de vochtige grond verbeterd worden. De resultaten met mulches zijn, hoewel soms enkele moeilijke beginjaren voorkomen, doorgaans gunstig en leiden tot verbetering van de stikstofvoeding – SHAW en SOUTHWICK, 1936 –.
Toevoeging van organische stof aan de grond verbetert veelal de voeding van de gewassen, vooral ook van de stikstof, zoals uit het werk van CHAMINADE, 1956, overtuigend naar voren komt.

[93] 3.3.2. FACTOREN DIE INVLOED OP DE CHEMISCHE TOESTAND VAN DE GROND UITOEFENEN

De chemische toestand van de grond, die in nauwe betrekking staat met de minerale voeding van de plant, wordt in dit hoofdstuk besproken. De beschikbaarheid van een element voor de plant is benaderd door zijn oplosbaarheid in verdunde zuren te bepalen. Een voldoende gehalte van het betreffende element in het bodemextract waarborgt echter nog niet in alle gevallen een goede opname. Zoals in het voorgaande is behandeld, zijn er vele neven-oorzaken in de bodem, die de opname mede bepalen. Verschillende factoren, die de chemische toestand van de grond beïnvloeden, zijn terloops reeds behandeld in de voorafgaande hoofdstukken. In een meer systematisch verband worden deze in het volgende betoog opgenomen.

3.3.2.1. *De fysische toestand van de grond*

Slechts een aspect, de waterhuishouding, van de fysische toestand van de grond zal

behandeld worden. De overige, waaronder de structuurfactoren, moeten buiten beschouwing blijven.

[94] *De mobilisatie van elementen in de grond onder invloed van de vochttoestand*
In een vochtige niet te natte grond wordt de beschikbaarheid van verschillende elementen beter. Voor het element stikstof is de toestand enigszins gecompliceerd,zoals in 3.3.1.4. is uiteengezet. Door een vochtige toestand van de grond, vooral indien deze door een niet ernstige droogte wordt afgewisseld, zal de nitrificatie met grote snelheid plaatsvinden. Anderzijds kan ook de opname van het nitraat onder die omstandigheden snel zijn. Uiteindelijk bezit een vochtige grond daardoor meestal een lager nitraatgehalte – tabel 17 en 18 –. Een te natte grond krijgt, door ontwijken van stikstof en stikstofoxyden en een trage nitrificatie, een lager stikstofgehalte.
Een vochtiger grond geeft een hoger kaligehalte, maar indien de grond te nat is, zal de hoeveelheid opneembaar kali weer dalen – 2.1.2.2. [31], tabel 25, 3.1.2., [80] –.
In een te natte grond zal het fosfaat minder oplosbaar worden – [88] –. In de potproef waarin wateroverlast is bezorgd aan jonge vruchtbomen, werd dit door de bodemanalyses ook aangegeven – 2.1.2.2., tabel 25 –. De mobilisatie van calcium, ijzer en fosfaat uit calciumfosfaat en basisch-ferri-fosfaat, geïncubeerd met organische stof onder anaerobe omstandigheden, wordt volgens GASSER en BLOOMFIELD, 1955, bij fosfaat echter gevolgd door een heradsorptie aan het basisch-ferri-fosfaat. In natte gronden worden de sporenelementen ijzer, mangaan en aluminium meer mobiel. Gronden, die een tijd lang onder anaerobe omstandigheden verkeren, zoals de grond van de verdrinkingsproef – 2.1.2.2. [31], tabel 25 en zie ook [88] – krijgen vooral grote hoeveelheden mobiel ijzer, in iets mindere mate mobiel mangaan, terwijl ook het aluminium een merkbare invloed ondergaat.

[95] *Uitspoeling van elementen in de grond*
Voornamelijk door de winterneerslag wordt een gedeelte van de gemakkelijk beschikbare voedingselementen uit de grond afgevoerd. In de zomer is er vrijwel geen neerslag die het grondwater bereikt.
Zoals in 2.3.1.3. is uiteengezet, bedraagt de gemiddelde hoeveelheid neerslag, die door drainage afgevoerd wordt in boomgaarden in zuidwest-Nederland circa 150 mm per winterperiode. Dit water voert, al naar de grondsoort en verdere nevenomstandigheden, een bepaalde hoeveelheid voedingselementen uit de grond weg.

Het bleek moeilijk, om van een redelijk aantal percelen het drainwater op te vangen. Gemakkelijker was het, om het grondwater enkele malen per winter te bemonsteren uit een nieuw geboord gat in de grond. De analyse van grond- en drainwater uit hetzelfde perceel toonde aan, dat er doorgaans geen grote verschillen in de chemische samenstelling van drain- en grondwater voorkwamen. Daarom is volstaan met de bemonstering van het grondwater uit een 30 à 50 tal fruitpercelen. Deze bemonstering is uitgevoerd in de winter na de zomers van 1950 en 1951.
De chemische samenstelling van het water veranderde enigszins in de loop van de winter; het werd vaak iets armer aan elementen. Daarom is tenminste tweemaal grondwater verzameld, aan het begin en aan het eind van de winterperiode waarin drainage voorkomt.

Het gehalte aan voedingselementen in het grondwater kan van perceel tot perceel

sterk uiteenlopen – tabel 72 –. Gemiddeld spoelt er uit de lichtere gronden meer kali uit en wellicht ook meer stikstof[1].
De zwaardere gronden verliezen meer magnesium. De lichtste gronden, die doorgaans ook kalkarmer zijn, verliezen het minst aan kalk. Fosfaat kon nergens in meetbare hoeveelheid in het grondwater aangetoond worden.
De afgevoerde hoeveelheid aan voedingselementen is nu berekend naar aanleiding van de gemiddelde gehalten aan elementen, die in het grondwater werden aangetroffen en een gemiddelde drainage van 150 mm per winter. Het resultaat is vermeld in tabel 73. Al naar de zwaarteklasse van de grond is uitgespoeld: 15–50 kg N/ha[2], geen fosfaat, 30–65 kg K_2O, 25–85 kg MgO, 250–650 kg kalk (als $CaCO_3$ berekend). Vergelijkbare gegevens over uitspoelingsverliezen in andere fruitteeltgebieden zijn ons niet bekend. Wel zijn er een aantal cijfers bekend over uitspoeling uit landbouwgronden. Uit het onderzoek van HUDIG en WELT, 1911, volgde, dat er jaarlijks een uitspoeling optrad bij een oudere, bovenin vrijwel ontkalkte, zavelgrond met een goed fosfaat- en een redelijk kaligehalte, van 5–8 kg N/ha, 0 kg P_2O_5, 8 kg K_2O en 350 kg $CaCO_3$. Deze hoeveelheden zullen nog wel verhoogd moeten worden met het materiaal, dat niet door de drains, maar door oppervlakkige afstroming of inzijging, de afwatering bereikte. Uit de gegevens van HUDIG en WELT valt af te leiden, dat deze niet meegetelde uitspoeling nog een aanmerkelijke hoeveelheid kan zijn. Uit het onderzoek met ondiepe lysimeters in Duitsland van KOEHNLEIN en KNAUER, 1958, valt alleen af te leiden, dat er geen fosfaat uitspoelde en dat de teelt van groenbemesting geen invloed had op de uitspoelingsverliezen. Verder zeggen de onderzoekingen met dergelijke ondiepe lysimeterbakken weinig over uitspoeling onder natuurlijke omstandigheden. Het langjarige Nederlandse onderzoek van MASCHHAUPT, 1941, werd helaas uitgevoerd met lysimeters zonder grondwaterstand en met een gestoord profiel. Omdat de bakken 1 meter diep waren is het eerstgenoemde niet zo bezwaarlijk. Het laatstgenoemde zal ook op den duur van minder invloed zijn. Na zekere tijd, waarin het effect van het invullen waarschijnlijk nagenoeg was verdwenen, bleek het gemiddeld verlies aan meststoffen uit de gebruikte jonge kalkrijke en matig fosfor- en kalirijke zavelgrond als volgt: 61 kg N/ha/jaar, 0,002 kg P_2O_5 58 kg K_2O, 46 kg MgO en 1200 kg $CaCO_3$. De uitspoelingsverliezen volgens MASCHHAUPT komen redelijk overeen met de verliezen uit fruitteeltgronden in het zuidwesten, alleen de verliezen aan stikstof en kalk zijn aanmerkelijk hoger uit de lysimeter. De uitspoeling volgens HUDIG en WELT ligt veel lager, maar ze betreft een oude grond, die geen grote voorraad aan kalk en gemakkelijk opneembaar kali bevatte, in tegenstelling tot de meeste fruitteeltgronden. De uitspoeling aan kalk op de zuidwestelijke zeekleigronden, voor zover dit geen zeer jonge gronden zijn, stemt meer overeen met die van HUDIG en WELT, dan met die van MASCHHAUPT. Wezenlijke verschillen in de uitspoeling bij fruitpercelen, ten opzichte van akkerbouwpercelen, zijn uit deze schaarse gegevens niet af te leiden.
Een opmerkelijke ervaring vermeldt PFAFF, 1958. De beregende lysimeters, begroeid

[1] Dit is niet aangetoond in ons onderzoek. Het is aannemelijk, dat de nitraatgehalten van het grondwater na de natte zomer van 1951 aanvankelijk hoger zijn geweest, maar dit eerst doorgezakte water is niet bemonsterd.
[2] Deze hoeveelheid zal wel iets te laag zijn. Zie voorgaande noot.

met groentegewassen, gaven gemiddeld over een serie proefjaren geen grotere verliezen aan stikstof door uitspoeling dan de onberegende. In zeer natte jaren was het verlies doorgaans wel groter.

[96] 3.2.2.2. *Chemische stoffen*

De invloed van de meststoffen kalksalpeter, zwavelzure ammoniak, kalkammonsalpeter, superfosfaat, zwavelzure kali, kalizout, kieserit, patentkali en landbouwkalk op de chemische toestand van de grond kon in pot- en veldproeven nagegaan worden – tabel 61c, 67c, 74 t/m 76 –. Bij de bemestingen, zoals deze tot voor kort werden gegeven, nam het gehalte aan fosfor en kali, in mindere mate aan magnesium, toe in fruitteelt gronden. Dit geldt voor een bemesting met 100–140 kg N/ha, als kalkammonsalpeter of zwavelzure ammoniak, gedeeltelijk als kalksalpeter; 60–100 kg P_2O_5 als superfosfaat of Thomasslakkenmeel en 100–160 kg K_2O als patentkali. Een bekalking werd slechts zelden toegepast. Deze verhoogt in merkbare mate zowel het calcium – als het magnesiumgehalte – tabel 61c –.
Of het gehalte aan nitraat, of aan totaal-stikstof, in de grond toeneemt door de jaarlijkse bemesting is niet bekend. Een complicatie bij de stikstofverrijking treedt nog op door een versneld vrijkomen van nitraat uit organische stof in de grond, als gevolg van het toedienen van kunstmeststikstof. Dit is vaak verondersteld, maar kort geleden bij onderzoek met radio-actieve stikstof duidelijk vastgesteld – WALLACE en SMITH, 1954 –.

Naast deze hoofdeffecten moeten nog enkele neveninvloeden genoemd worden van de voornaamste meststoffen.
Vooral op de kalkarme gronden en bij langdurige toepassing van zwavelzure ammoniak en in mindere mate met ammonium-nitraat – MIDDELBURG, 1957 – daalt de pH en vermindert het kalkgehalte in sneller tempo. – LEHR en HUDIG, 1947, tabel 61c –. Op de kalkrijke gronden is van deze invloed niets te bemerken op korte termijn – tabellen 74 t/m 76 –.
Door de fosfaatbemesting worden de sporenelementen minder oplosbaar – [88] en [90] –. Op de kalkarme gronden is de toevoer van calcium en vooral van magnesium uit het Thomasslakkenmeel van belang. De verminderde beweeglijkheid van de sporenelementen na een fosfaatbemesting is op de zure gronden niet van grote betekenis, omdat de voorziening met ijzer, mangaan en aluminium daar meestal is gewaarborgd.
De kalizouten kunnen de pH van kalkarme gronden verlagen – tabel 61c –. De mobiliteit van magnesium lijkt door flinke kalibemestingen soms te verminderen – tabel 74 –.
Naast de bekende verhoging van de pH, veroorzaakt een bekalking ook een vermindering van het gemakkelijk oplosbare deel van het gehalte aan de sporenelementen ijzer, mangaan en aluminium – DELVER en STRUYS, 1953, MIDDELBURG, 1957, PEECH, 1941 –.
Vooral de magnesiumrijke dolomietmergels kunnen het magnesiumgehalte van de grond verhogen, terwijl een bekalking ook het P_{MV} cijfer iets kan doen oplopen – DELVER en STRUYS, 1953 –.

Op de slechte oplosbaarheid van magnesium uit dolomiet, indien het voorkomt met veel calciumcarbonaat, is gewezen in [83].

3.3.2.3. *De bodembedekking en begroeiing*

[97] *De bodembedekking*

Een bodembedekking, in de vorm van een stro- of hooimulch, verhoogt het gehalte aan kalium in de grond, deels door toevoer van kalium, deels door de mobilisatie van aanwezig kali – [87] en [47] –. Na het aanbrengen van een stromulch volgt soms een meer of minder sterke daling van het nitraatgehalte, die gevolgd kan worden door een stijging tot hetzelfde peil als vóór het aanbrengen van de mulch – 3.3.1.4. –.
Het fosfaatgehalte kan soms dalen onder een mulch. Bij GOODE en WHITE, 1957, ging dit echter gepaard met een gelijktijdige daling van de pH.

De bodembegroeiing

[98] *Begroeiing met kruiden.* Vooral een grasbegroeiing verlaagt het nitraatgehalte van de grond – 3.3.1.4. –.
Bij een zware stikstofbemesting kan de bodem vooral aan kali verarmen, als het gemaaide gewas wordt weggevoerd – tabel 67c –. De kalirijke klavers kunnen op deze wijze bijvoorbeeld een tijdelijk tekort aan kali in de grond veroorzaken.
GOODE en WHITE, 1957, vonden, dat zowel het magnesiumgehalte als het kaligehalte daalde in een onbegroeide grond ten opzichte van een begroeide grond.
De sporenelementen ijzer en zink blijven door een bedekking beter voor de plant beschikbaar. Waarschijnlijk zijn ze, door het voorkomen van organische verbindingen, meer als beweeglijk chelaat gebonden dan in zwarte grond – 3.3.1.2. en 3.3.1.3. –.
Uitgezonderd bij het element stikstof, houdt een bedekking of begroeiing van de ondergrond de meeste elementen meer mobiel dan het zwarthouden van de grond.

[99] *Begroeiing met vruchtbomen.* De veranderingen in de chemische toestand van de grond door de teelt van fruit kon niet goed nagegaan worden, omdat de uitwerking van de bemesting de invloed van het gewas meestal verre overtreft. Onbemeste of gelijk bemeste fruit-, akkerbouw- of graslandpercelen naast elkaar, waren ook niet beschikbaar. Indirect kan toch een indruk over deze invloed van de fruitteelt op de grond verkregen worden door een berekening van de afgevoerde hoeveelheden elementen. Door de fruitteelt wordt jaarlijks met de oogst, het snoeihout en door de aangroei van de takken, de stam en de wortels, een hoeveelheid elementen blijvend aan de grond onttrokken.
De gegevens voor een dergelijke berekening, de grootte van de oogst, de hoeveelheid snoeihout, de aangroei van het gewas en de gehalten aan verschillende elementen in deze plantendelen, zijn op 4 of meer plaatsen in Zeeland verzameld. De gehalten aan elementen in de plant zijn vermeld in tabel 77. Ze wijken meestal niet sterk af van de gehalten die door andere auteurs zijn genoemd.
Door een normaal gewas appel en peer blijkt aldus gemiddeld de volgende hoeveelheid aan voedingselementen blijvend aan de grond te worden onttrokken – zie ook

tabel 78 –, resp. voor appel en peer: 29 en 31 kg N/ha, 9 en 8 kg P_2O_5, 38 en 48 kg K_2O, 96 en 114 kg CaO (171 en 186 kg $CaCO_3$), 7 kg MgO.
Deze hoeveelheden kunnen vergeleken worden met opgaven van enkele andere onderzoekers –tabel 79 –. Uit de berekeningen van het bekende Duitse onderzoek door STEGLICH en BARTH, 1907, volgen aanmerkelijk grotere onttrekkingen dan volgens de Amerikaanse onderzoekers BATJER en ROGERS, 1952 en ons onderzoek. De blijvende stikstofonttrekking volgens MAGNESS en REGEIMBAL, 1939, is aanzienlijk hoger dan de andere opgaven. De lagere calcium- en magnesiumonttrekkingen dan in onze gevallen behoeven geen verwondering te wekken, aangezien onze cijfers betrekking hebben op vruchtbomen, die op matig of behoorlijk kalkrijke klei groeiden, terwijl dit minder of niet het geval was bij de andere opgaven. Ook de grootte van de oogst, die in rekening wordt gebracht, kan aanmerkelijke verschillen geven bij het eindresultaat. Een moeilijk te controleren grootheid in de berekening is ook de blijvende onttrekking door de aangroei van de wortels.
In vergelijking met de onttrekking door akkerbouwgewassen – zie de LANDBOUWGIDS, ROEMER en SCHEFFER, 1949, – valt het op, dat de stikstof- en vooral de fosfaatonttrekking door fruit bescheiden is. De onttrekking van kali benadert de matige onttrekking door de granen. De calciumonttrekking is groot ten opzichte van de hakvruchten. De onttrekking aan kali door de weidebouw – VAN DER KLEY c.s., 1956 – is veel geringer, terwijl de fosfaatonttrekking niet zoveel hoger is dan bij fruit.
Vergeleken met andere vormen van landbouw moet de fruitteelt dus gezien worden als een teelt, waarbij weinig stikstof en fosfaat, een matige hoeveelheid kali en een flinke hoeveelheid kalk aan de bodem wordt onttrokken. De magnesiumonttrekking door fruit is niet groot – vergelijk JACOB, 1955, VII –.

[100] 3.3.2.3. *De meststoffenbalans van boomgaard.*

Wanneer de onttrekking van voedingselementen aan de grond wordt vergeleken met de toegediende bemesting, blijkt in welke mate de grond verarmt of rijker wordt aan gemakkelijk opneembare meststoffen.

Bij de opstelling van de meststoffenbalans komen enkele posten voor, waarvan de grootte moeilijk bepaald kan worden. Een van deze posten is de hoeveelheid voedingselementen, die uit de minerale reserve van de grond in de gemakkelijk opneembare vorm overgaat. Ook zou een post opgenomen moeten worden voor de hoeveelheid die in de grond wordt vastgelegd en niet direct voor de plant beschikbaar is.
De elementen, die met de neerslag aan de grond worden toegevoerd, zouden ook in rekening gebracht moeten worden. In industriegebieden zijn de hoeveelheden, die op deze wijze aan de grond ten goede komen niet te verwaarlozen – SCHARRER en FAST, 1951 –.

Wanneer de onbekende en minder belangrijke posten worden verwaarloosd, volgt dat in de meststoffenbalans alleen de volgende posten voorkomen: enerzijds de bemesting, anderzijds de blijvende onttrekking door de oogst en de groei van het gewas + de uitspoeling.
Een vergelijking van de hoeveelheid toegevoerde en afgevoerde elementen – tabel 80 – in fruitgronden in zuidwest-Nederland, geeft een gerede verklaring voor het reeds vermelde feit – 3.3.2.2. –, dat de grond bij de gebruikelijke bemesting steeds

rijker werd aan de elementen, die met de meststoffen werden toegediend – zie tabel 80 –.
Vooral de fosfaatverrijking is uit de meststoffenbalans direct aannemelijk te maken. Nu de fosfaatbemesting sterk verminderd is in de laatste jaren, valt omgekeerd ook geen snelle daling van het fosfaatgehalte te verwachten. De verrijking met kali zal minder snel verlopen, vooral omdat er een aanmerkelijke hoeveelheid kali uitspoelt. De verrijking met magnesium is slechts gering en valt vrijwel weg, als de kalibemesting niet in de vorm van patentkali wordt gegeven, of zonder kieserit bemesting. Het jaarlijkse kalkverlies uit de grond is voornamelijk het gevolg van de uitspoeling, niet zo zeer van de opname door het gewas.

[101] ## 3.4. HET REGIONALE OPTREDEN VAN VOEDINGSZIEKTEN

Uit de frequenties van de gehalten, die bij de chemische analyse van de grond in verschillende fruitgebieden zijn gevonden, kan een indruk over het voorkomen van verschillende voedingsziekten in deze gebieden verkregen worden.[1] – Deze frequenties zijn grafisch in de figuren 100 t/m 103 weergegeven –.

Het magnesiumgebrek, dat zowel in sterke mate door de fysische als door de chemische toestand van de grond wordt veroorzaakt, kan vooral bij het overschrijden van de „maximale K/Mg verhouding" verwacht worden. Helaas is het aantal magnesiumbepalingen in fruitteeltgronden te beperkt, om de frequentie van deze verhouding te kunnen gebruiken voor een schatting van het percentage bedrijven met magnesiumgebrek in verschillende gebieden.
Enige kwalitatieve indrukken over het optreden van magnesiumgebrek zijn uit de frequenties van het magnesiumgehalte wel te krijgen. Het lage magnesiumgehalte van de zandgronden – fig. 101 – en het hoge kaligehalte – fig. 102 – van de jonge zeekleien maakt een veelvuldig optreden van magnesiumgebrek daar waarschijnlijk. Het hoge kalkgehalte in vele jonge zeekleigronden vormt een tweede oorzaak – fig. 101 –. Een zelfde indruk geeft een beperkter aantal gegevens van het Proefstation voor de Fruitteelt V.G. – tabel 81 –.

Het ijzergebrek, vooral gebonden aan humusarme gronden met een hoog calcium- en fosfaatgehalte, zal vooral op de jonge zeeklei- en kalkrijke rivierkleigronden, evenals op de löss verwacht kunnen worden – fig. 101 –. De hoge frequenties van percelen met een pH_{KCl} groter dan 6,0 in de laag van 0-20 cm – zie tabel 82 – laten dit duidelijk zien. De chlorose-kansen worden door deze pH-waarden bepaald, omdat bij pH_{KCl} waarden lager dan 6,0 (pH-water lager dan 6,8) in de wortelzone geen ijzergebrek viel waar te nemen – 3.2.2.2. –.
Daar de ondergrond vaak een hogere pH dan de bovengrond bezit, kan het percentage percelen met chlorose dus nog wel hoger zijn dan tabel 82 aangeeft. Andere factoren kunnen het optreden van ijzergebrek echter tegengaan, zodat in werkelijkheid de

[1] De resultaten van het grondonderzoek door het Bedrijfslab. voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek vormden voornamelijk het uitgangspunt voor deze berekening. Ze zijn welwillend voor dit doel ter beschikking gesteld.

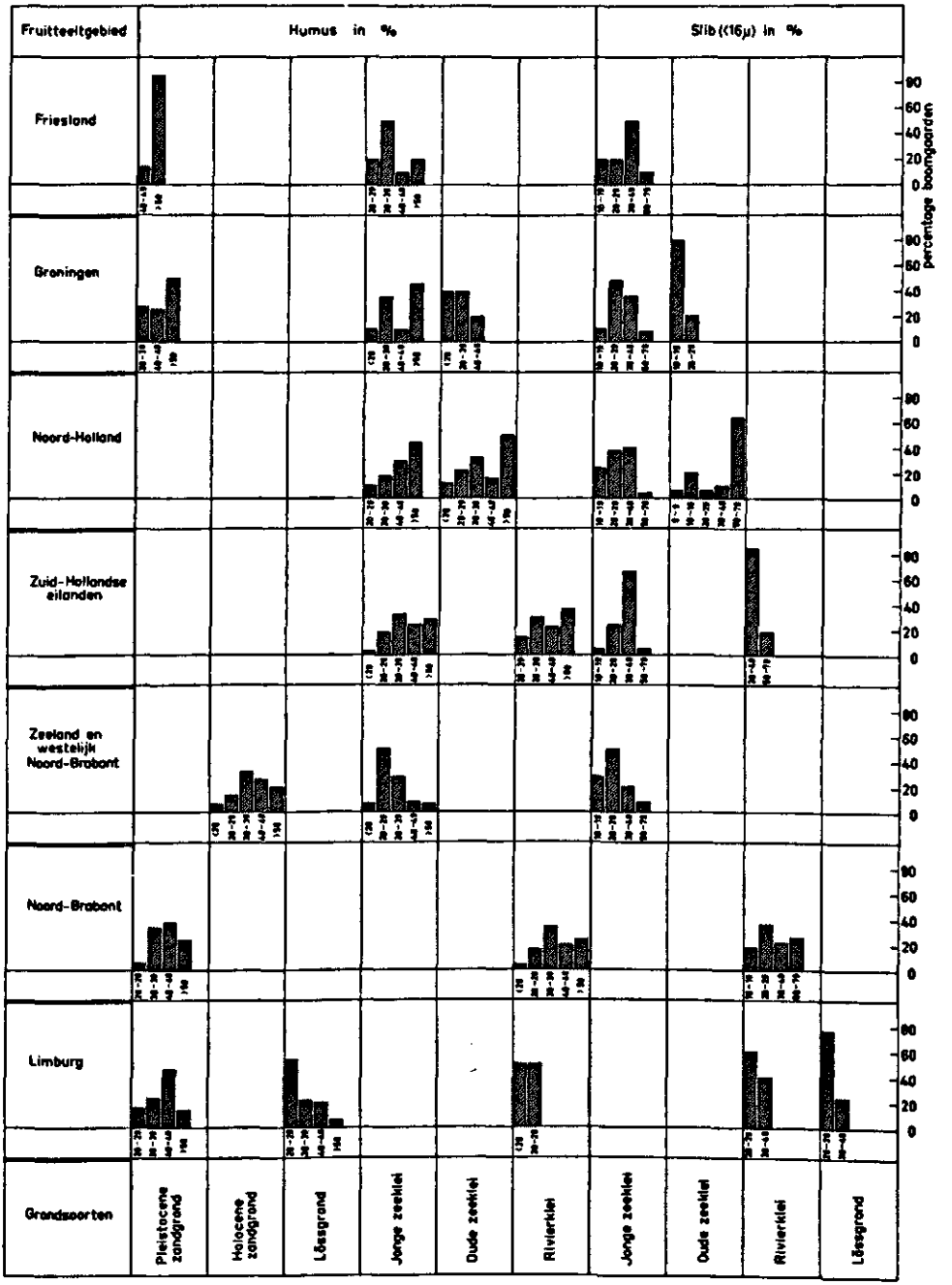


FIG. 100. Het humus- en slibgehalte van de bovengrond in boomgaard in bepaalde fruitteeltgebieden. Volgens opgave van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

FIG. 100. *Frequency diagrams of humus and clay* (< 0.016 *mm*) *contents in orchard soils* (0-20 *cm*) *from the main fruit growing areas; acc. B.L.G.G.O.*

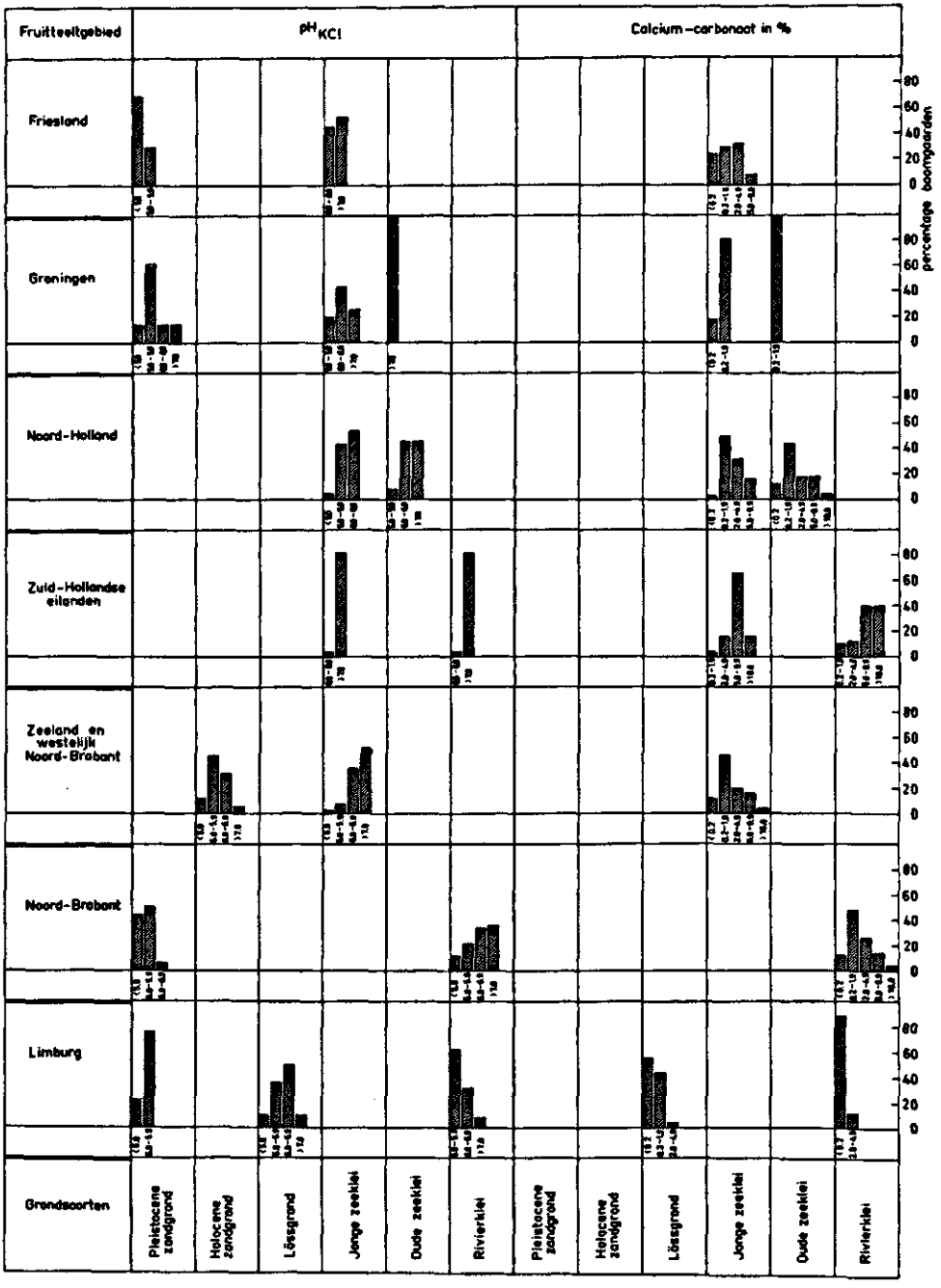


FIG. 101. De zuurgraad en het kalkgehalte van de bovengrond in boomgaard in bepaalde fruitteeltgebieden. Volgens opgave van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

FIG. 101. *Ibidem fig. 100, pH and % $CaCO_3$.*

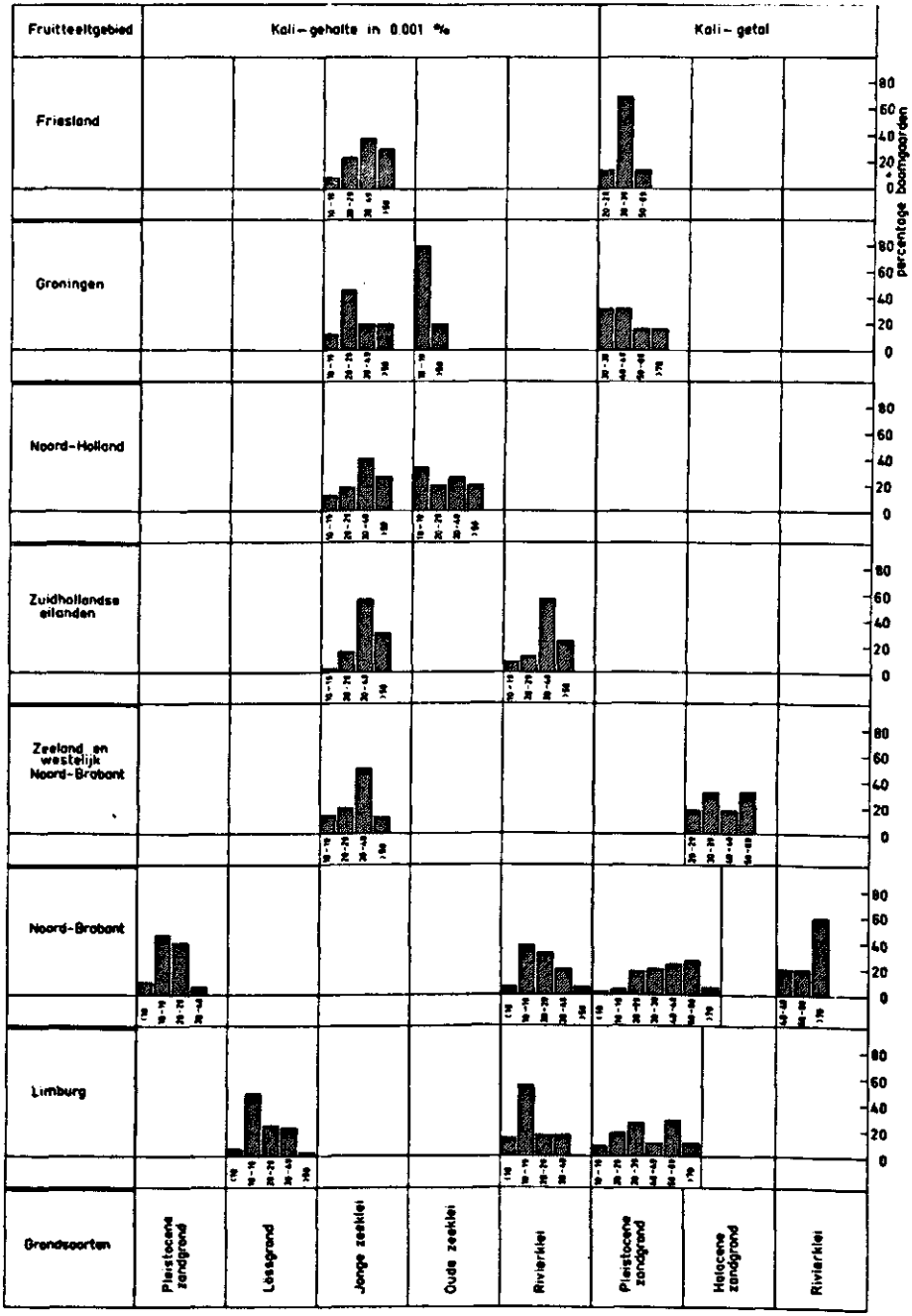


FIG. 102. De kali-toestand van de bovengrond in boomgaard in bepaalde fruitteeltgebieden. Volgens opgaven van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.
FIG. 102. *Ibidem fig. 100, potassium content.*

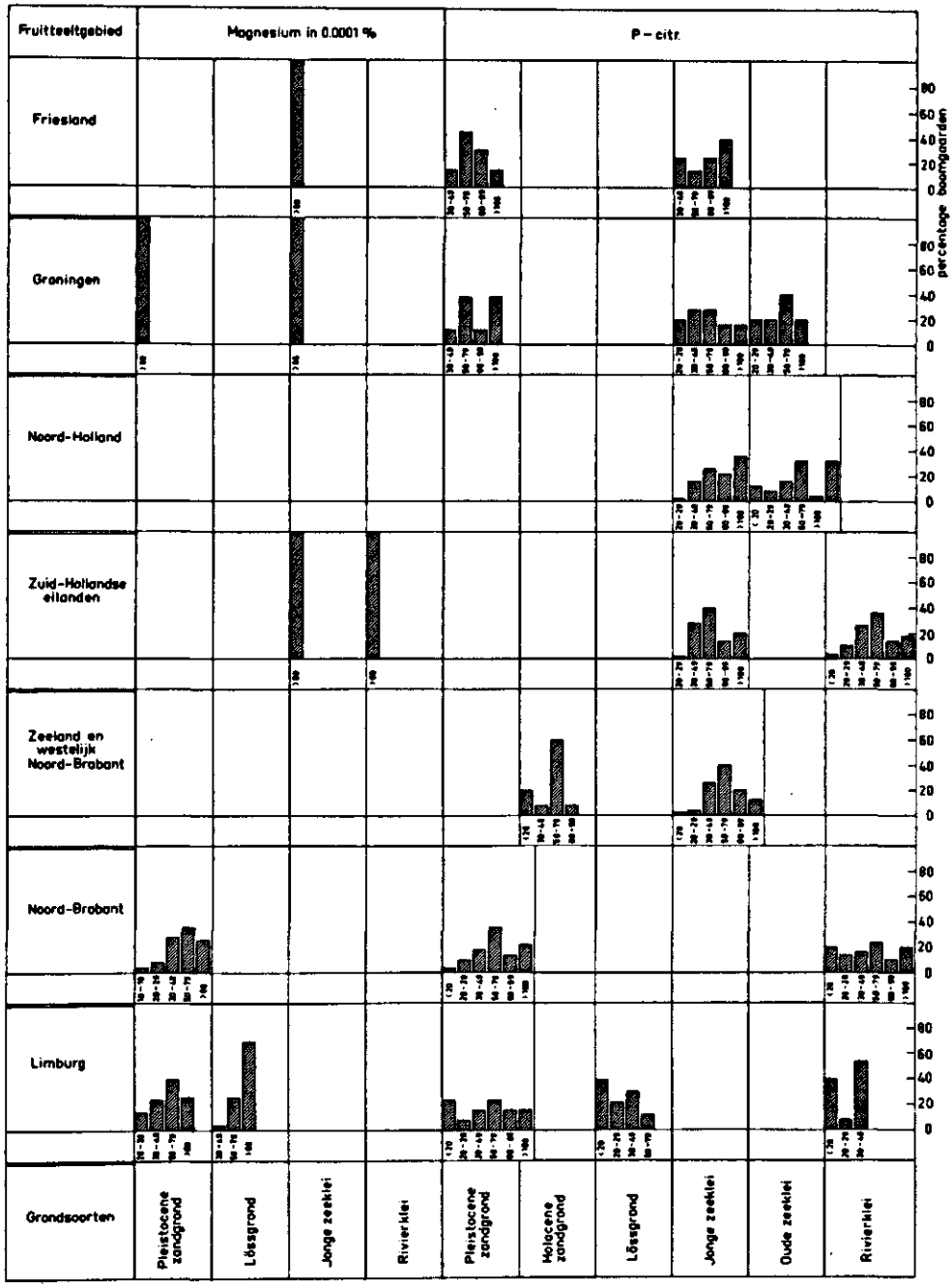


FIG. 103. De magnesium- en fosfaattoestand van de bovengrond in boomgaard in bepaalde fruitteeltgebieden. Volgens opgave van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

FIG. 103. *Ibidem fig. 100, magnesium and phosphate content.*

frequenties van het ijzergebrek gunstig zullen afwijken van de frequenties in tabel 82. De hoge fosfaatgehalten, die vooral in de noordelijke zeekleigronden voorkomen – fig. 103 – geven nog een extra aanleiding voor het optreden van ijzergebrek, evenals de lage humusgehalten van de zuidwestelijke zeekleigronden – fig. 100 –.
De pleistocene zandgronden zullen door hun kalkarmoede en hogere ijzergehalte veel minder of geen percelen met ijzergebrek dragen, vergeleken met de holocene zand- en kleigronden.

Het optreden van zinkgebrek, dat waarschijnlijk voor een deel door microbiologische oorzaken tot stand komt, valt uiteraard moeilijk uit de frequentie van de analyseresultaten van alleen chemisch onderzoek af te leiden. Op grond van het feit, dat geen zinkgebrek is aangetroffen op percelen met een $P_{citr.}$ gehalte lager dan 60 in de laag van 0-40 cm, is in tabel 82 een grove kans weergegeven op een mogelijk voorkomen van zinkgebrek. Hoge $P_{citr.}$ cijfers kunnen vooral op de noordelijke zeekleigronden en ook op de overige jonge zeekleigronden aangetroffen worden – fig. 103 –. Dit zijn veelal ook kalkrijke gronden – fig. 101 –, die meestal zwartgehouden worden, zodat daar een aantal oorzaken voorkomen, die gemakkelijk in een groter percentage van de fruitpercelen zinkgebrek kunnen veroorzaken. Op de pleistocene zandgronden komen hier en daar ook wel hoge $P_{citr.}$ cijfers voor, maar o.a. de kalkarmoede van de grond verhindert daar het optreden van zinkgebrek. Mede door hun fosfaatarmoede zullen de lössgronden niet spoedig zinkgebrek te zien geven.

4. DE PRAKTIJK VAN DE BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT

[102] ## 4.1. DOEL VAN DE BODEMBEHANDELING

Na de analyse van de invloed van de fysische en chemische toestand van de bodem op het gewas, die in de voorafgaande hoofdstukken is uitgevoerd, zal in dit hoofdstuk nagegaan worden, hoe bij de uitvoering van de bodembehandeling een optimale toestand van het gewas en de bodem benaderd kan worden, waarbij zoveel mogelijk aan de besproken normen wordt voldaan.

Het doel van de bodembehandeling, zoals gesteld in hoofdstuk 1, is het bijdragen tot het behalen van het hoogste rendement in de fruitteelt. Veelal zal dit benaderd worden met maatregelen, waardoor een hoge kg-opbrengst, tevens een forse groei en een gezond gewas kan worden verkregen. Een sterke groei behoeft bij de tegenwoordige cultuurmaatregelen, vooral door een matige snoei en het uitbuigen van de takken, niet tot onvruchtbaarheid te leiden zoals voorheen.

Voor het bereiken van dit doel zullen het gewas en de bodem in een optimale conditie moeten verkeren. Een conditie waarbij de hoogste opbrengst, of de gezondste toestand van het gewas verkregen kan worden.
De optimale conditie van de grond houdt onder meer de volgende voorwaarden in:
1. een voldoende hoeveelheid lucht en goede verversing van deze lucht,
2. een voldoende hoeveelheid water met een optimale vochtspanning,
3. een optimale hoeveelheid voedingselementen in een opneembare vorm en in de juiste onderlinge verhouding.
4. een gunstige temperatuur.
Nader omschreven behelst een optimale toestand van de bodem en het gewas het volgende:
Een groot poriënvolume in de grond is gewenst. Hoe groter het poriënvolume hoe meer lucht en water de grond kan bevatten. Door een diepe bewerking is het poriënvolume te vergroten. Doorgaans is deze verandering niet van blijvende aard. Vooral door een begroeiing, maar ook door een bedekking van de grond, wordt het poriënvolume meer blijvend vergroot. Dit geldt met name voor het volume aan grote poriën, dus het volume lucht. Deze werking van de begroeiing en de bedekking komt tot stand met medewerking van het biologisch leven in de grond.
De hoeveelheid lucht in de grond is gedurende de winter van minder belang, maar des te meer gedurende het groeiseizoen. In de laatstgenoemde periode moet in de belangrijkste lagen van de wortelzone meer dan 10% lucht aanwezig zijn – zie [17], [30] en 2.2. –. Daarom moeten hoge grondwaterstanden aan het begin van de zomer worden vermeden. De grondwaterspiegel in mei kan bepalend zijn voor de diepte van de wortelzone in profielen met een dalende grondwaterstand gedurende de zomer – zie 2.1.2.2. [30] en 2.2.3.1. –. De vochtspanning in de voedingszone (de laag van 0-40 cm) moet laag blijven; de pF mag maximaal 1,9-2,3 bedragen. Het vochtgehalte mag niet veel onder de veldcapaciteit dalen, gedurende de periode waarin de scheutgroei

plaatsvindt – zie 2.1.1.4. [17] en [19] –. In de latere periode, waarin de sterkste vruchtgroei valt, mag de vochtspanning wel meer oplopen, maar het vochtgehalte van de bovengrond moet ruim boven het verwelkingspunt blijven – zie 2.1.1.4. [18] –. Op droge gronden moet een begroeiing, zeker in het begin van de zomer, worden verwijderd. Een bedekking van de grond, of een oppervlakkige bewerking is dan op zijn plaats – zie 2.2.2. en 2.2.3.2. –.
Waterafvoer is van het grootste belang in de zomer. Vooral ook in het voor- en najaar vereist deze extra aandacht. Wateraanvoer is vooral in de eerste helft van het groeiseizoen van betekenis, op droge profielen en in droge seizoenen ook in de tweede helft van de zomer – zie 2.2. –. Normen voor de gehalten in het blad aan stikstof, kalium, magnesium en zink zijn gegeven in 3.2. Daarin zijn eveneens grenscijfers opgegeven voor de optimale bodemgehalten aan verschillende elementen. Het stikstofgebrek kan nog het beste vastgesteld worden aan de hand van het stikstofgehalte in het blad, omdat het gehalte in de bodem aan gemakkelijk opneembare stikstof sterk schommelt.
Bij de minerale voeding moet niet alleen op de hoeveelheid van een element worden gelet, maar ook op de verhouding waarin de elementen voorkomen. Op de armere lichte gronden vooral, kan deze verhouding gemakkelijk verstoord worden. Kalkrijke gronden vertonen ook vaak gewassen met gebreken aan sporenelementen door de kalkovermaat.
De vochthuishouding van de grond heeft een grote invloed op de beschikbaarheid van de elementen. Bij droogte worden de meeste voedingsziekten ernstiger, alleen het magnesiumgebrek komt dan minder naar voren.
Een hoog humusgehalte van de grond is gunstig. Het betekent een grote voorraad aan plantenvoedingselementen en een goede beschikbaarheid voor de plant van deze elementen.

In de voorgaande hoofdstukken zijn verschillende beoordelingsnormen gegeven op bodemfysisch en bodemchemisch gebied, die de optimale toestand nader omschrijven. Ook voor de optimale toestand van het gewas zijn normen gegeven. De ontbrekende normen zijn aan het onderzoek van andere auteurs, of aan de praktijkervaring in de fruitteelt ontleend.
Sommige factoren, die voor de plantengroei wel een grote betekenis hebben, kunnen onder de hedendaagse cultuurmethoden niet, of in onvoldoende mate, door de bodembehandeling beïnvloed worden b.v. de bodemtemperatuur.

Wij willen nauwkeurige rendementsberekeningen over de bodembehandeling hier bij gebrek aan gegevens, buiten beschouwing laten en slechts op enkele van de belangrijkste aspecten wijzen. Voor enkele systemen van bodembehandeling onder Nederlandse omstandigheden en bij een bepaalde economische toestand, zijn vroeger reeds rendementsberekeningen uitgewerkt – BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 –.

[103]

4.2. MAATREGELEN BIJ DE UITVOERING VAN DE BODEMBEHANDELING

Het gestelde doel moet bereikt worden door een juiste regeling van de onderdelen van

de bodembehandeling. De afzonderlijke maatregelen zullen hierna in het kort besproken worden.

Vooraf moet nog uitdrukkelijk gesteld worden, dat het dikwijls overweging verdient het gewas aan de bodem aan te passen, zodat men de maatregelen die veel kosten met zich meebrengen kan beperken. Dit onderwerp zal echter niet uitvoerig besproken worden.

Enkele voorbeelden kunnen de strekking van deze opmerking verduidelijken.

a. Door de keuze van de soort van het gewas kunnen minder gemakkelijk te behandelen gronden toch rendabel zijn bij een niet optimale bodembehandeling. De peer, vooral op kwee-onderstam, vraagt b.v. op een droge grond een grote wateraanvoer. Appel en vooral perzik, die beter droogte verdragen, zijn daarom beter voor deze grond geschikt. Anderzijds vraagt kruisbes een zo goede luchthuishouding, dat deze op natte slempige grond beter door peer of zwarte bes vervangen kan worden.

b. Ook door de keuze van het fruitras zijn bepaalde gronden zonder buitengewone kosten vaak nog bevredigend te behandelen. Het appelras Golden Delicious b.v. behoeft op droge gronden minder wateraanvoer, omdat het ongevoeliger is voor een daling van de vochttoestand van de grond dan het ras Cox O.P. Het aardbeienras Macherauchs Frühernte reageert veel scherper op de droogte dan het ras Talisman. Op natte gronden zal de appel Yellow Transparent moeilijk, het ras Bramley's Seedling wel, zonder speciale maatregelen te telen zijn.

c. Door de keuze van de onderstam kan eveneens veel moeite bespaard worden. Appels op de onderstam M IV, in mindere mate op M VII lijden op de kalk- en kalirijke gronden zeer snel aan ijzer- mangaan- en magnesiumgebrek. De bestrijding van deze voedingsziekten brengt dan veel moeite met zich mee. Hetzelfde geldt voor ijzergebrek bij peren op de kwee-onderstam. Op deze gronden zijn de appelonderstammen M II en M IX en de zaailing-peeronderstammen meer op hun plaats.

Op droge gronden blijken de onderstammen M IV en de kwee evenmin te voldoen. Pitvruchten op kaliarme en nattere gronden blijken het beste te groeien op de zaailing onderstam en appel op type M IV.

d. Sommige cultuurmaatregelen kunnen ook meewerken om de regeling van de bodembehandeling te vergemakkelijken. Een nauwere beplanting maakt een te ondiep doorwortelbare droge grond zonder grote wateraanvoer, toch redelijk rendabel. Het uitbuigen van de takken aan bomen met een te sterke groei, maakt een vroegere vruchtbaarheid zonder sterke snoei mogelijk. Een zware bodembegroeiing is dan niet nodig om deze groei te temperen.

Hoewel deze aanpassingen van het gewas aan de bodemkundige toestand tot belangrijke resultaten kan leiden, zal met een passende bodembehandeling meestal een hogere produktie behaald kunnen worden.

[104] 4.2.1. DE GRONDBEWERKING

In deze paragraaf zal alleen de ondiepe grondbewerking behandeld worden. Diepe grondbewerkingen, die in bepaalde gevallen zeer gunstige resultaten kunnen opleveren – zie b.v. Jaarverslag Proefstation Fruitteelt V.G. 1956, pag. 23, 1957, pag. 19 –, zullen niet besproken worden.

De bodembewerking in boomgaard kan nodig zijn om de groei van onkruid te voorkomen in een tijd, waarin het teveel met de vruchtbomen concurreert. Een minder ingrijpende vorm van bodembewerking kan uitgevoerd worden door de blijvende begroeiing licht te schijfeggen, of te bewerken met een cultivator in het voorjaar – DAVIDSON, 1942, KENMAN en MAGNESS 1935/40 e.a. –. Hierdoor vermindert de con-

currentie van de ondergroei met de boom, maar de bodembegroeiing blijft toch leven, zodat deze in een latere meer geschikte periode de bodem weer volledig begroeit.
Het maken van een zaaibed, voor het uitzaaien van een bodembegroeiing, vraagt doorgaans een behoorlijke bewerking om een bevredigende vernietiging van het onkruid te verkrijgen en een snelle dichte groei van het ondergewas te bevorderen.
Uit de omstandigheid, dat 50 % van alle dunne wortels ondieper dan 40 cm voorkomt, volgt dat de grondbewerking zo ondiep mogelijk uitgevoerd moet worden. Op plaatsen waar verdichtingen voorkomen, b.v. in wielsporen, kan het van belang zijn de grond een enkele maal dieper los te maken om, ten koste van een tijdelijke wortelverstoring, een blijvende verbetering in de beworteling te verkrijgen.
Het kan ook gewenst zijn dat de bovengrond wordt losgemaakt, om uitdroging van de grond te voorkomen. Op deze wijze wordt de bodembegroeiing onder de bomen gedood en ontstaat er bij drogend weer een „mulchlaag" van uitgedroogde bovengrond, die een verdere uitdroging van diepere lagen tegengaat. Aangezien een dunne „mulchlaag" de verdamping uit de grond reeds sterk vermindert, zal ook om deze reden geen diepe grondbewerking nodig zijn.
Een grondbewerking moet dikwijls als een noodzakelijk kwaad gezien worden. Ze veroorzaakt vooral op slempende gronden een afbraak van de structuur, dus van de fysische toestand van de grond. Het bleek op bepaalde gronden in de citruscultuur zelfs mogelijk om de grond in een redelijke toestand te houden zonder enige extra toevoer van organische stof, indien het onkruid chemisch werd bestreden en geen enkele grondbewerking werd uitgevoerd – FRITH, 1952, PROEBSTING, 1955 –. Hoe deze gronden zich op de lange duur zullen ontwikkelen moet nog blijken.
Het blijvend zwarthouden van de grond is, zoals de ervaring bij binnen- en buitenlandse proeven aangeeft, een ongeschikte bodembehandeling – zie b.v. ANTHONY, 1931, BAKER, 1936, KENWORTHY, 1957, OSKAMP, 1920, ROGERS en GREENHAM, 1948, SPRENGER en TER KUILE, 1949, e.v., BUTIJN en SCHUURMAN, 1957 –. Dit geldt wel in sterke mate voor hellende terreinen. Op den duur loopt de produktie in zwartgehouden gronden vaak terug, vooral door een achteruitgang van de fysische toestand van de grond. Of het zwarthouden van de bodem in het voorjaar, afgewisseld met een onkruidbegroeiing in de rest van het jaar, de bodem in boomgaarden in orde houdt, kunnen alleen langjarige proeven uitwijzen. Globaal gezien valt het te betwijfelen, of de geringe toevoer aan organische stof, door de onkruiden – zie b.v. BUTIJN, 1951 – en het afgevallen blad, voldoende is om het biologisch leven en daarmee de structuur van de grond, op den duur op peil houden. Wanneer men de toestand in de fruitteelt vergelijkt met de situatie in de akkerbouw, dan blijkt dat bij een „eeuwige graanverbouw" de structuur van de grond redelijk bevonden wordt. Dit is dan het geval bij een jaarlijkse toevoer van ca 3 ton droge organische stof, in de vorm van wortel- en stoppelresten – GOEDEWAAGEN en SCHUURMAN, 1950 –. Bij de teelt van hardfruit zal er door het afgevallen blad en het onkruid resp. 2 t + 2 t = 4 t, bij de teelt van klein fruit slechts 2 à 3 t, (droge) organische stof aan de bodem toegevoegd worden. De grond onder het graan is bovendien gedurende het grootste deel van het jaar bedekt. In het voorjaar en gedurende een deel van de winter zal de grond in een boomgaard echter onbedekt blijven. Ook wordt de grond in boomgaard gedurende de winter meer

bereden en belopen, zodat het verlies aan organische stof en de structuur-teruggang in sterkere mate plaats kunnen vinden, dan bij de permanente verbouw van graangewassen.

Door een chemische onkruidbestrijding kan de grondbewerking vrijwel worden vervangen indien ze alle ,of een groot deel van de begroeiing doodt. Met bepaalde middelen kan de aanwezige begroeiing ook zodanig in zijn ontwikkeling geremd worden, dat deze geen kans krijgt om een belangrijke concurrent van de vruchtbomen te zijn.
Verschillende chemische preparaten – V. OORSCHOT en STAALDUINE, 1958, PROEBSTING, 1955, WHITE, 1957, ZONDERWIJK, 1959 – worden voor deze behandelingen aanbevolen.
Zoals reeds is opgemerkt, blijkt het onkruidvrij-houden van de grond zonder bewerking, soms minder nadelig dan een onkruidbestrijding gedurende het gehele jaar, die met een grondbewerking verkregen wordt. Door een onkruidbestrijding, gedurende het gehele jaar, met behulp van olie, kregen wij daarentegen op een matig humushoudende kalkrijke zavelgrond reeds na enkele jaren een aanmerkelijke verkorsting van de bovengrond. Als tijdelijke maatregel heeft de chemische onkruidbestrijding zijn aantrekkelijke zijden. Het rendement van deze maatregel zal nog nader onderzocht moeten worden, omdat sommige onkruidbestrijdingen nog vrij duur zijn. Ook zal de mogelijkheid bestudeerd moeten worden, of bepaalde moeilijk te bewerken stroken grond (b.v. de strook dichtbij de stam van een vruchtboom, of vlak bij de voet van een bessenstruik) niet beter met een mulch bedekt kunnen worden, in plaats van met een chemische onkruidbestrijding behandeld. Een bedekking met een mulch is bodemkundig gezien beter, maar in deze speelt het rendement eveneens een grote rol.

[105] 4.2.2. DE TEELT VAN EEN BEGROEIING

Met het oog op de concurrentie bij de opname van vocht- en voedingselementen uit de bodem door de ondergroei is een bodembegroeiing in het algemeen ongewenst – zie 2.1.1.4. [21], 2.2.2. en 3.3.1.4. –. Aangezien het zwarthouden van de grond op den duur tot een achteruitgang van de bodemvruchtbaarheid leidt, wordt vaak een begroeiing van de bodem toegelaten of opzettelijk geteeld.
De teelt van een bodembegroeiing kan op velerlei wijzen uitgevoerd worden. Deze uitvoering moet zodanig worden geregeld, dat zowel met de eisen, die het gewas op kortere termijn stelt, rekening wordt gehouden, als met de bodemkundige eisen op langere termijn in verband met de verbetering, of het onderhoud van de bodemvruchtbaarheid.
Vooral een blijvende begroeiing, maar ook een mulch, kan de fysische toestand van de grond verbeteren of de gewenste structuur in stand houden. De doorworteling van de grond, of de bescherming van de oppervlakte tegen neerslag en mechanische druk, veroorzaken dit effect. Ook dient het gevormde organische materiaal als energiebron voor de bodemorganismen, die door hun activiteit een gunstige invloed op het poriënvolume uitoefenen.
Een begroeiing heeft over het algemeen een gunstige invloed wanneer voedingsziekten optreden, alleen het stikstof- en mangaangebrek worden er in bepaalde gevallen door versterkt.
De begroeiing kan blijvend of tijdelijk zijn. De blijvende kan weer verdeeld worden in een begroeiing, die slechts gedurende enkele jaren aanwezig blijft en een begroeiing die voor onbepaalde tijd gehandhaafd wordt.
In een jonge boomgaard wordt een begroeiing, althans binnen het bereik van de vruchtboomwortels, in de eerste 4 tot 6 jaar na het planten in het algemeen niet aan-

bevolen. Vooral de concurrentie van gras bij de jonge bomen blijkt te sterk, om een bevredigende groei van het jonge gewas te verzekeren.

[106] 4.2.2.1. *De teelt van een blijvende begroeiing*

Onder een blijvende begroeiing, die slechts enkele jaren wordt aangehouden, vallen de meerjarige klavers en de kortdurende kunstweiden. In de fruitteelt op de zwaardere gronden is meerjarige witte klaver gedurende 3 à 4 jaren soms een geslaagde begroeiing, terwijl de honingklaver en rode klaver gedurende enkele jaren ook voldoen. De laatstgenoemde klavers zullen echter meermalen gemaaid moeten worden, omdat het gewas zonder maaien te hoog wordt. De kortdurende kunstweiden, zoals deze in de akkerbouw worden aanbevolen – zie b.v. de LANDBOUWGIDS en FRANKENA, 1947 – worden reeds gedurende een tiental jaren door de medewerkers van het Engelse fruitteeltproefstation East Malling genoemd, als een doeltreffende begroeiing ter verbetering van de grond – ROGERS en GREENHAM, 1948a, 1948b –. In een vroegere tijd werd het scheuren van een blijvende, op natuurlijke wijze gevormde, grasmat in de boomgaard, na verloop van een korte reeks van jaren, ook wel aanbevolen – ANTHONY, 1931 –, hetgeen op hetzelfde neerkomt.

Door een blijvende begroeiing kan vooral in het droge voorjaar een ernstige vocht- en voedselconcurrentie met het fruitgewas veroorzaakt worden. Alleen op natte gronden, of wanneer door beregenen of bevloeien de droge bovengrond in het voorjaar bevochtigd kan worden, zal een blijvende begroeiing aanbeveling verdienen. Dit is met veldproeven reeds een halve eeuw geleden nagegaan – HEDRICK ,1914 –.

Door de keuze van de gewassen kan een blijvende begroeiing nog verder aangepast worden aan de eisen voor een optimale conditie van het gewas en de bodem. Onder de grassen bevinden zich zeer fors en vrij zwak groeiende rassen, waarbij het bekend is, dat de eerstgenoemde meer vocht en meer voedingsstoffen zullen gebruiken – GOODE, 1955b –. Ook door het vaak maaien van de begroeiing wordt haar concurrentie met de vruchtbomen verminderd – GOODE, 1955a –. Uit de voorlopige indrukken van de bodembehandelingsproeven in ons land – zie ook 2.2.2.1., proefplek III – bleek, dat door het opvoeren van de maaifrequentie tot tweemaal maaien per maand de concurrentie van het gras toch niet bevredigend verminderd kon worden. Nog vaker maaien geeft een aanmerkelijke verzwakking van de grasgroei en een vermindering van de produktie aan organische stof – POUWER, 1957 – waardoor de begroeiing niet meer aan zijn doel beantwoordt. Om een te sterke verzwakking van het grasbestand te voorkomen mag na half september niet worden gemaaid – PALMER en VAN HAARLEM, 1948 –.

De groei en de drogestof produktie van verschillende gewassen, die als meerjarige begroeiing gebruikt kunnen worden in ons land, zijn reeds vroeger uitvoerig beschreven – BUTIJN, 1951, 1952 –.

Wegens een mogelijke wederzijdse (waarschijnlijk chemische) invloed, allelopatie – zie o.a. PICKERING, 1917, GRÜMMER, 1955, – zou het resultaat van bepaalde combinaties van onderteelt en fruit gedurende verscheidene jaren nagegaan moeten worden. In principe is het bestaan van gewassen, die een ongunstige of een gunstige invloed op

het fruitgewas uitoefenen, niet ondenkbaar. Zo meende MOSER, 1955, het bestaan van „Rebholde" gewassen voor de wijndruif te kunnen vaststellen.

In de keuze van de begroeiing moet steeds in het oog gehouden worden, dat het gebruikte gewas in de fruitteelt moet passen, waardoor het vereist kan zijn het gewas te maaien, of dicht tegen de grond te vlijen door slepen of rollen. Sommige groenbemestingsgewassen, b.v. honingklaver en Siletta, worden zo hoog, dat de vruchten van het fruit in de ondergroei komen te hangen, waardoor ze gevoeliger worden voor schurft en dergelijke ziekten. Bepaalde gewassen bevorderen ook het optreden van sommige plagen; bijna alle groenbemestingsgewassen bijvoorbeeld, behalve grassen, geven meer schade door de Zuringbladwesp.

Bij de teelt van een blijvende bodembegroeiing is nog een factor van groot belang gebleken, die in ons land pas in de laatste jaren meer aandacht heeft gekregen. Boven een begroeide en bedekte grond zijn de temperatuursminima lager dan bij een zwartgehouden grond en kan de schade door nachtvorst tijdens de bloei dus aanmerkelijk groter zijn – PETERSON, 1958, SCHARRINGA, 1959 en VAN DIJK, 1959 –. Het korthouden van de begroeiing is gunstig om een sterke temperatuursdaling tegen te gaan. In welke mate kort maaien invloed heeft, is echter onvoldoende bekend. Dit geldt ook voor het kort houden van een begroeiing, die slechts op de stroken tussen de bomen wordt aangehouden.

Een strooksgewijze teelt van een begroeiing is reeds lang bekend. In de laatste jaren is de ligging van de blijvend begroeide strook echter veranderd. Terwijl vroeger vaak onder de bomen een meer of minder groot oppervlak begroeid bleef – DAVIDSON, 1942, PIENIAZEK c.s., 1955 – is ,door de invoering van de verstekfrezen en de toepassing van de chemische onkruidbestrijding, de mogelijkheid ontstaan, om een strook grond onder de boomrijen onbegroeid te houden en de strook tussen de rijen begroeid te laten – BUTIJN en WIERSMA, 1959 –. De begroeide strook tussen de rijen kan gebruikt worden voor het berijden en betreden van de grond, hetgeen vooral in natte perioden een achteruitgang van de fysische toestand van de grond door verdichting zal voorkomen.

[107] 4.2.2.2. *De teelt van een tijdelijke begroeiing*

In gevallen waar een begroeiing een te grote concurrentie voor het fruit oplevert, zal voor het behoud van een gunstige fysisch-chemische toestand van de grond een tijdelijke begroeiing gekozen worden.

Vele gewassen zijn voor deze begroeiing aanbevolen – zie o.a. HIBBARD, 1944, PALMER en VAN HAARLEM, 1948, ROGERS en RAPTOPOULUS 1946, UPSHALL c.s., 1945, WILCOX, 1954 –. Gewassen die in ons land voldoen, zijn reeds vroeger behandeld – BUTIJN, 1951, 1952 –.

Al naar de groeitijd kunnen deze groenbemestingsgewassen ingedeeld worden in zomer-, najaars- en eventueel wintergroenbemestingsgewassen. Voor een goede bodembescherming in de winter, met zijn ongunstige invloed op de structuur van een onbedekte en onbewerkte grond, is een winterhard gewas van belang. Als zodanig is een „wintergrasmat" – MACLEAN, 1957, BUTIJN, 1957 – zeer geschikt.

Hoe minder vocht de wortelzone aan de plant beschikbaar kan stellen, hoe later de

groenbemesting gezaaid moet worden. Op droge fruitgronden, zonder mogelijkheid van wateraanvoer, zal elke begroeiing in het voorjaar vermeden moeten worden – 2.2.2. –. Of de groenbemesters het beste voor of na de winter uitgereden kunnen worden, is onvoldoende bekend. In streken met een hellende grond – ALDERFER en SHAULIS, 1943 – zal het gewas liefst zo lang mogelijk op de grond moeten blijven. ANTHONY, 1931, geeft aan, dat naar aanleiding van ervaring in de akkerbouw, de groenbemesting liefst groen ondergewerkt moet worden. MITSCHERLICH en ATANASIU, 1952, vonden echter een wisselend effect van het onderwerken in het najaar of in het voorjaar, zodat zij geen duidelijke voorkeur konden geven.

Vooral met het oog op de uitvoering van de bespuitingen met zware machines in het voorjaar, moet de grond midden tussen de boomrijen liefst niet bewerkt worden. Daarom is de strooksgewijze teelt van een tijdelijke bodembegroeiing, die alleen onder de bomen groeit, naar voren gekomen. Tussen de rijen ligt dan een strook met een blijvende begroeiing. Dit systeem is in het voorgaande reeds genoemd. In plaats van een bewerking, gevolgd door een tijdelijke begroeiing van de grond onder de boomrijen, kan ook een mulch op deze strook aangebracht worden, of de gehele strook kan met een chemisch onkruidbestrijdingsmiddel worden behandeld.

[108] 4.2.3. HET AANBRENGEN VAN EEN BEDEKKING

Een bodembedekking zal doorgaans als een blijvende, voor onkruid ondoordringbare, laag op de grond aangebracht worden. Hiervoor wordt meestal stro gebruikt. De eerste maal bij het aanbrengen zal het, indien het alle onkruid moet verstikken, in een hoeveelheid van 40 ton stro per ha gebruikt moeten worden. Na dit begin kan jaarlijks met een aanvulling van 20 ton per ha worden volstaan.
Omdat de bodembedekking van het grootste belang is in het voorjaar en in de voorzomer, kan de nieuwe strolaag het beste in het voorjaar uitgelegd worden.
Aangezien de koolstof/stikstof-verhouding in graanstro zodanig is, dat een stikstoffixatie en bijgevolg stikstofgebrek in het gewas af en toe voorkomt, wordt ook wel stikstofrijker materiaal gebruikt voor de mulchlaag.
Volgens HARLEY, 1953, moet het mulchen met materiaal uitgevoerd worden, dat meer dan 2 % N bevat. Hiervoor is hooi van vlinderbloemigen geschikt. Deze aanbeveling geldt waarschijnlijk voor streken, waar de stikstofbemesting van het fruit nog geen grote vlucht heeft genomen.
Een bedekking, die desnoods ieder jaar opgenomen en weer kan worden uitgerold, kan bestaan uit een plastic-folie. De duurzaamheid en het langjarig effect van deze kort geleden ingevoerde bedekking – BUTIJN en WIERSEMA, 1959 – zal nog verder nagegaan moeten worden.
Een bedekking wordt vaak niet op de gehele oppervlakte aangebracht, maar strooks- of cirkelsgewijs onder boomrijen, of afzonderlijk staande bomen. Vooral in de Verenigde Staten wordt een mulch onder de bomen, gecombineerd met een blijvende grasbegroeiing op de rest van de oppervlakte, als een van de modernste bodembehandelingen beschouwd – BOYNTON en MAGNESS, 1957 –.
Van de gevaren, die een mulch met zich meebrengt, moet naast het grotere brand-

het fruitgewas uitoefenen, niet ondenkbaar. Zo meende MOSER, 1955, het bestaan van „Rebholde" gewassen voor de wijndruif te kunnen vaststellen.

In de keuze van de begroeiing moet steeds in het oog gehouden worden, dat het gebruikte gewas in de fruitteelt moet passen, waardoor het vereist kan zijn het gewas te maaien, of dicht tegen de grond te vlijen door slepen of rollen. Sommige groenbemestingsgewassen, b.v. honingklaver en Siletta, worden zo hoog, dat de vruchten van het fruit in de ondergroei komen te hangen, waardoor ze gevoeliger worden voor schurft en dergelijke ziekten. Bepaalde gewassen bevorderen ook het optreden van sommige plagen; bijna alle groenbemestingsgewassen bijvoorbeeld, behalve grassen, geven meer schade door de Zuringbladwesp.

Bij de teelt van een blijvende bodembegroeiing is nog een factor van groot belang gebleken, die in ons land pas in de laatste jaren meer aandacht heeft gekregen. Boven een begroeide en bedekte grond zijn de temperatuursminima lager dan bij een zwartgehouden grond en kan de schade door nachtvorst tijdens de bloei dus aanmerkelijk groter zijn – PETERSON, 1958, SCHARRINGA, 1959 en VAN DIJK, 1959 –. Het korthouden van de begroeiing is gunstig om een sterke temperatuursdaling tegen te gaan. In welke mate kort maaien invloed heeft, is echter onvoldoende bekend. Dit geldt ook voor het kort houden van een begroeiing, die slechts op de stroken tussen de bomen wordt aangehouden.

Een strooksgewijze teelt van een begroeiing is reeds lang bekend. In de laatste jaren is de ligging van de blijvend begroeide strook echter veranderd. Terwijl vroeger vaak onder de bomen een meer of minder groot oppervlak begroeid bleef – DAVIDSON, 1942, PIENIAZEK c.s., 1955 – is ‚door de invoering van de verstekfrezen en de toepassing van de chemische onkruidbestrijding, de mogelijkheid ontstaan, om een strook grond onder de boomrijen onbegroeid te houden en de strook tussen de rijen begroeid te laten – BUTIJN en WIERSMA, 1959 –. De begroeide strook tussen de rijen kan gebruikt worden voor het berijden en betreden van de grond, hetgeen vooral in natte perioden een achteruitgang van de fysische toestand van de grond door verdichting zal voorkomen.

[107] 4.2.2.2. *De teelt van een tijdelijke begroeiing*

In gevallen waar een begroeiing een te grote concurrentie voor het fruit oplevert, zal voor het behoud van een gunstige fysisch-chemische toestand van de grond een tijdelijke begroeiing gekozen worden.

Vele gewassen zijn voor deze begroeiing aanbevolen – zie o.a. HIBBARD, 1944, PALMER en VAN HAARLEM, 1948, ROGERS en RAPTOPOULUS 1946, UPSHALL c.s., 1945, WILCOX, 1954 –. Gewassen die in ons land voldoen, zijn reeds vroeger behandeld – BUTIJN, 1951, 1952 –.

Al naar de groeitijd kunnen deze groenbemestingsgewassen ingedeeld worden in zomer-, najaars- en eventueel wintergroenbemestingsgewassen. Voor een goede bodembescherming in de winter, met zijn ongunstige invloed op de structuur van een onbedekte en onbewerkte grond, is een winterhard gewas van belang. Als zodanig is een „wintergrasmat" – MACLEAN, 1957, BUTIJN, 1957 – zeer geschikt.

Hoe minder vocht de wortelzone aan de plant beschikbaar kan stellen, hoe later de

groenbemesting gezaaid moet worden. Op droge fruitgronden, zonder mogelijkheid van wateraanvoer, zal elke begroeiing in het voorjaar vermeden moeten worden – 2.2.2. –. Of de groenbemesters het beste voor of na de winter uitgereden kunnen worden, is onvoldoende bekend. In streken met een hellende grond – ALDERFER en SHAULIS, 1943 – zal het gewas liefst zo lang mogelijk op de grond moeten blijven. ANTHONY, 1931, geeft aan, dat naar aanleiding van ervaring in de akkerbouw, de groenbemesting liefst groen ondergewerkt moet worden. MITSCHERLICH en ATANASIU, 1952, vonden echter een wisselend effect van het onderwerken in het najaar of in het voorjaar, zodat zij geen duidelijke voorkeur konden geven.

Vooral met het oog op de uitvoering van de bespuitingen met zware machines in het voorjaar, moet de grond midden tussen de boomrijen liefst niet bewerkt worden. Daarom is de strooksgewijze teelt van een tijdelijke bodembegroeiing, die alleen onder de bomen groeit, naar voren gekomen. Tussen de rijen ligt dan een strook met een blijvende begroeiing. Dit systeem is in het voorgaande reeds genoemd. In plaats van een bewerking, gevolgd door een tijdelijke begroeiing van de grond onder de boomrijen, kan ook een mulch op deze strook aangebracht worden, of de gehele strook kan met een chemisch onkruidbestrijdingsmiddel worden behandeld.

[108] 4.2.3. HET AANBRENGEN VAN EEN BEDEKKING

Een bodembedekking zal doorgaans als een blijvende, voor onkruid ondoordringbare, laag op de grond aangebracht worden. Hiervoor wordt meestal stro gebruikt. De eerste maal bij het aanbrengen zal het, indien het alle onkruid moet verstikken, in een hoeveelheid van 40 ton stro per ha gebruikt moeten worden. Na dit begin kan jaarlijks met een aanvulling van 20 ton per ha worden volstaan.
Omdat de bodembedekking van het grootste belang is in het voorjaar en in de voorzomer, kan de nieuwe strolaag het beste in het voorjaar uitgelegd worden.
Aangezien de koolstof/stikstof-verhouding in graanstro zodanig is, dat een stikstoffixatie en bijgevolg stikstofgebrek in het gewas af en toe voorkomt, wordt ook wel stikstofrijker materiaal gebruikt voor de mulchlaag.
Volgens HARLEY, 1953, moet het mulchen met materiaal uitgevoerd worden, dat meer dan 2 % N bevat. Hiervoor is hooi van vlinderbloemigen geschikt. Deze aanbeveling geldt waarschijnlijk voor streken, waar de stikstofbemesting van het fruit nog geen grote vlucht heeft genomen.
Een bedekking, die desnoods ieder jaar opgenomen en weer kan worden uitgerold, kan bestaan uit een plastic-folie. De duurzaamheid en het langjarig effect van deze kort geleden ingevoerde bedekking – BUTIJN en WIERSEMA, 1959 – zal nog verder nagegaan moeten worden.
Een bedekking wordt vaak niet op de gehele oppervlakte aangebracht, maar strooks- of cirkelsgewijs onder boomrijen, of afzonderlijk staande bomen. Vooral in de Verenigde Staten wordt een mulch onder de bomen, gecombineerd met een blijvende grasbegroeiing op de rest van de oppervlakte, als een van de modernste bodembehandelingen beschouwd – BOYNTON en MAGNESS, 1957 –.
Van de gevaren, die een mulch met zich meebrengt, moet naast het grotere brand-

gevaar, het voorkomen van woelratten en muizen onder de bedekking worden genoemd. Deze dieren kunnen het fruitgewas, door het afknagen van wortels en de bast, zo ernstig beschadigen, dat het afsterft. Nu deze knaagdieren met succes, door het gebruik van endrin-bevattende vergiften bestreden kunnen worden, is wellicht een oplossing voor deze moeilijkheid bij de toepassing van mulches te vinden – VAN DIJKE, 1959 –. Wanneer een mulch zijn intensiefste vochtsparende werking moet uitoefenen, is het van belang, dat deze op de grond blijft en niet in de grond wordt gewerkt – ALDERFER en SHAULIS, 1943 –. Op hellende terreinen is een niet ingewerkte bedekking een doeltreffender middel tegen bodemerosie.

[109] 4.2.4. DE BEMESTING

Bij de bemesting willen wij volstaan met het behandelen van enkele onderdelen, die een speciale behandeling vragen.

Een voedingselement kan de plant in principe zowel uit de grond door de wortels, als door het blad opnemen. De hoeveelheid van de hoofdelementen, die een plant moet opnemen, is evenwel zo groot, dat een bemesting van de grond de aangewezen wijze van toedienen is voor stikstof, fosfor, kalium en magnesium. De sporenelementen kunnen geheel of gedeeltelijk via het blad worden toegediend. Een geschikte ijzerverbinding, die zonder vruchtbeschadiging kan worden verspoten, ontbreekt nog. Bij een ernstig gebrek aan stikstof, kalium en magnesium kunnen deze elementen ook aan het blad worden verstrekt – zie de TUINBOUWGIDS –.
De bemesting kan als organische of anorganische meststof toegediend worden. Zonder aan de waarde van een organische bemesting tekort te willen doen, zullen wij deze toch buiten beschouwing laten. Het gebruik van organische meststoffen is de laatste tijd sterk afgenomen. Ook al omdat stalmest vaak moeilijker te verkrijgen is en duurder in de verwerking dan vroeger. Door het gebruik van mulches kan grotendeels hetzelfde effect als met stalmest worden verkregen. De stikstofbemesting zal bij deze werkwijze aangepast moeten worden. Dat wil meestal zeggen, dat deze verhoogd moet worden.

Nu het bladonderzoek veel meer gegevens over de voedingstoestand van het gewas kan verschaffen dan voorheen, zal de bemesting niet alleen aan de hand van het grondonderzoek, maar zowel naar aanleiding van de gewas- als van de grondanalyse, vastgesteld kunnen worden.

De tijd van de bemesting is, ook in ons land in de laatste jaren, bij verschillende meststoffen van het voorjaar naar de winter, of zelfs naar het najaar verschoven. Voor de meststoffen, die zich moeilijk in de grond verplaatsen en niet snel onopneembaar worden voor de plant, behoeft dit geen bezwaren op te leveren. Fosfaatmeststoffen b.v. spoelen niet uit in normale gronden. Op niet te lichte gronden zal de kali- en magnesium-uitspoeling evenmin veel betekenen – zie [95] –.
Bij de stikstofmeststoffen is de toestand minder eenvoudig. Op de lichtere gronden kan een belangrijke stikstofuitspoeling plaatsvinden – [95] –.
Onder invloed van de droge voorzomer in ons land kan een laat uitgestrooide stik-

stofbemesting soms echter moeilijk tot zijn recht komen. Dit is te wijten aan de uitdroging van de voedingszone in deze periode van het jaar – zie 2.2.1.4. –, waardoor de stikstofmeststof niet opgenomen wordt – [21] en 3.2.4.2. –. Deze uitwerking van een droog voorjaar kan versterkt worden door het vochtverbruik uit de bovengrond door een grasbegroeiing – 2.2.2. –. De tijd voor het uitstrooien van een stikstofbemesting zal dus goed aangepast moeten worden aan de omstandigheden. Met het oog op de vruchtbomen zal de stikstofbemesting zo vroegtijdig gegeven moeten worden, dat de stikstofopname kan plaats vinden zodra de bovengrond warmer wordt in het voorjaar – 3.3.1.4. –. Hierdoor kan er een reserve in de boom gevormd worden tegen de tijd waarin de sterkste scheutgroei valt. In deze periode wordt ook de grootste hoeveelheid stikstof verwerkt in de nieuwe scheuten, bladeren en vruchten.
Met het oog op de concurrentie bij de stikstofopname, vooral door de ondiep wortelende grassen – 2.2.2. en 3.2.4.2. –, zal de stikstofmeststof niet langdurig in de bovengrond aanwezig mogen blijven, maar moeten doorzakken naar iets diepere lagen, waar de vruchtboomwortels overwegen. Bij de aanwezigheid van een begroeiing zal de stikstofbemesting dus vroeger uitgestrooid moeten worden dan op zwartgehouden grond.
Aan het streven om de stikstofbemesting vroeg uit te strooien, valt echter om klimatologische en bodemkundige redenen een grens te stellen. Bij een zeer vroeg uitgestrooide bemesting zal een aanmerkelijk deel van de stikstof gedurende de winter uitspoelen. Dit zal vooral op de lichte gronden het geval zijn – [95] –.
Op de zware, met blijvend gras begroeide, gronden zal een bemesting vroeg in het jaar gestrooid moeten worden. Bij de onbegroeide lichte gronden zal de stikstofbemesting pas kort voor het groeiseizoen, eind maart of in april, uitgestrooid moeten worden. Daardoor zullen stikstofverliezen door uitspoeling zo goed mogelijk voorkomen worden. Het risico van een stikstofuitspoeling kan ten dele vermeden worden door deze meststoffen gedeeltelijk in de winter en gedeeltelijk vlak voor het groeiseizoen te verstrekken.
In de gebieden met een vroege najaarsvorst is men algemeen bevreesd voor de schade door deze koude aan nog niet uitgerijpte scheuten. Een overbemesting met stikstofmeststoffen in de zomer wordt daar ook afgeraden.

Het plaatselijk toedienen van kunstmeststoffen, in stroken of nesten, heeft vooral de aandacht gehad bij meststoffen waaraan een aanmerkelijk tekort bestaat. Omdat in deze gevallen met minder meststof een betere plantenvoeding is bereikt, bevelen o.a. PALMER en VAN HAARLEM, 1948, een plaatselijke stikstofbemesting aan in grasboomgaarden. In ons land is met de rijenbemesting door PRUMMEL, 1957, bij landbouwgewassen vaak een gunstig resultaat verkregen.
Hoewel de achtergrond van het effect van de plaatselijke meststoftoediening nog niet geheel verklaard lijkt – zie PRUMMEL, 1957 en DE WIT, 1953 –, kan deze speciale toepassing van de bemesting voor de fruitteelt o.i. van meer betekenis worden. De ervaring met deze wijze van bemesting in de fruitteelt in ons land is, in tegenstelling tot de Verenigde Staten, waar de stikstof meestal plaatselijk wordt gegeven, nog zeer beperkt en gaf soms slechtere resultaten.

De zuurgraad van de grond in boomgaarden blijkt lager te kunnen zijn dan voor verschillende akkerbouwgewassen. Pas bij een lage pH blijkt de algemene stand van de vruchtbomen minder goed te worden. Tot welke waarde de pH mag dalen hangt af van de grondsoort. Slechts om de gedachten te bepalen, willen wij de waarde van een pH_{KCl} = 4,1 voor zandgrond en van 4,8 voor kleigronden noemen. De kans op ijzergebrek b.v. is bij pH_{KCl} waarden hoger dan 5,6 op kleigronden aanwezig – zie 3.2.2.2. –. Een bekalking op de fruitteeltgronden zal dan ook in vele gevallen een averechtse uitwerking vertonen. Slechts op slempige en flink zure gronden is deze op zijn plaats.
Een zwavelbemesting op kalkrijke gronden, om de pH te doen dalen, bleek niet de gewenste vermindering van de chloroses op te leveren. Zoals verschillende malen in het voorgaande hoofdstuk is vermeld, valt het effect van een zwavelbemesting op de algemene stand van het gewas bij gronden met een lagere pH niet mee.

De stikstofbemesting kan als fysiologisch-alkalische- of zure meststof gegeven worden. De zuurwerkende meststoffen zijn wel aanbevolen als bestrijding van chloroses, die bij een hogere pH optreden. Duidelijke resultaten met deze bemestingen zijn op korte termijn echter niet waargenomen. De stikstofhoeveelheid kan het beste aan de hand van de bladanalyse vastgesteld worden. Indien het stikstofgehalte vroeg in het groeiseizoen wordt bepaald, kan reeds beoordeeld worden, of er een kans is, dat het gehalte later in het seizoen, (dat meer bepalend is voor de stikstofvoeding – zie 3.2.4.1. en 3.1.1. –) tot een te lage waarde zal dalen. In dit geval kan door vroegtijdige bespuitingen op het blad getracht worden om het stikstofgebrek zoveel mogelijk te verminderen.

De fosfaatbemesting is, gezien het geringe fosfaatgebruik door fruit en de fosfaatrijkdom van vele fruitgronden in ons land, niet van groot belang. Voor een goede groei, vooral van de vlinderbloemigen en van de bodembegroeiing in het algemeen, kan het wenselijk zijn toch een kleine fosfaatbemesting te verstrekken.

Het is bekend, dat bij kaligebrek in de fruitteelt grote opbrengstverminderingen zijn te verwachten – zie b.v. Bos, 1958 –. Het lijkt ons daarom beter, de kali- en magnesiumbemesting zo te regelen, dat er veeleer een licht magnesiumgebrek zal optreden, dan enig kaligebrek; voor deze toestand kan dan gestreefd worden naar de „maximale K/Mg-verhouding" in het blad en in de bodem, die in 3.2.1. zijn vermeld. Voor het blad van Cox O.P. b.v. is deze verhouding $\frac{K_2O\ \%}{MgO\ \%}$ ongeveer 5,9.

De $\frac{K_{HCl}}{Mg_{NaCl}}$-verhouding, zoals deze bepaald kan worden door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek, in de grond (0-40 cm) mag bij de aanwezigheid van 2% en 2–10% kalk resp. als volgt zijn: 2,0 en 1,5. Te lage K/Mg-verhoudingen moeten in ieder geval worden weggewerkt. Een te lage K_2O %/MgO %-verhouding in het blad zal volgens Borgman, 1954, lager dan 2 zijn bij Cox O.P. en Jonathan. In de grond mag de K/Mg (uitgedrukt in dpm in Morgan's extract 1:2½) verhouding voor de gevoelige vruchtboomrassen en onderstammen zeker niet lager zijn dan 0,5 voor de laag 0–40 cm. Een snelle bestrijding van kaligebrek in jonge boomgaarden, door zeer hoge kalibemestingen (tot 800 à 1000 kg K_2O per

jaar) blijkt, volgens de ervaring in de Rijkstuinbouwconsulentschappen te Geldermalsen en Kesteren van grote betekenis voor de ontwikkeling van het fruitgewas. Deze maatregel heeft zijn beste uitwerking, als ook de ontwatering van de grond in orde is.

4.2.5. DE WATERBEHEERSING

De waterbeheersing zal, evenmin als de bemesting, uitvoerig behandeld worden. Alleen enkele belangrijke hedendaagse aspecten daarvan worden besproken.

[110] #### 4.2.5.1. *Waterafvoer*

De ontwatering zal in de fruitteelt meestal op dezelfde wijze worden geregeld als in de akkerbouw – BOUMAN, 1953 –. Dezelfde normen voor de dag-afvoer en de technische uitvoering – zie VISSER, 1954, VAN DER ZAKEN, 1956 – als voor de akkerbouw kunnen worden aangehouden. Aan de ontwateringsdiepte zullen vaak andere eisen gesteld worden dan in de akkerbouw. In 2.3.4. zijn voor enkele fruitgronden voorbeelden gegeven voor de berekening van de meest gewenste ontwateringsdiepte, terwijl meer algemene aanwijzingen zijn gegeven door BRAAMS en BUTIJN, 1958. Wegens de grote risico's, die een te trage ontwatering voor een blijvend gewas als fruit met zich meebrengt, moet aan de ontwateringseisen in de fruitteelt streng de hand worden gehouden.
Aansluitend op een toereikende ontwatering zal de afwatering van de streek in orde moeten zijn, of de ontwatering zal door een onderbemaling verzekerd moeten worden.

[111] #### 4.2.5.2. *Wateraanvoer*

De wateraanvoer voor fruitteeltgronden kan in principe plaatsvinden door infiltratie, bevloeiing of beregening (ook wel aangeduid als besproeiing). De volgende omstandigheden zullen de keuze van het systeem van wateraanvoer mede bepalen:
Een infiltratie activeert in mindere mate de voedingszone van het profiel, vergeleken met besproeiing en bevloeiing. Bijgevolg zal de minerale voeding van de plant er nauwelijks door gestimuleerd worden. Een optimale vochtigheid van de voedingszone zal het beste bereikt kunnen worden met een horizontaal goed verdeelde wateraanvoer van bovenaf, dus door beregening.
Een voordeel van de infiltratie vormt echter de omstandigheid, dat deze maatregel minder arbeid en investering vraagt, dan wateraanvoer door middel van bevloeiing of beregening.

Indien de wateraanvoer beperkt is, kan het water door een systeem met besproeiing beter benut worden, dan door bevloeiing. Infiltratie vraagt de grootste hoeveelheid water.
Voor infiltratie kan, zoals bij de akkerbouw – KALISVAART, 1957, SMEDING, 1954 –, het aangelegde drainagesysteem van de grond dienst doen. Een zeer kleine helling van de drains is daarbij noodzakelijk.
De beregening kan verzorgd worden met soortgelijke installaties als in de landbouw gebruikt worden – zie b.v. BAARS c.s., 1956 –. De beregening zal vrijwel altijd over de bomen heen uitgevoerd moeten worden. Dit geeft vaak moeilijkheden met een goede verdeling van het water. Bevredigende installaties voor het beregenen onder de bomen door, of tussen de bomen, waarbij de neerslagverdeling minder gevoelig blijkt voor de wind, zijn echter nog niet beschikbaar. In

plaats van door beregening kan het water ook door bevloeiing toegediend worden. De horizontale verdeling, vooral bij een ongelijke ligging van het terrein, is bij bevloeiing echter veel bezwaarlijker. Een goede verdeling van kleine hoeveelheden water is vooral moeilijk. Doordat de apparatuur voor het bevloeien goedkoper is, wint de bevloeiing in ons land veld, ten opzichte van de beregening. Vooral door het gebruik van plastic slang in plaats van metalen buis, is bevloeiing economisch en technisch aantrekkelijker geworden.

Voor het geval, dat het water ijzerhoudend is, zal dit later in het seizoen niet op de vrucht gespoten mogen worden. Reeds meer dan 2 dpm Fe[1] in het beregeningswater kan een bruinverkleuring en een verruwing van het vruchtoppervlak geven, waardoor de marktwaarde van de vruchten sterk zal dalen. Vooral besproeiingen met ijzerhoudend water kort voor de oogst zijn schadelijk. Onder deze omstandigheden moet aan bevloeiing of infiltratie de voorkeur gegeven worden.

Wanneer het water veel zout (in Nederland voornamelijk keukenzout) bevat, is het evenmin geschikt voor besproeiing. Het bleek ons, dat beregenen met water dat slechts 2 g keukenzout per liter bevat, reeds een aanmerkelijke bladbeschadiging bij appel kan veroorzaken. Water met meer dan 2 g zout per liter, zal dan ook alleen door infiltratie, of bij een niet te hoog zoutgehalte, door bevloeiing aan de grond toegevoerd kunnen worden. Enkele praktijkwaarnemingen geven aan, dat een beperkte hoeveelheid water met 4 à 5 g zout per liter zonder zichtbare schade bij groot- en kleinfruit voor bevloeien gebruikt kon worden.

Ook in ander opzicht moet aan de kwaliteit van het beregeningswater aandacht geschonken worden. Het beschikbare water kan vermengd zijn met rioolwater en dus ziektekiemen bevatten. In landen, waar dit water op uitgebreide schaal voor beregening wordt gebruikt, zijn dan ook voorschriften gegeven bij de toepassing. De beregening is daar b.v. binnen een bepaalde termijn voor de oogst van het gewas verboden. In ons land is een regeling hiervoor nog niet gegeven. Om een ziekteverspreiding door fruit, dat met dit afvalwater is besproeid, te vermijden zal òf de besproeiing tijdig gestaakt moeten worden, òf het water zal door bevloeiing of infiltratie aan de grond gegeven moeten worden. Wegens een niet denkbeeldige vervuiling van de drains met dit water, zal men met vervuild water bij voorkeur bevloeien.

Wanneer de fruitteelt vaak door nachtvorst te lijden heeft, kan daartegen beregend worden – zie b.v. WACKERNELL c.s., 1957 –. Bevloeiing en infiltratie hebben veel minder uitwerking bij de bestrijding van de nachtvorst – WITTE, 1950, DE ZEEUW, 1958 –. Indien de nachtvorst op deze wijze wordt bestreden zal de wateraanvoer tijdens droogte meestal uitgevoerd worden met dezelfde beregeningsapparatuur. Tijdens nachtvorst moet het gehele fruitareaal, dat in een nachtvorstgevoelig stadium verkeert, voortdurend beregend worden. Dit is meestal een aanmerkelijk groter oppervlak dan het deel van een fruitbedrijf, dat tegelijk beregend moet worden tegen droogteschade. Ook omdat beregening tegen nachtvorst een grote investering (ƒ 5000–ƒ 6000 per ha) vraagt, zal doorgaans slechts een deel van een bedrijf beregend worden tegen nachtvorst. Droogtebestrijding op het gehele bedrijf en nachtvorstwering op een gedeelte van het bedrijf, kunnen daarom meestal met eenzelfde beregeningsinstallatie

[1] Persoonlijke mededeling van Ir. N. M. de Vos, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

uitgevoerd worden. In dit geval zal het een installatie moeten zijn, die een betrekkelijk groot oppervlak kan besproeien met een lichte regengift per uur.

Nu de technische uitvoering van de wateraanvoer nog een opmerkelijke ontwikkeling ondergaat, heeft het weinig zin exacte cijfers te noemen over de belangrijke investeringen, die beregening – vergeleken met de overige bodembehandelingsmaatregelen – met zich meebrengt. [1] Met behulp van de goedkopere plastic lagedruk-aanvoerslangen zal – ANONYMUS, 1959 – bevloeiing ½ tot ¾ van deze investering vergen.

Bij een goede uitvoering van de beregening of bevloeiing zal de bovengrond (de voedingszone van 0-40 cm diepte) niet sterk mogen uitdrogen in de periode van mei tot juli – zie [17], [19] en [20] –. Daarom is een beregening doeltreffend na iedere periode waarin de voedingszone een uitdroging heeft ondergaan, die in orde van grootte overeenkomt met slechts enkele tientallen mm water. In droge perioden zal dan ook om de 7 à 10 dagen, 25–40 mm water toegevoerd moeten worden.
In de tijd na juli tot de pluk, zal het water met grotere tussenpozen – en dan in grotere hoeveelheden – verstrekt mogen worden; in ieder geval wanneer de voedingszone het verwelkingspunt benadert – zie [18] en [21] –. Het heeft vanzelfsprekend weinig zin meer water te geven, dan tot de grond op veldcapaciteit is gekomen. Bij grotere waterdoses zullen uitspoeling van voedingselementen en structuurbederf van de grond het gevolg zijn.

[112]

4.3. BEKENDE SYSTEMEN VAN BODEMBEHANDELING

Een periodiek herhaalde, doeltreffend geachte, opeenvolging van maatregelen op het gebied van de bodembehandeling – een systeem van bodembehandeling – is in de meeste fruitteeltgebieden aanvaard. Deze systemen zijn veelal aangepast aan de fruitteeltkundige en bodemkundige omstandigheden.
De meest gebruikte systemen en hun voorkomen zullen hierna in het kort omschreven worden.

Bij de meeste systemen van bodembehandeling wordt voor de ontwatering doorgaans een buizendrainage, soms een begreppeling toegepast. Dit is niet steeds afzonderlijk vermeld.

4.3.1. BLIJVEND ZWARTGEHOUDEN GROND

Bij dit systeem past doorgaans een matige tot zware bemesting met kunstmest. Een belangrijke onderindeling kan gemaakt worden naar het gebruik van organische meststoffen:

4.3.1.1. *Zwartgehouden grond met gebruik van organische meststoffen*

Dit systeem is in ons land nog in sommige streken met een zuivere kleinfruitteelt, of bij bedrijven met een gemengde klein- en grootfruitteelt, in gebruik. Wanneer de organische bemesting in een voldoende hoeveelheid wordt gegeven, voldoet het bodemkundig en fruitteeltkundig redelijk wel. Het fosfaatgehalte van de grond wordt er op de duur te hoog door.

4.3.1.2. *Zwartgehouden grond zonder organische bemesting*

Doordat de stalmest steeds moeilijker te verkrijgen bleek en relatief duurder werd in het gebruik, is de fruitteelt van het voorgaande steeds meer overgegaan op dit systeem. Dit systeem werd tot

[1] Globaal gesteld zal de besproeiing tegen droogte van *f* 1000,— tot *f* 1500,— per ha aan investeringen vragen.

in de tweede wereldoorlog ook in ons land op grote schaal toegepast. Verbeterde bodemkundige inzichten hebben reeds enige tijd geleid naar het zoeken van meer aanvaardbare systemen. Daaruit is vooral het volgende systeem voortgekomen.

4.3.2. 'S ZOMERS ZWARTGEHOUDEN GROND, LATER MET ONKRUID BEGROEID

In vele niet te natte gebieden, waar men geen voordeel verwacht van de aanvoer van organische stof, is dit een gebruikelijk systeem. Op een groot percentage van de Nederlandse fruitpercelen, namelijk op de zandgrond- en zeekleipercelen, die niet op zeer natte of zeer zware grond zijn gelegen, wordt het tegenwoordig toegepast. Een matig hoge bemesting met kunstmeststoffen behoort erbij.

4.3.3. IN HET VOORJAAR EN DE VOORZOMER ZWARTGEHOUDEN GROND, LATER GROENBEMESTING

De geteelde groenbemesters kunnen weer verdeeld worden in leguminosen, grassen en de overige groenbemestingsgewassen.
Op de bedrijven, waar men meer bedacht is op de aanvoer van organische stof, wordt dit systeem veelal toegepast. In ons land komt het vooral op de zandgronden en ook op de slempige kleigronden voor. Op de natte gronden verkiest men een blijvende grasmat boven een groenbemestingsgewas. In streken met grote nachtvorstkansen is een tijdelijke groenbemester, die in het voorjaar opgeruimd kan worden, beter bevallen dan een blijvende begroeiing of bedekking.

4.3.4. BLIJVEND BEGROEIDE GROND

Het merendeel van de percelen, waar dit systeem wordt gevolgd, is met een blijvende grasmat begroeid. Vooral in de rivierkleistreken is een blijvende grasmat van oudsher in zwang. Bij de moderne fruitteelt is de beweiding van de grasmat onmogelijk geworden en de bemesting van de grond verzwaard. Toch geven de huidige verzorging van het gras en de bemesting nog vaak aanleiding tot stikstofgebrek bij de vruchtbomen.
Ook een twee- of driejarige begroeiing met witte klaver, zoals deze op de zwaardere zeekleigronden in ons land wel aangetroffen wordt, moet tot dit systeem van bodembehandeling gerekend worden. Op de natte en moeilijk te bewerken zware gronden is een blijvende begroeiing van groot gemak voor de uitvoering van de snoei, de bespuitingen en de pluk. Daarom heeft dit systeem op de zeeklei een zekere verbreiding. Het is overheersend in de Verenigde Staten, in Engeland en in de bergstreken. Het systeem voorkomt erosie en is daarom op hellende terreinen op zijn plaats.
In de Verenigde Staten wordt de blijvende begroeiing vaak gecombineerd met het aanbrengen van een mulch onder de boomspiegel, hetgeen een vochtconservering en tegelijk een stikstof- en kaliaanvoer betekent. Vooral in de droge en warme gebieden wordt bij dit systeem vaak beregend. Men ziet het mulchen, behalve met het ter plaatse gegroeide materiaal, dan veelal achterwege laten. De vochtconserverende werking van de mulch is onder deze omstandigheden niet vereist, zodat de baten ervan niet opwegen tegen de kosten.
De stikstofconcurrentie door het gras heeft hier te lande geleid tot een afwijkende toepassing van dit systeem, die op de vochtige jonge gronden in de N.O. polder op grote schaal wordt aangetroffen. Men laat groenbemesting of gras alleen onder de boomrijen groeien in de nazomer, het najaar en de winter. Op de stroken tussen de boomrijen blijft de grond het gehele jaar begroeid.

4.3.5. BLIJVEND BEDEKTE GROND

Een blijvende bedekking wordt meestal op droge gronden gezien. Een bedekking kan door arbeidsbesparing, vochtconservering, of verbetering van de kalivoeding, zoveel voordeel opleveren, dat de uitgave voor het mulch-materiaal verantwoord is.
Een strobedekking ziet men in ons land dan ook toegepast op plaatsen waar het stro goedkoop is en op de drogere zandgronden. Niet uitsluitend om economische redenen wordt deze bedekking vaak alleen op de stroken onder de bomen toegepast. Het belopen en berijden van de mulch, wan-

neer de grond nat is, kan gemakkelijk tot een plaatselijke reductie van de bovengrond leiden, die niet zo gemakkelijk wordt hersteld in een droge periode. In de Verenigde Staten, waar gemakkelijker aan de vraag voldaan schijnt te kunnen worden, zijn andere organische stoffen, als hooi, zaagsel e.d., meer in gebruik als mulchmateriaal dan in ons land.
Vrijwel iedere regelmatige gebruiker van mulches is bedacht op het voorkomen van stikstofgebrek bij het gebruik van stro en geeft daarom een hogere stikstofbemesting,zodra de symptomen van deze voedingsziekte verschijnen.

Een indruk van de resultaten, die op verschillende plaatsen met uiteenlopende systemen van bodembehandeling zijn bereikt is te verkrijgen uit tabel 83. In deze tabel zijn de verschillende bodembehandelingsmaatregelen gerangschikt, volgens de aangehaalde literatuur, in de volgorde van de meest naar de minst bevredigende. De genoemde rangorde van de verschillende maatregelen, al naar de verkregen resultaten, geldt strikt genomen slechts voor de omstandigheden waaronder de proeven werden genomen. Een algemene lijn is er evenwel in te ontdekken. Met mulches zijn zeer gunstige resultaten te verkrijgen en anderzijds is met een blijvende grasbegroeiing zonder speciale maatregelen geen maximale oogst te behalen.

[113] ## 4.4. MODERNE BODEMBEHANDELINGSSYSTEMEN

Om een idee te geven, hoe de uitwerking van een aantal maatregelen onder de hedendaagse Nederlandse omstandigheden (van de techniek, de bodemkundige toestand e.d.) tot een doeltreffend systeem kan leiden, zijn een zestal voorbeelden van systemen van bodembehandeling uitgewerkt – zie fig. XV in deel 3 –. De gekozen omstandigheden zijn fictief, maar geven situaties weer die in bepaalde gebieden van ons land voorkomen.
De toestand van het gewas en de chemische- en de waterhuishoudkundige toestand van de grond zijn als gegeven verondersteld. Over de aeratie van de bodem zijn geen gegevens opgenomen. Er is aangenomen, dat in alle behandelde gevallen de aeratie van de grond een voortdurende zorg behoeft. Dit wordt verwezenlijkt door de grond zoveel mogelijk te laten begroeien, te mulchen e.d.

[114] ### 4.4.1. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN DROGE ZANDGROND

Gegevens a. Gewas: Het appelgewas vertoont slechts een matige groei en af en toe verwelking en bladval in een droge periode. De beworteling strekt zich niet dieper uit dan tot 0,50 m. Het stikstofgehalte van het blad van de Cox O.P. bedraagt 2,0 % N bij een gemiddelde oogst. De verhouding $K_2O\%/MgO\% = \frac{1,8}{0,2} = 9,0$; in het gewas is in sommige jaren duidelijk magnesiumgebrek te zien. Andere voedingsziekten zijn niet waargenomen.
b. Grond: de humusarme ondiep doorwortelbare grond bevat in de voedingszone (0-40 cm) 2,0 % humus, 0,05 % $CaCO_3$ en bezit een pH_{KCl} van 5,0, een P_{AL}-cijfer = 50 en een verhouding $K_{HCl}/Mg_{NaCl}\ \frac{60}{20} = 3,0$[1]

[1]) Alle gehalten zijn uitgedrukt in eenheden, die bij het Bedrijfslab. voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek in gebruik zijn.

c. Waterhuishouding van de grond: De grondwaterspiegel is resp. in maart, juni en eind september 0,50 1,40 en 1,90 m onder maaiveld. De grondwaterstand is moeilijk te regelen, omdat het terrein helt. De hoeveelheid beschikbaar vocht in het doorwortelde profiel is gering; ca 70 mm. Voor beregening geschikt grondwater uit een bron is aanwezig. Uit doorlatendheidsbepalingen is gebleken, dat een drainageafstand van 25 m mogelijk is, bij een diepte van 0,70 m.
d. Bedrijfsvoering: De personeelsbezetting is te krap om een eventuele beregening in de voorzomer steeds op tijd te kunnen uitvoeren bij aanwezigheid van een grasbegroeiing.

Beoordeling van de gegevens
Het gewas lijdt te sterk door droogte, omdat de wortelzone een geringe hoeveelheid vocht vasthoudt. Bovendien is de stikstofvoorziening van het gewas onvoldoende. Voor een snelle bestrijding van het stikstofgebrek is het gewenst, dat de bemesting op de grond ondersteund wordt door ureumbespuitingen op het blad. De K/Mg-verhouding in het blad is veel te hoog. Het magnesiumgebrek wordt voornamelijk door de hoge K/Mg-verhouding in de grond veroorzaakt. Door een magnesiumbemesting zal deze verhouding verlaagd moeten worden, aangezien een sterke verlaging van de kalibemesting bij het aangetroffen kalicijfer niet gewenst is. Het P_{AL}-cijfer van de grond geeft aan, dat een fosfaatbemesting voor het fruit niet nodig is. Voor de onderbegroeiing kan een kleine fosfaatgift gewenst zijn. Een bekalking is niet noodzakelijk. Het humusgehalte van de grond is te laag, waardoor de grond ook te weinig vocht vasthoudt. Een verhoging van dit gehalte is zeer gewenst. De grondwaterstandsdaling is zo sterk, dat er later in het seizoen nauwelijks op gerekend mag worden, dat het grondwater bijdraagt tot de vochtvoorziening van de wortelzone. De betrekkelijk geringe draindiepte is gewenst, opdat het grondwater in het voorjaar langer bij kan dragen tot de vochtvoorziening van de wortelzone. Doordat de streekafwatering in orde is, behoeft een onderbemaling niet aanwezig te zijn. In verband met de personeelsbezetting kan een begroeiing pas later in het seizoen uitgezaaid worden. Wanneer naar behoefte beregend kon worden, kan dit gewas vroeger gezaaid worden en zou het eventueel blijvend kunnen zijn.

Uitvoering van de bodembehandeling
Een goede doorluchting van de grond vergt, dat te hoge voorjaarswaterstanden in natte jaren worden voorkomen. Daarom kan de drainage niet gemist worden. In een droge tijd wordt door beregening zoveel water aangevoerd, dat de bovengrond in de tijd van de scheutgroei zo weinig mogelijk beneden de veldcapaciteit uitdroogt. Later wordt in ieder geval gezorgd dat het vochtgehalte boven het verwelkingspunt blijft. De wortelzone is slechts dun en het vochthoudend vermogen van de grond is gering. Daardoor zal in een droge tijd bijna wekelijks 25 mm water verstrekt moeten worden. Italiaans raaigras als wintergrasmat wordt voor de begroeiing gebruikt. Dit gewas wordt pas gezaaid in juli. In augustus of in september zal het lange gras gemaaid moeten worden. Op de grasmat wordt spoedig na het opkomen een overbemesting met 40 kg N per ha (als kalksalpeter, of een andere nitraatmeststof) gegeven. In maart wordt de wintergrasmat gemaaid en het gemaaide, indien er voldoende mate-

riaal is gevormd, op stroken onder de boomrijen gelegd. Daardoor is de bewerking van deze strookjes een tijd lang overbodig. Het gras op de stroken tussen de boomrijen wordt vervolgens uitgereden en de grond wordt, met het oog op nachtvorstgevaren, zwart gemaakt. Na de bloei wordt de grond door oppervlakkige bewerkingen, onkruid-vrij en oppervlakkig los gehouden. De fosfaatbemesting wordt, in verband met het magnesiumgebrek, bij voorkeur in de vorm van Thomasslakkenmeel verstrekt, naar 60 kg P_2O_5/ha/3 jaar. Het uitstrooien vindt plaats in de winter. De kalibemesting wordt achterwege gelaten. Een zware magnesiumbemesting in de vorm van kieseriet wordt ieder jaar in maart uitgestrooid naar 800 kg MgO/ha, totdat het gehalte van de grond op een goed peil is gekomen. Daarna wordt de bemesting verminderd. De bemesting wordt gevolgd door 5-6 bespuitingen met 2 % magnesiumsulfaat. De stikstofbemesting wordt omstreeks half maart uitgevoerd; in verband met uitspoeling niet veel vroeger. Een bemesting met een hoeveelheid van 600 kg kalkammonsalpeter wordt, voor een snelle bestrijding van het stikstofgebrek, na de bloei nog gevolgd door minstens 3 ureumbespuitingen op het blad.

Onder deze omstandigheden wordt geen strobedekking toegepast, omdat in deze vochtarme grond een mulchlaag onvoldoende vocht kan conserveren, zodat toch beregend moet worden in een flink droge tijd.
In plaats van Italiaans raaigras kan ook een andere groenbemesting geteeld worden. Het tijdstip van zaai en voor de meeste klavers ligt evenwel ca 6 weken vroeger, vanwege de trage ontwikkeling in de jeugd.

[115] 4.4.2. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN NATTE ZANDGROND

Gegevens: a. Gewas: Het appel- en peregewas kon een betere groei te zien geven. In sommige voorjaren heeft het te lijden van wateroverlast, in droge jaren van droogte. De beworteling is ondiep, slechts 0,40 m. Het iets te lage bladstikstofgehalte van (met Cox O.P. vergelijkbare) appelrassen bedraagt 2,1 % N. De verhouding K_2O %/MgO % $= \frac{1,5}{0,25} = 6,0$ bij Jonathan. Enig mangaangebrek is in het gewas waarneembaar.

b. Grond: De humeuze en iets lemige grond bezit in de voedingszone (0-40 cm) die tegelijk wortelzone is, 5,5 % humus, 0,2 % $CaCO_3$, 8 % slib (deeltjes kleiner dan 0,016 mm) een $pH_{KCl} = 5,4$ een P_{AL}-cijfer = 20 en een verhouding $KH_{HCl}/Mg_{NaCl} = \frac{54}{27} = 2,0$.

c. Waterhuishouding: De grondwaterspiegel is resp. in maart, mei en september op 0,30–0,50 m 0,40–0,60 m en 1,00 m–m.v. De gebiedsafwatering laat in sommige voorjaren veel te wensen over. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone is klein, ca 100 mm. Voor beregening is goed slootwater, ook in de nazomer, beschikbaar. De drainafstand kan op 15 m gehouden worden bij een diepte van 0,70 m.
d. Bedrijfsvoering: Een bewerking van de stroken onder de bomen kan niet uitgevoerd worden met de in het bedrijf aanwezige machines.

Beoordeling van de gegevens

Het gewas, dat af en toe lijdt door droogte of wateroverlast, ondervindt de terugslag van deze slechte omstandigheden onder meer in de stikstofvoorziening. Het bladgehalte aan stikstof is te laag, terwijl de scheutgroei niet voldoende is. De K/Mg-verhouding in het blad en in de grond blijkt ongeveer juist te zijn voor deze omstandigheden. Het magnesiumgehalte van de grond mag nog wel iets hoger zijn. De kali-toestand van de grond vraagt een normale bemesting. De pH van de grond geeft aanleiding tot een licht mangaangebrek. Het humusgehalte van de grond is goed. Met het oog op de slempgevoeligheid van deze iets slibhoudende grond en de hoge grondwaterstanden in het voorjaar, is een blijvende begroeiing gewenst. De uitvoering van verschillende werkzaamheden, vooral spuiten, wordt bij een onbegroeide grond te sterk belemmerd. Ook voor een goede luchthuishouding in het voorjaar in de wortelzone is een begroeiing dringend gewenst. Het P_{AL}-cijfer moet, zeker in verband met de ondergroei, iets hoger zijn. De hoge grondwaterstanden in het voorjaar en de slechte ontwatering vragen extra voorzieningen om wateroverlast te vermijden. Om de grondwaterspiegel niet te vroeg, te diep, te doen zakken, wordt de drainage ondiep geprojecteerd. Het grondwater komt dan langere tijd ten goede aan de wortelzone. Daar de wortelzone te weinig vocht bindt en het grondwater later in de zomer in droge perioden te weinig vocht aan de wortelzone levert, is een kunstmatige wateraanvoer noodzakelijk.

Uitvoering van de bodembehandeling

Omdat door de gebrekkige afwatering van het gebied te veel risico voor het leven van de aanplant aanwezig is, wordt het perceel onderbemalen. De drainage wordt daartoe aangesloten op een afgesloten bemaalbare sloot. Een vochttekort in de zomer komt niet dikwijls voor en wordt op de voordeligste wijze bestreden, namelijk door bevloeien met slootwater. Tussen de rijen worden stroken met blijvend gras begroeid gehouden. De stroken op de rijen worden vanaf maart tot juli onkruidvrij gehouden. Omdat het gras doorgaans te weinig mulchmateriaal levert, kunnen de stroken onder de boomrijen niet met gras worden gemulcht. Het onkruid op de stroken onder de boom wordt met chemische preparaten gedood. Met het oog op nachtvorstgevaren wordt het blijvend gras zeer kort gehouden tijdens de bloei. Na de bloei wordt het gras minstens 2 × per maand gemaaid, of wanneer het meer dan 20 cm lang is. De stroken onder de boomrijen worden in juli bezaaid met stoppelknollen. Dit gewas wordt, als het niet geheel doodvriest, in maart uitgereden.

In het najaar, omstreeks de bladval wordt reeds 50 kg N als kalkammonsalpeter aan het gewas gegeven. De rest van de stikstof (100 kg N per ha) wordt, eveneens als kalkammonsalpeter, over de gehele oppervlakte verdeeld, aan het eind van februari uitgestrooid. Een normale fosfaatbemesting met 200 kg superfosfaat wordt in februari verstrekt. De pH is vrij hoog, zodat geen Thomasslakkenmeel mag worden gegeven. De kali- en magnesiumbemesting wordt uitgevoerd in maart met 400 kg patentkali + 200 kg MgO als kieseriet. In juni wordt een- of tweemaal met 0,2 % mangaansulfaat + 0,1 % spuitkalk gespoten.

Het is ook mogelijk andere eenjarige groenbemesters te gebruiken, mits zij niet te hoog opgroeien, òf gemaaid òf tegen de grond gevlijd kunnen worden. Een strobedekking op de stroken onder de

bomen is op deze natte grond, terwijl magnesiumgebrek optreedt, minder goed dan een bewerking in het voorjaar, gevolgd door een begroeiing later in de zomer.

[116] 4.4.3. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN LICHTE VOCHTHOUDENDE ZAVELGROND

Op deze gronden worden doorgaans de beste fruitaanplantingen aangetroffen. Hoewel de pH van deze gronden meestal iets te hoog is, worden ze bij voorkeur voor de fruitteelt uitgezocht.

Gegevens: a. Gewas: De aanplant, bestaande uit verschillende fruitsoorten, vertoont een goede groei en heeft geen waarneembare last van droogte. De wortelzone is 0,80 m diep. Het stikstofgehalte van het Cox O.P.-blad is hoog = 2,4 % N bij een normale oogst. De verhouding $K_2O\,\%/MgO\,\% = \frac{2,2}{0,18} = 12,2$. Er komt veel magnesiumgebrek voor. Ook enig mangaangebrek en soms veel ijzergebrek is in de gewassen waar te nemen.

b. Grond: De licht-zavelige matig humusarme grond bezit in de voedingszone een humusgehalte van 2,0 %, een slibgehalte van 18 % en een $CaCO_3$ gehalte van 6 %. Het P_{AL}-cijfer = 50. De verhouding $K_{HCl}/Mg_{NaCl} = \frac{140}{80} = 1,8$.

c. Waterhuishouding: De grondwaterspiegel is resp. in maart, eind juni en eind september 0,70 m, 1,15 m en 1,60 m – m.v. (deze grondwaterstanden zijn dezelfde als die volgen voor de optimale grondwaterstand in proefplek 22' uit 2.1.2.1. [27] en 2.3.4.). Inzijging of kwel treden niet of nauwelijks op. Door afdamming van de perceelssloten zijn de genoemde grondwaterstanden bereikt. Bij de aangegeven grondwaterstand in maart behoort, volgens de metingen van de doorlatendheid, een drainage op 0,90 m diepte met een drainafstand van 12 m. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone is 175 mm. Het diepere grondwater en het slootwater blijken te zout voor beregening of bevloeiing.

Beoordeling van de gegevens.

Uitgezonderd de voedingsziekten, vertoont het gewas een goede stand. Het stikstofgehalte van het blad zou met het oog op het magnesiumgebrek zelfs iets lager moeten zijn. Door de ruime stikstofvoorziening is het gewas weinig gevoelig voor een droge periode in het voorjaar, waarin de stikstofopname moeilijker verloopt uit de droge voedingszone. Bij het hoge stikstofgehalte van het blad, bij de aangegeven grondwater standsregeling en bij de goede vochtberging in het profiel, is het weinig bezwaarlijk, dat er geen mogelijkheden voor beregening of bevloeiing aanwezig zijn. De stikstofbemesting kan iets lichter dan normaal gekozen worden. Het magnesiumgebrek in het gewas maakt bespuitingen met magnesiumzouten zeer gewenst. Hetzelfde geldt voor bespuitingen met mangaan- en ijzerbevattende spuitmiddelen, met het oog op het optreden van deze voedingsziekten. Het magnesiumgehalte van de grond moet hoger zijn, om magnesiumgebrek te voorkomen. Het P_{AL}-cijfer is zo hoog, dat er geen fosfaatbemesting gegeven moet worden. Bij hogere cijfers bestaat er kans op zinkgebrek. Het matige humusgehalte van de grond, de slemp-neigingen en het optreden van de

voedingsziekten in het gewas, maken een verhoging van het humusgehalte en het begroeien van de grond gewenst.

Uitvoering van de bodembehandeling.
De drainage wordt aangelegd en de grondwaterspiegel ingesteld, volgens de uitkomsten van de genoemde berekeningen. De bovengrond kan nog wel uitdrogen, maar wateraanvoer is niet mogelijk en het ontbreken van deze mogelijkheid wordt niet als een groot bezwaar gezien. De begroeiing bestaat uit een gewas hopperupsklaver. De gehele oppervlakte wordt hiermee ingezaaid in de 2e helft van mei.
Voorzover deze begroeiing niet doodvriest, wordt ze in maart of april uitgereden. Daarna wordt de grond door bewerking onkruidvrij gehouden tot het volgende gewas wordt ingezaaid.
De stikstofbemesting bij dit stikstofrijke gewas mag, ook met het oog op het magnesiumgebrek, niet te zwaar zijn. Deze wordt gegeven in maart als kalkammonsalpeter, naar 80 kg N/ha. Eventueel wordt een gedeelte van de stikstofbemesting als kalksalpeter in april gegeven. Een fosfaatbemesting blijft achterwege. Een flinke magnesiumbemesting, naar 400 kg MgO/ha als kieseriet, wordt in maart verstrekt. In de zomer wordt enkele malen met ijzercarbamaat en met mangaansulfaat gespoten en verscheidene malen met magnesiumsulfaat.

Een strobedekking is waarschijnlijk minder gewenst in verband met de kosten en zeker met het oog op het magnesiumgebrek en het ijzergebrek, die er door zullen toenemen.
In plaats van hopperupsklaver kunnen ook andere gewassen geteeld worden. Wegens het ijzergebrek in het fruit, komen grassen (die veel organische stof produceren) ook in aanmerking. Deze moeten evenwel later dan de hopperupsklaver worden ingezaaid, wegens hun vocht en stikstofconcurrentie met de bomen in het voorjaar. Een winterhard gewas heeft de voorkeur. Ook een strooksgewijze, blijvende begroeiing met gras zou in dit geval toegepast kunnen worden. De grondwaterspiegel in het voorjaar moet dan iets ondieper ingesteld worden. De bewerkte stroken onder de boomrijen moeten tijdig (begin maart) zwart worden gemaakt.

[117] 4.4.4. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN ZWARE VOCHTHOUDENDE, ENIGSZINS KALIARME KLEIGROND

Gegevens: a. Gewas: Het appel- en peregewas groeit niet sterk. Het vertoont enig stikstof- en kaligebrek. De wortelzone strekt zich uit tot 0,90 m diepte. Het gehalte aan stikstof van het blad bij (met Cox vergelijkbare) appelrassen is 2,0 % N. De verhouding K_2O %/MgO % $\frac{1,1}{0,5} = 2,2$ bij het appelras Jonathan. Enig mangaangebrek is waarneembaar.
b. Grond: De zware humusarme klei bezit in de voedingszone een humusgehalte van 1,5 %, een slibgehalte van 40 % en een $CaCO_3$-gehalte = 1,5 %. Deze zone bezit een $pH_{KCl} = 6,8$, een P_{AL}-cijfer = 35 en een verhouding $K_{HCl}/Mg_{NaCl} = \frac{25}{220} = 0,11$.
c. Waterbeheersing: De grondwaterspiegel is resp. in maart, mei en september 0 60 m, 0,70 en 2,00 m – m.v. De grondwaterstand is wegens de onegale ligging van het perceel zeer moeilijk te regelen. De hoeveelheid beschikbaar vocht in het profiel is goed; deze bedraagt ca 180 mm vocht in de wortelzone. Daar het profiel onderin niet lichter

wordt is een drainage op 8 m afstand, bij een diepte van 0,90 m noodzakelijk volgens doorlatendheidsmetingen. De streekafwatering is in orde. Zoet grondwater is niet aanwezig. Het slootwater wordt in de zomer brakkig en bevat dan 3-5 g keukenzout per liter.
Het volume lucht in de grond is slechts matig hoog. Het poriënvolume in de voedingszone bedraagt 43 %.
d. Bedrijfsvoering: De kansen op schade door nachtvorst zijn niet groot op dit bedrijf, zodat bijzondere maatregelen daartegen niet worden genomen.

Beoordeling van de gegevens.
Het gewas lijdt enigszins door het stikstof- en kaligebrek. De minder goede doorluchting van de grond werkt mee bij het tot stand komen van deze toestand. De te lage K/Mg-verhouding in het blad en in de grond zou door een zware kalibemesting verhoogd moeten worden. Het P_{AL}-cijfer geeft aan, dat alleen voor de ondergroei een fosfaatbemesting van betekenis kan zijn. Een verhoging van het humusgehalte en van het poriënvolume van de grond, door aanvoer van organische stof, in de vorm van organische bemesting of begroeiing, is zeer gewenst. De grondwaterstand in het voorjaar is maar nauwelijks diep genoeg. Een diepere grondwaterstand geeft echter een geringere capillaire vochtaanvoer in de zomer. Aangezien de aanwezigheid van goed water voor beregening of bevloeiing niet gedurende het gehele seizoen verzekerd is, lijkt het beter de voorjaarsgrondwaterstand toch niet dieper te stellen.

Uitvoering van de bodembehandeling.
De aangegeven drainage wordt uitgevoerd, terwijl bovendien door een bodembegroeiing de vertikale doorlatendheid van het profiel verbeterd wordt. In een droge tijd in de voorzomer wordt bevloeid met slootwater, maar als het zoutgehalte gaat oplopen wordt nog slechts een enkele maal bevloeid.
De grond blijft permanent met gras begroeid. Het gras wordt ca tweemaal per maand gemaaid, of als het gewas 20 cm lang is. Met het oog op de nachtvorstkansen wordt de grasmat tijdens de bloei zeer kort gehouden. Een stikstofbemesting, naar 200 kg N per ha, wordt gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter. Voor 1/3 wordt deze in november en voor 2/3 deel in februari uitgestrooid. De fosfaatbemesting is gering; 60 kg P_2O_5/ha/3 jaar. Ze wordt als superfosfaat verstrekt voor de maand maart aanbreekt. In de tijd van november tot februari wordt 300 kg K_2O als zwavelzure kali uitgestrooid

Bij een gunstige stroprijs kan het aanleggen van een strokenmulch met stro, overwogen worden Er is dan minder kans, dat met brak water bevloeid moet worden en de bestrijding van het kaligebrek wordt er door verbeterd.
Op deze grond zou een meerjarige begroeiing met witte klaver ook geschikt zijn. Dit gewas verdraagt een bevloeiing met brak water echter minder goed dan gras.

[118] 4.4.5. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN ZWARE KLEIGROND.

Gegevens: a. Gewas: Het appel- (en pere-) gewas vertoont een goede groei en goede algemene stand. De wortelzone bevindt zich op een diepte van 0–1,00 m. Het bladstikstofgehalte van (met Cox O.P. vergelijkbare) appelrassen, bedraagt 2,3 % N bij

een normale oogst. De verhouding K_2O %/MgO % = 1,8/0,45 = 4,0 in het blad.
b. Grond: De kleigrond bezit in de laag 0–40 cm een humusgehalte van 3 %, een kalkgehalte van 0,02 %, een slibgehalte van 45 %, een pH_{KCl} = 5,8, een P_{AL}-cijfer = 35 en de verhouding K_{HCl}/Mg_{NaCl} = 50/250 = 0,2
Dieper dan 0,40 m is het profiel enigszins aflopend,zodat de grond op 1 meter diepte uit zware zavel bestaat.
c. Waterhuishouding: De grondwaterspiegel is resp. in maart, mei en september: 0,70–1,20 m, 1,30 m en 2,30 m–m.v. Een matige hoeveelheid beschikbaar vocht is in de wortelzone aanwezig; 150 mm. Een drainage op een diepte van 0,90 m, bij een drainafstand van 10 m, blijkt volgens doorlatendheidsmetingen noodzakelijk. De streekafwatering is in orde. Slootwater is gedurende de zomer in onvoldoende hoeveelheid aanwezig. Daarom is een bron geslagen, waaruit goed beregeningswater verkregen kan worden.
d. Bedrijfsvoering: Op een gedeelte van het bedrijf wordt tegen nachtvorst beregend.

Beoordeling van de gegevens.
De algemene stand van het gewas en de minerale gehalten in het blad maken geen bijzondere bemestingen noodzakelijk. Het kaligehalte van deze zware, van oorsprong kali-arme, grond moet echter goed op peil worden gehouden. Het humusgehalte van de grond zou hoger moeten zijn, hetgeen voor een goede doorluchting (en kalivoorziening) van deze grond gewenst is. Voor een goede minerale voeding is beregening op dit profiel van belang. De matige vochtberging en de begroeiing veroorzaken gemakkelijk een te sterke uitdroging van de voedingszone. De aanwezigheid van de installatie voor de nachtvorstbestrijding, die af en toe een extra neerslag van ca 25 mm per dag geeft, maakt de drainage dubbel noodzakelijk.

Uitvoering van de bodembehandeling.
De drainage wordt uitgevoerd overeenkomstig de gegevens over de doorlatendheid. Bij de aanleg is rekening gehouden met de beregening tegen nachtvorst. In de zomer wordt een deel van het bedrijf beregend voor de droogtebestrijding. Omdat het bezwaarlijk is enige verderaf gelegen percelen met de beregeningsinstallatie van water te voorzien, worden deze bevloeid.
Een blijvende grasmat is aanwezig. In de nachtvorstperiode wordt deze extra kort gemaaid. Later in de zomer, tot augustus, wordt het gras tweemaal per maand gemaaid, of wanneer het 15 à 20 cm hoog is geworden.
De stikstofbemesting wordt deels vroeg in de winter, deels in het vroege voorjaar gegeven naar 200 kg N per ha, als kalkammonsalpeter. De aanwezigheid van de grasmat maakt deze gift noodzakelijk, hoewel het bladstikstofgehalte en de groei behoorlijk zijn. Een fosfaatbemesting blijft achterwege. De kalibemesting is niet zwaar. In de winter wordt 150 kg K_2O per ha uitgestrooid als zwavelzure kali.

Indien geen nachtvorstbestrijding wordt uitgevoerd zou ook de gehele oppervlakte bevloeid kunnen worden in plaats van beregend. Doorgaans zal dit meer arbeid, maar een lagere investering vragen.
Wanneer voldoende slootwater aanwezig is, zou het plaatsen van een bron nagelaten kunnen

worden. Alleen indien de wateraanvoer in droge perioden verzekerd lijkt, is het verantwoord om geen bron te slaan.
Indien het bronwater ijzerrijk is, wordt het later in het seizoen alleen voor bevloeien gebruikt.

[119] 4.4.6. VOORBEELD VAN EEN BODEMBEHANDELING OP EEN KALIARME KLEIGROND MET OP GERINGE DIEPTE GROF ZAND

Gegevens: a. Gewas: De aanwezige appelboomgaard vertoont een matige groei. Ze verwelkt en verliest blad in droge seizoenen. Kaligebrek is duidelijk aanwezig in de meeste jaren. De beworteling strekt zich uit tot 0,60 m diepte. Het bladstikstofgehalte bedraagt 2,3 % N. De verhouding $K_2O\,\%/MgO\,\% = \frac{0{,}95}{0{,}6} = 1{,}6$ in het blad van de appel Jonathan. Tekorten aan sporenelementen zijn niet zichtbaar.

b. Grond: De zware kleigrond bezit in de voedingszone een humusgehalte van 3,0 %, een slibgehalte van 60 %, een P_{AL} cijfer = 50, een $CaCO_3$ -gehalte = 0,05 %, een $pH_{KCl} = 6{,}2$ terwijl de verhouding $K_{HCl}/Mg_{NaCl} = \frac{20}{240} = 0{,}08$.

Dieper dan 0,60 m wordt zand aangetroffen, dat niet doorworteld is.

c. Waterhuishouding: De grondwaterspiegel is resp. in maart, mei en september: 0,50 m, 0,90 m en 1,90 m–m.v. Door een sterke inzijging is sloot- en grondwaterstandsregeling niet uitvoerbaar. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone is klein; ca 100 mm. Een bron met ijzerhoudend (4 dpm Fe) water is aanwezig. Het bronwater is alleen voor bevloeiing geschikt. Een drainage is niet nodig, gezien de grondwaterstand en de ligging van het perceel op een hoog gedeelte van het terrein.

Beoordeling van de gegevens

Het gewas lijdt doorlopend aan kaligebrek en in droge seizoenen aan watertekort. Het P_{AL}-cijfer is zo hoog, dat een fosfaatbemesting achterwege kan blijven. Een normale stikstofbemesting is voldoende. De K/Mg-verhouding in het blad is te laag en ook in de grond onbevredigend. Het gehalte van de bodem aan kali kan door bemesting opgevoerd worden, maar tegelijk moet de aanwezige kali in de voedingszone zo goed mogelijk opneembaar blijven. Het vochtig houden van de voedingszone en de wortelzone is op dit profiel dan ook dubbel noodzakelijk, zowel voor de minerale (vooral de kali) voeding, als om ernstige droogteschade te voorkomen. Droogteschade zal op dit profiel dikwijls voorkomen, omdat in de wortelzone veel te weinig vocht wordt gebonden. Een mulch op de grond is voor de bestrijding van het kaligebrek gewenst, maar deze zal te weinig vocht kunnen conserveren, zodat het vochttekort in het profiel af en toe door bevloeiing aangevuld moet worden. Midden tussen de boomrijen is een blijvende begroeiing gewenst, aangezien deze zware grond in onbegroeide natte toestand niet berijdbaar is. Vooral met het oog op de ziektebestrijding is deze begroeiing noodzakelijk. Een mulchlaag op deze stroken tussen de boomrijen is ongewenst, omdat deze de bovengrond tijdelijk te vochtig kan houden, zodat vooral op de plaatsen waar vaak wordt gereden of gelopen, de grond gereduceerd wordt. Deze reductie gaat gepaard met een minder gunstige toestand van de bodem voor de plantengroei. De vrij hoge grondwaterstand in het voorjaar is niet schadelijk, omdat deze in het groei-

seizoen toch onder de wortelzone is weggezakt. Een diepere drainage is zelfs minder gewenst, omdat bij een diepe grondwaterstand zeer weinig vocht aan de wortelzone wordt geleverd.

Uitvoering van de bodembehandeling

Een drainage wordt niet aangelegd. Met het ijzerhoudende water wordt zo vaak bevloeid, dat de voedingszone goed vochtig blijft in de tijd met de scheutgroei en daarna tot de pluk zo vochtig, dat de bomen niet verwelken. Op dit ondiep bewortelde profiel moet met tussenpozen, die niet langer zijn dan 1 of 2 weken en met hoeveelheden van 30 tot 40 mm water worden bevloeid. Een stromulch wordt op de stroken onder de bomen gelegd. Op de stroken tussen de stromulch groeit een blijvende grasmat.

De stikstofbemesting behoeft niet overmatig te zijn, maar mag, in verband met de grasgroei en een mogelijke stikstoffixatie onder het stro, ook niet te spaarzaam uitgevoerd worden; in november wordt 50 kg N uitgestrooid en nog eens 100 kg N in februari, beide malen als kalkammonsalpeter. Een fosfaatbemesting blijft achterwege. De kalibemesting blijft zwaar, zolang het kaligehalte van de grond zo laag is; er wordt 500 kg K_2O per ha verstrekt als chloorarme meststof. Deze meststof wordt in de winter uitgestrooid, zodat zij tijdig doorzakken kan. In de zomer wordt verscheidene malen gespoten met 1 à 2 % kalisulfaat.

Indien de stromulch te duur uitkomt, kan het vochttekort (en het kaligebrek) ook door bevloeiing bestreden worden. Er moet dan vaker bevloeid worden.

4.4.7. SLOTBESPREKING

Hoewel de natuurlijke vruchtbaarheidsverschillen van uiteenlopende bodemprofielen niet geheel door de meest doeltreffende bodembehandeling opgeheven zullen worden, kan met een doelgerichte bodembehandeling toch veel worden bereikt. Het kan betwijfeld worden, of de kosten steeds verantwoord zijn voor een bodembehandeling, die de optimale toestand van het gewas en de bodem beoogt. Dit zal zeker gelden voor boomgaarden op bodemtypen, die als slecht bekend staan. Bij de beoordeling van het rendement moet echter steeds bedacht worden, dat de kostprijs van het fruit voor slechts een klein percentage gevormd wordt door de kosten van de bodembehandeling. Economisch onderzoek is echter nodig, om in deze een gefundeerd oordeel te kunnen geven.

SAMENVATTING

3. DE INVLOED VAN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND OP HET GEWAS

Door de schaarste aan goede proefvelden, waarop de invloed van de bodembehandeling op de produktie van fruit nagegaan kon worden, is als benadering van deze invloed voornamelijk onderzocht welke uitwerking de bodembehandeling op het voorkomen van voedingsziekten heeft.
De volgende voedingsziekten zijn onderzocht, hetzij omdat bij een ernstig optreden een opbrengstreductie te verwachten is, hetzij omdat de oorzaken voor het optreden van deze deficienties in de fruitteelt onvoldoende bekend waren: stikstofgebrek, magnesiumgebrek, ijzergebrek en zinkgebrek.
Het magnesiumgebrek, het ijzergebrek en het zinkgebrek zijn voornamelijk gewaardeerd naar de symptomen, die aan het gewas waargenomen konden worden. Het stikstofgebrek, dat minder uitvoerig nagegaan kon worden, is gewaardeerd naar het stikstofgehalte in het blad.

3.1. GEWAS- EN GRONDONDERZOEK

Als hulpmiddel bij de waardering van het optreden van voedingsziekten is, waar mogelijk, gebruik gemaakt van de chemische gewas- en grondanalyses. Door deze analyses kan de invloed van een bodembehandeling sneller en nauwkeuriger onderkend worden. Een indruk van de resultaten en een vergelijking van enkele analyses geven de tabellen 54 t/m 56 en de figuren 73 t/m 80.
Bij de waardering van de gewasanalyses moet vooral het seizoensverloop van de gehalten aan verschillende elementen in rekening gebracht worden – fig. 73 en 74 –. Voor de waardering van de grondanalyses moet rekening gehouden worden met het verloop in het nitraatgehalte van de grond gedurende het seizoen en de vochttoestand van de grond – figuur 80, tabel 18 –. De vochttoestand van de grond heeft eveneens grote invloed op het analyseresultaat van de elementen mangaan, ijzer en aluminium – tabel 25 –.

3.2. en 3.3.1. DE TOESTAND VAN GEWAS EN GROND BIJ EN DE AANLEIDING TOT HET OPTREDEN VAN ENKELE BELANGRIJKE VOEDINGSZIEKTEN IN DE FRUITTEELT

Magnesiumgebrek
De verhouding van kalium en magnesium in het blad mag, met het oog op magnesiumgebrek, niet hoger oplopen dan tot een bepaalde waarde. In mg aeq. op droge stof uitgedrukt, of in procenten op droge stof uitgedrukt, zijn deze maximale waarden als volgt – figuur 81 –:

voor de appelrassen	Cox O.P. Sch. v. Boskoop	2,5 $\frac{\text{mg aeq K}}{\text{mg aeq Mg}}$	/ dr. st. en	5,9 $\frac{\%\ K_2O}{\%\ MgO}$	/ dr. st.
	Jonathan	2,2	„	„	5,2	„
Voor de peer	Bonne Louise	1,55	„	„	3,7	„

Voor de appelrassen Cox O.P. en Schone van Boskoop behoort bij deze verhouding 65–70 % Ca en voor de appel Jonathan 70–75 % Ca (in % van het K + Mg + Ca-gehalte in het blad), wil er sprake zijn van een gezond gewas – fig. 84 en 85 –.
Deze „maximale" verhoudingen gelden bij hoge tot matig hoge stikstofgehalten van het blad. Bij lage stikstofgehalten kan de „maximale" verhouding hoger zijn.
Voor de waarde van de „maximale K/Mg verhouding" in de grond moet rekening gehouden worden met de kalktoestand. Deze verhouding is ook opgegeven voor verschillende pH-trajecten, maar de pH blijkt een minder goede maatstaf voor de bepaling van de „maximale K/Mg verhouding" dan het kalkgehalte.
Bij de volgende pH-waarden gelden de aangegeven „maximale K/Mg verhoudingen":

pH	K_{MV}/Mg_{MV}	$K_{HCl}/Mg_{azijnzuur}$	K_{HCl}/Mg_{NaCl}
> 7	0,55	0,7	1,4
6–7	1,4	0,9	1,8
5–6	2,05		

Bij de volgende calciumgehalten gelden de aangegeven „maximale K/Mg verhoudingen" – fig. 86 en 87 –.

Ca_{MV}	K_{MV}/Mg_{MV}	$CaCO_3$	$K_{HCl}/Mg_{azijnz.}$	K_{HCl}/Mg_{NaCl}
< 1000 d p m	1,5	0,2 %	2,0	2,0
1000– 3000 d p m	0,8	0,2–2,0 %	0,9	
3000–10000 d p m	0,7	2 –10 %	0,6	1,5

Deze verhoudingen gelden voor een vochtige tot matig vochtige grond. In natte gronden moeten de „maximale verhoudingen" lager liggen dan in droge gronden – tabel 125, 5 en 12 –. Stikstof-, slib- en humusrijke gronden zullen hogere verhoudingen te zien geven dan gronden die armer zijn. Deze regel volgt ook uit de Donnan theorie. In vochtiger, slib- en humusrijkere gronden is het kali actiever in de grond ten opzichte van het magnesium, waardoor spoediger magnesiumgebrek optreedt. In een stikstofrijk gewas zal het magnesium minder actief zijn, zodat de plant een grotere behoefte aan magnesium toont en dus gevoeliger wordt voor magnesiumgebrek.
Door het *selectievermogen van de plant* zal ook bij zeer uiteenlopende K/Mg-verhoudingen in de grond deze verhouding in de plant toch niet spoedig zo extreem worden, dat magnesium- of kaligebrek ontstaat – fig. 96 –.
De *calciumtoestand van de grond* is van grote invloed door de volgende oorzaken:
1. In de kalkrijke zeekleigronden lost het magnesiumcarbonaat des te slechter op, naarmate er meer calciumcarbonaat in de dolomiet voorkomt – tabel 62 –. Dolomiet is een mineraal, dat een belangrijke hoeveelheid magnesium levert in deze gronden.
2. Op de zure zandgronden bevordert kalk de magnesiumopname. Met een bekalking, ook met gewone landbouwkalk, komt een niet te verwaarlozen hoeveelheid magnesium in de grond. Een fosfaatbemesting kan gunstig zijn, omdat daarmee calcium en eventueel magnesium aan de grond wordt toegediend.
Door een *stikstofbemesting* wordt in bepaalde gevallen de beworteling verbeterd en daarmee ook de magnesiumopname. Ammoniummeststoffen zijn in dit opzicht

slechter dan nitraatmeststoffen. Een stikstofbemesting, indien het blad reeds een behoorlijk stikstofgehalte heeft, kan meer magnesiumgebrek veroorzaken.
Een invloed van het *mangaan- en aluminiumgehalte* op het magnesiumgebrek viel niet op te merken.
Vergeleken met zwarte grond geeft een *onderteelt van gras* minder magnesiumgebrek in boomgaard. Gras vermindert een hoog stikstofgehalte, verhoogt het magnesiumgehalte iets en verhoogt of verlaagt het kaligehalte in het blad. Uit de sterke stikstofopname en de verlaging van het vochtgehalte (voornamelijk in de bovengrond) zijn deze invloeden verklaarbaar. Groenbemesting als onderteelt heeft veel minder invloed dan gras. De werking daarvan komt bijna overeen met die van zwarte grond – tabel 66 –.
Een *mulch* geeft veelal meer magnesiumgebrek. Door de toename van het kaligehalte in de grond en het vochtgehalte in de bovengrond wordt de kali-opname, soms ook de stikstof-opname, versterkt (uitgezonderd bij stikstoffixatie).
Een *bespuiting op het blad* met bepaalde magnesiumzouten werkt doorgaans gunstig. Een bespuiting met fosforzuur, al of niet in combinatie met magnesium, werkt ongunstig – tabel 65 –. Een bespuiting met ureum had weinig uitwerking – tabel 67 –.

IJzergebrek

Het aantal uitgevoerde bladanalyses is te klein, om de chemische toestand van het blad bij het optreden van ijzergebrek aan te kunnen geven. De lagere calcium- en magnesiumgehalten en de hogere kali- en stikstofgehalten in chlorotisch blad blijken volgens ander onderzoek meer bijkomstig dan oorzakelijk met ijzergebrek verbonden. Volgens recent onderzoek kan ijzergebrek ontstaan door vastlegging van ijzer in de plant bij een gelijktijdige opname van grotere hoeveelheden calcium en fosfaat.
De volgende groepen van bodemfactoren blijken met ijzergebrek gecorreleerd – zie ook tabel 59 en 68, fig. 97 –.
1. Een *hoog* Ca_{MV} *cijfer* van de grond is ongunstig. Door het bicarbonaat in de grond wordt het calcium meer bewegelijk en wordt ook sterker opgenomen. Een hoger koolzuurgehalte zal een hoger bicarbonaatgehalte en daardoor ijzergebrek veroorzaken – tabel 69 –. Onder vochtige omstandigheden, bij veel neerslag of een hoge grondwaterstand, loopt het koolzuurgehalte in de grond op – tabel 27 –. Bij een hoger gehalte aan actief calcium zullen de mobiele organische ijzerverbindingen minder bewegelijk worden en er kan uit deze verbindingen ook meer ijzer tegen calcium omgewisseld worden.
2. Een *hoog* Fe_{MV} *cijfer* van de grond is gunstig. Het ijzer in de grond beweegt zich voor een belangrijk deel als organisch complex, als humaat of chelaat. Onder vochtige reducerende omstandigheden, bij aanwezigheid van organische stof in de bodem, wordt meer bewegelijk, gemakkelijker opneembaar ijzer gevormd – tabel 25 –. Een indruk van deze reductie-toestand en dus van de hoeveelheid opneembaar ijzer geeft het Mn_{MV} cijfer.
3. Een *hoog* P_{MV} *cijfer* is ongunstig. Door een vochtige toestand van de grond wordt het fosfaat nog actiever. Bovendien loopt het koolzuurgehalte van de grond dan op, hetgeen de fosfaat-oplosbaarheid versterkt.

4. Een *hoog* K_{MV} *cijfer* blijkt positief gecorreleerd met ijzergebrek. Het kalium bevordert weliswaar in de plant een goede ijzerverdeling, maar van een gunstig effect van het bodemkali was niets te bemerken; er viel integendeel een ongunstige invloed waar te nemen.

5. Een *hoog vochtgehalte* en een *hoog koolzuurgehalte*, die vaak met elkaar en met een slechte structuur en een laag humusgehalte van de grond gecorreleerd zijn, werken ongunstig.

Een ongunstige invloed van bepaalde *schimmels* op het ijzergebrek is bekend. Sommige oorzakelijk geachte factoren bij het optreden van ijzergebrek kunnen wellicht via een groeibevordering van deze schimmels hun invloed doen gelden.

Op de zuidwestelijke zeeklei- en duinzandgronden zijn de volgende factoren van belang bij het optreden van ijzergebrek; in volgorde van belangrijkheid – tabel 68 –.

Chlorose bevorderende factoren	*Chlorose verhinderende factoren*
Het calciumgehalte van de bodem	Het mangaangehalte van de bodem (=de reductietoestand)
Het koolzuurgehalte van de bodemlucht	
Het kaligehalte van de bodem	
Het fosfaatgehalte van de bodem	

Een belangrijk deel van het ijzergebrek is met deze factoren nog niet verklaard.

Een *bodembedekking* maakt de ijzerchlorose vaak iets ernstiger op vochtige en natte gronden. Het hogere vocht- en koolzuurgehalte van de bodem onder een mulch werken blijkbaar zoveel ongunstiger, dat de toevoer van de organische stof deze invloed niet compenseert – 2.2.2. –.

Een *bodembegroeiing*, vooral gras, werkt gunstig. Het verhoogt de kali-stikstofverhouding in de plant, waardoor het ijzer beter tot zijn recht komt. Het lagere nitraat- en vochtgehalte en het weinig hogere koolzuurgehalte in de grond kunnen deze reactie verklaren.

Bladbespuitingen met ijzer-carbamaten en -chelaten voldeden slechts matig als bestrijding van ijzergebrek. Een bemesting van de grond met ijzerchelaten gaf soms goede resultaten.

Zinkgebrek

Het gehalte van het appelblad aan zink blijkt eind juni meer dan 20 dpm te moeten zijn voor een gezond gewas. Later in het seizoen neemt het zinkgehalte nog enigszins toe.

Zinkgebrek lijkt te ontstaan door een samenwerking van verschillende factoren – tabel 71 –. Een van de meest in het oog lopende factoren is het *fosfaatgehalte van de grond.* Bij een P_{MV} cijfer kleiner dan 7 en een $P_{citr.}$ cijfer kleiner dan 60 is geen zinkgebrek aangetroffen. Verder bevordert de *kalkrijkdom* van de grond het zinkgebrek. Bij *droogte* en op lichte gronden blijkt er meer aanleiding te bestaan voor zinkgebrek. De humusrijke bovengrond bevat een grote reserve aan waarschijnlijk organisch gebonden zink. Tijdens droogte is deze bodemlaag het eerst uitgeschakeld. Door verschillende onderzoekers is aangetoond, dat onder invloed van verschillende *microben* zinkgebrek kan ontstaan. Het is aannemelijk, dat deze microben een bepaald milieu be-

hoeven, om werkzaam te kunnen zijn. Daarbij zouden de voornoemde toestanden een rol kunnen spelen.
Het tegengaan van magnesiumgebrek kan soms tegelijkertijd zinkgebrek bestrijden. Het voorkomen van zinkgebrek op lichte gronden kan dus ook met magnesiumgebrek samenhangen.
De invloed van het $Zn_{azijnz.}$ gehalte in de grond is niet duidelijk. De samengestelde oorzaak van het zinkgebrek kan hiervoor ook de reden zijn.
Een *bodembegroeiing* gaat het zinkgebrek tegen. De teelt van luzerne is een bekende remedie in de Verenigde Staten tegen zinkgebrek. Op welke wijze de invloed van de begroeiing verklaard kan worden ligt nog in het duister.
Bespuitingen met bepaalde zinkzouten op het kale hout of op het blad geven een redelijke bestrijding van het zinkgebrek, veelal beter dan een bemesting van de grond.
Door het afnemend gebruik van kwikbevattende spuitmiddelen en het toenemend gebruik van zinkcarbamaten is het optreden van zinkgebrek aanmerkelijk verminderd.

Stikstofgebrek

Het stikstofgehalte in het blad van Cox O.P. moet bij een gemiddelde oogst minstens 2,2 % of 170 mg mol/100 g droge stof bedragen, opdat een maximale oogst behaald kan worden – fig. 88 –. In beurtjaren kan dit gehalte lager zijn – tabel 18 –. Het stikstofgehalte is veelal positief gecorreleerd met de grootte van de oogst – fig. 89 –.
Andere appelrassen kunnen een van Cox O.P. afwijkend optimaal stikstofgehalte vertonen.
Het bladstikstofgehalte blijkt een betere maat voor de grootte van de oogst, dan het nitraatgehalte van de grond of de bemesting – vergelijk fig. 88, 90 en 99 –.
Een grenscijfer voor het nitraatgehalte in de grond zou alleen gegeven kunnen worden, indien de vochttoestand van de grond ieder jaar gelijk was – fig. 80 en 90 –. Tijdens droge perioden hoopt het nitraat zich op en er wordt ook minder stikstof gemineraliseerd. In een vochtiger grond wordt meer stikstof gemineraliseerd, maar er wordt doorgaans zoveel stikstof opgenomen, dat een lager nitraatgehalte het gevolg is – tabel 17 en 18 –. Afwisseling in de vochttoestand, zonder extremen, geeft de beste mineralisatie. Vooral het nitraatgehalte aan het begin van het groeiseizoen is van belang.
Bij een teveel aan vocht wordt de stikstof moeilijk opgenomen en ontwijken veel stikstof en stikstof-oxyden.
Vooral *gras als onderteelt* kan stikstofgebrek geven – tabel 18b, 66 en 67 –. Dit is veelal het gevolg van een stikstofconcurrentie en een uitdroging van de bovengrond, zodat de nitraatreserve van de grond geblokkeerd wordt.
Een *mulch* houdt stikstof beter beschikbaar bij de opname – tabel 66 – o.a. door het vochtig houden van de bovengrond. Een koolstofrijke mulch kan soms, gedurende enkele jaren na het aanbrengen, in beduidende mate stikstof vastleggen, maar dit vermindert na verloop van tijd.
Stikstofgebrek is doorgaans door een *bemesting* van de grond te bestrijden. Bij een onderteelt van gras kunnen hiervoor echter grote hoeveelheden stikstof nodig zijn. Het vochtig houden van de bovengrond bevordert dan de stikstofopname – tabel 17 en 18a –.

3.3.2. DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE CHEMISCHE TOESTAND VAN DE GROND

In een zeer *natte* grond daalt het nitraat-, fosfaat- en kaligehalte. Het ijzer-, mangaan- en aluminiumgehalte stijgt – tabel 25 –. Een vochtige grond geeft, ten opzichte van een droge, een hogere nitraat-fosfaat- en kali-activiteit, een relatief lagere magnesium- en calciumactiviteit en een hogere ijzer-, mangaan- en aluminiumactiviteit.

Door de *uitspoeling* vermindert het gehalte van de grond aan verschillende voedingselementen. Fruitteeltgronden uit Zuidwest-Nederland verliezen 15–50 kg N, vrijwel geen fosfaat, 30–65 kg K_2O, 25–85 kg MgO en 250–650 kg $CaCO_3$ per ha per winter – tabel 73 –. Vergelijkbare hoeveelheden spoelen uit bij gronden in gebruik bij de akkerbouw. Bij de bemesting, zoals deze tot voor kort gebruikelijk was, werden de fruitteeltgronden steeds verder verrijkt met fosfor, kali en magnesium. Dit geldt bij magnesium alleen, indien patentkali of kieserit werd gebruikt – tabellen 74, 75 en 76 –.

Door een *bodembedekking* wordt het gehalte aan kali hoger – 2.2.2. –. Een daling van de pH wordt soms gevonden, waarbij ook het mobiel fosfaatgehalte lager wordt.

Een *begroeiing*, vooral met gras, verlaagt het nitraatgehalte en kan het kali- en magnesiumgehalte iets doen toenemen. De beschikbaarheid van ijzer en zink wordt er door vergroot.

Wanneer het ondergewas wordt weggevoerd kan ook het kaligehalte gevoelig dalen – tabel 67 –.

Door de *fruitteelt* worden per jaar per ha de volgende hoeveelheden voedingselementen blijvend aan de grond *onttrokken:* 29–31 kg N, 8–9 kg P_2O_5, 38–48 kg K_2O, 7 kg MgO, 171–186 kg $CaCO_3$ – tabel 78 en 79 –.

Wanneer de balans opgemaakt wordt voor de belangrijkste voedingselementen, dan blijkt de gebruikelijke bemesting de onttrekking + uitspoeling te overtreffen – tabel 80 –. Het minste is dit bij magnesium het geval. Zonder kalktoevoer vermindert de bodemvoorraad aan kalk. Indien de structuur van de bodem goed is, behoeft het laatste geen bezwaar te zijn.

Zware bemestingen met verschillende elementen kunnen leiden tot de volgende neveneffecten: Een *stikstofbemesting* kan bij een niet te stikstofrijke plant minder magnesiumgebrek geven, bij een stikstofrijke plant kan het magnesiumgebrek daardoor toenemen.

Op zure grond geeft ammoniak meer magnesiumgebrek, nitraat minder.

Een *zware fosfaatbemesting* kan leiden tot zinkgebrek en ijzergebrek.

Een *zware kalibemesting* op niet kaliarme grond leidt op den duur tot magnesiumgebrek. Tegelijk uitstrooien van voldoende magnesium kan dit verhinderen.

Een *zware bekalking* kan gunstig werken op de magnesiumopname bij zure gronden. Op normale en kalkrijke grond legt deze bemesting de sporenelementen ijzer en mangaan te sterk vast.

Een *zware bodembegroeiing*, vooral gras, geeft meer stikstofgebrek, minder magnesiumgebrek, ijzergebrek en zinkgebrek.

Een *zware bodembedekking* kan aanvankelijk stikstofgebrek geven (tenminste een stikstofarme bedekking) maar op den duur zal de stikstofopname verbeteren. Een bedekking geeft ook iets meer magnesium- en ijzergebrek.

3.4. HET REGIONALE VOORKOMEN VAN VOEDINGSZIEKTEN IN VERBAND MET DE CHEMISCHE TOESTAND VAN DE GROND

De frequenties van de chemische grondanalyse-resultaten geven aan, dat *magnesiumgebrek* vooral op de jonge zeeklei en op pleistoceen zand verwacht kan worden. *IJzergebrek* kan vooral op jonge zeeklei, minder op de rivierklei en de löss, maar zeer weinig op pleistoceen zand verwacht worden. *Zinkgebrek* kan op de jonge en oude zeeklei en in veel mindere mate op rivierklei en löss verwacht worden – fig. 100 t/m 103 –.
IJzergebrek komt op rivierklei evenwel weinig voor, evenals *zinkgebrek* op rivierklei en löss. *Voedingsziekten* kunnen door een complex van oorzaken teweeg gebracht worden, zodat op grond van afzonderlijke chemische analysen geen goede voorspellingen te doen zijn over het optreden.

4. DE PRAKTIJK VAN DE BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT

De bodembehandeling wordt uitgevoerd, om het rendement van de fruitteelt te verhogen. De beoordeling van de rendementsverbetering zal bij voorkeur aan de hand van economische gegevens uitgevoerd moeten worden. Bij afwezigheid van deze gegevens kunnen andere normen worden gebruikt; enerzijds normen ontleend aan de toestand van het bestand, zoals de kg-opbrengst en de stand van het gewas, alsmede de chemische toestand van het blad, anderzijds normen ten aanzien van de chemische en waterhuishoudkundige toestand van de bodem.
Ook de uitvoering van de verschillende onderdelen van de bodembehandeling kan vastgesteld worden op basis van gegevens over het gewas en de grond. De normen voor de beoordeling van het rendement en van de toestand van het gewas en de bodem zijn verkregen uit het onderzoek, dat vermeld is in de hoofdstukken 2 en 3, gecombineerd met praktijkervaringen.
Bij de uitvoering van de bodembehandeling kunnen de volgende hoofdgroepen van cultuurmaatregelen onderscheiden worden:
1. het bewerken, 2. het laten begroeien, 3. het bedekken en 4. het bemesten van de grond. 5. de regeling van de waterhuishouding (de waterbeheersing) van de grond. De nadere uitwerking van deze maatregelen is in het kort in 4.2. omschreven.
Uit een overzicht van de belangrijkste hedendaagse bodembehandelingssystemen in Nederland blijkt, dat ofwel, zoals in het rivierkleigebied, een blijvende grasbegroeiing wordt aangetroffen, ofwel de grond wordt zwartgehouden in de eerste helft van de zomer, zoals in vele zandgebieden – 4.3. –.
In de moderne fruitteelt kan de bodembehandeling meer doelgericht uitgevoerd worden aan de hand van de resultaten van het gewas- en het grondonderzoek.
Voorbeelden van moderne bodembehandelingssystemen worden in 4.4., fig. XV, gegeven. Bij ieder bodembehandelingssysteem zal steeds een compromis bereikt moeten worden, waarbij zo goed mogelijk voldaan wordt aan alle normen die gesteld kunnen worden voor de bodemfactoren, die van belang zijn voor de optimale ontwikkeling van het gewas. De aard en de groeitijd van de onderbegroeiing, de toepassing

3.3.2. DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE CHEMISCHE TOESTAND VAN DE GROND

In een zeer *natte* grond daalt het nitraat-, fosfaat- en kaligehalte. Het ijzer-, mangaan- en aluminiumgehalte stijgt – tabel 25 –. Een vochtige grond geeft, ten opzichte van een droge, een hogere nitraat-fosfaat- en kali-activiteit, een relatief lagere magnesium- en calciumactiviteit en een hogere ijzer-, mangaan- en aluminiumactiviteit.

Door de *uitspoeling* vermindert het gehalte van de grond aan verschillende voedingselementen. Fruitteeltgronden uit Zuidwest-Nederland verliezen 15–50 kg N, vrijwel geen fosfaat, 30–65 kg K_2O, 25–85 kg MgO en 250–650 kg $CaCO_3$ per ha per winter – tabel 73 –. Vergelijkbare hoeveelheden spoelen uit bij gronden in gebruik bij de akkerbouw. Bij de bemesting, zoals deze tot voor kort gebruikelijk was, werden de fruitteeltgronden steeds verder verrijkt met fosfor, kali en magnesium. Dit geldt bij magnesium alleen, indien patentkali of kieserit werd gebruikt – tabellen 74, 75 en 76 –.

Door een *bodembedekking* wordt het gehalte aan kali hoger – 2.2.2. –. Een daling van de pH wordt soms gevonden, waarbij ook het mobiel fosfaatgehalte lager wordt.

Een *begroeiing*, vooral met gras, verlaagt het nitraatgehalte en kan het kali- en magnesiumgehalte iets doen toenemen. De beschikbaarheid van ijzer en zink wordt er door vergroot.

Wanneer het ondergewas wordt weggevoerd kan ook het kaligehalte gevoelig dalen – tabel 67 –.

Door de *fruitteelt* worden per jaar per ha de volgende hoeveelheden voedingselementen blijvend aan de grond *onttrokken:* 29–31 kg N, 8–9 kg P_2O_5, 38–48 kg K_2O, 7 kg MgO, 171–186 kg $CaCO_3$ – tabel 78 en 79 –.

Wanneer de balans opgemaakt wordt voor de belangrijkste voedingselementen, dan blijkt de gebruikelijke bemesting de onttrekking + uitspoeling te overtreffen – tabel 80 –. Het minste is dit bij magnesium het geval. Zonder kalktoevoer vermindert de bodemvoorraad aan kalk. Indien de structuur van de bodem goed is, behoeft het laatste geen bezwaar te zijn.

Zware bemestingen met verschillende elementen kunnen leiden tot de volgende neveneffecten: Een *stikstofbemesting* kan bij een niet te stikstofrijke plant minder magnesiumgebrek geven, bij een stikstofrijke plant kan het magnesiumgebrek daardoor toenemen.

Op zure grond geeft ammoniak meer magnesiumgebrek, nitraat minder.

Een *zware fosfaatbemesting* kan leiden tot zinkgebrek en ijzergebrek.

Een *zware kalibemesting* op niet kaliarme grond leidt op den duur tot magnesiumgebrek. Tegelijk uitstrooien van voldoende magnesium kan dit verhinderen.

Een *zware bekalking* kan gunstig werken op de magnesiumopname bij zure gronden. Op normale en kalkrijke grond legt deze bemesting de sporenelementen ijzer en mangaan te sterk vast.

Een *zware bodembegroeiing*, vooral gras, geeft meer stikstofgebrek, minder magnesiumgebrek, ijzergebrek en zinkgebrek.

Een *zware bodembedekking* kan aanvankelijk stikstofgebrek geven (tenminste een stikstofarme bedekking) maar op den duur zal de stikstofopname verbeteren. Een bedekking geeft ook iets meer magnesium- en ijzergebrek.

3.4. HET REGIONALE VOORKOMEN VAN VOEDINGSZIEKTEN IN VERBAND MET DE CHEMISCHE TOESTAND VAN DE GROND

De frequenties van de chemische grondanalyse-resultaten geven aan, dat *magnesiumgebrek* vooral op de jonge zeeklei en op pleistoceen zand verwacht kan worden. *IJzergebrek* kan vooral op jonge zeeklei, minder op de rivierklei en de löss, maar zeer weinig op pleistoceen zand verwacht worden. *Zinkgebrek* kan op de jonge en oude zeeklei en in veel mindere mate op rivierklei en löss verwacht worden – fig. 100 t/m 103 –.
IJzergebrek komt op rivierklei evenwel weinig voor, evenals *zinkgebrek* op rivierklei en löss. *Voedingsziekten* kunnen door een complex van oorzaken teweeg gebracht worden, zodat op grond van afzonderlijke chemische analysen geen goede voorspellingen te doen zijn over het optreden.

4. DE PRAKTIJK VAN DE BODEMBEHANDELING IN DE FRUITTEELT

De bodembehandeling wordt uitgevoerd, om het rendement van de fruitteelt te verhogen. De beoordeling van de rendementsverbetering zal bij voorkeur aan de hand van economische gegevens uitgevoerd moeten worden. Bij afwezigheid van deze gegevens kunnen andere normen worden gebruikt; enerzijds normen ontleend aan de toestand van het bestand, zoals de kg-opbrengst en de stand van het gewas, alsmede de chemische toestand van het blad, anderzijds normen ten aanzien van de chemische en waterhuishoudkundige toestand van de bodem.
Ook de uitvoering van de verschillende onderdelen van de bodembehandeling kan vastgesteld worden op basis van gegevens over het gewas en de grond. De normen voor de beoordeling van het rendement en van de toestand van het gewas en de bodem zijn verkregen uit het onderzoek, dat vermeld is in de hoofdstukken 2 en 3, gecombineerd met praktijkervaringen.
Bij de uitvoering van de bodembehandeling kunnen de volgende hoofdgroepen van cultuurmaatregelen onderscheiden worden:
1. het bewerken, 2. het laten begroeien, 3. het bedekken en 4. het bemesten van de grond. 5. de regeling van de waterhuishouding (de waterbeheersing) van de grond. De nadere uitwerking van deze maatregelen is in het kort in 4.2. omschreven.
Uit een overzicht van de belangrijkste hedendaagse bodembehandelingssystemen in Nederland blijkt, dat ofwel, zoals in het rivierkleigebied, een blijvende grasbegroeiing wordt aangetroffen, ofwel de grond wordt zwartgehouden in de eerste helft van de zomer, zoals in vele zandgebieden – 4.3. –.
In de moderne fruitteelt kan de bodembehandeling meer doelgericht uitgevoerd worden aan de hand van de resultaten van het gewas- en het grondonderzoek.
Voorbeelden van moderne bodembehandelingssystemen worden in 4.4., fig. XV, gegeven. Bij ieder bodembehandelingssysteem zal steeds een compromis bereikt moeten worden, waarbij zo goed mogelijk voldaan wordt aan alle normen die gesteld kunnen worden voor de bodemfactoren, die van belang zijn voor de optimale ontwikkeling van het gewas. De aard en de groeitijd van de onderbegroeiing, de toepassing

van een mulch als bodembedekking, wateraf- en aanvoer, zijn de belangrijkste elementen bij het tot stand komen van dit compromis.
Bij de bodembehandeling moet er steeds rekening mee worden gehouden, dat de bodemvruchtbaarheid zowel op korte als ook op lange termijn verzekerd moet zijn.

LITERATUURLIJST

HOOFDSTUK 3

ACHARYA, C. N. AND S. P. JAIN Nitrifiability of soil organic matter. *Journ. Ind. Soc. of Soil Sci.* 2 (1954) 43–48.

ACHTNICH, W. Der Einfluss zeitlich variierter Nährstoffgaben auf den Ertrag bei Gerste und Hafer. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 99 (1955) 273–293

ADAM, D. B. AND C. S. PIPER The use of zinc for flax. *J. Agr. of South Australia* 47 (1944), 422–426.

ALBEN, A. O. AND H. E. HAMMAN The effect on pecan rosette from application of $ZnSO_4$ manure and S on heavy textured alkaline soils. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 45 (1944) 27–32.

ALDRICH, W. V. N-intake and translocation in apple trees following fall winter and spring $NaNO_3$ application. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 28 (1932) 532–537.

ALEXANDER, C. C. AND D. WALSH Control of iron chlorosis. *Agric. Chemicals* 7 (1952) 36–38.

ANONYMUS Kentekenen van kaligebrek. Ned. Kali Import Mij, 1951.

ARK, P. A. Little leaf or rosette of fruit trees 7. Soil microflora and little leaf or rosette disease. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 34 (1936) 216–221.

ARNOLD, P. W. Losses of nitrous oxide from soil. *J. Soil Sci.* 51 (1954) 116–127.

ASKEW, H. O. AND E. CHITTENDEN Effect of Mg-topdressing on growth of young apple trees, New Zealand. *J. Agr. Res.* 1 (1958) 796–799.

ATKINSON, H. J. AND J. R. WRIGHT Chelation and the vertical movement of soil constituents. *Soil Sci.* 84 (1957) 1–11.

BAIN, F. M. AND H. D. CHAPMAN Nitrate fertilizer additions to waterlogged soils in relation to oxygen deficiency. *Soil Sci.* 50 (1940) 357–369.

BAKER, C. E. The relation of N and soil moisture to growth and fruit fullness of apple trees under different systems of soil management. *Purdue Agr. Exp. Sta. Lafayette Indiana Bull.* 414 (1936).

—— The effect of different methods of soil management upon the potassium content of apple and peach leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 39 (1941) 33–57.

BANGE, G. G. J. Voedingsopname door de plantenwortel. *Meded. Dir. v. d. Tuinb.* 19 (1956) 629–640.

BATJER, L. P. AND B. L. ROGERS Fertilizer application as related to N, P, K, Ca and Mg utilization by apple trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 60 (1952) 1–7.

BAVER, L. D. Practical applications of K interrelationships in soils and plants. *Soil Sci.* 55 (1943) 121–126.

BEAR, F. E. (EDITOR) Chemistry of the soil. 1955.

—— AND S. J. TOTH Influence of calcium on availability of other soil cations. *Soil Sci.* 65 (1948) 69–74.

BEATTIE, J. M. Nitrogen fertilization of apples. *Ohio Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 817. (1958).

BEEFTINK, W. G. Bemesting met kunstmeststoffen. Jaarverslag Rijkstuinbouwconsulent v. Zeeland en N.W.B. (1955) 34–36.

—— C.S. Nog te verschijnen publicatie 1960.

BEESON, K. C., C. B. LYON, M. W. BARRENTINE Ionic absorption by tomato plants as correlated with variations in the compositions of the nutrient medium. *Plant Physiol.* 19 (1944) 258–277.

BENSON, N. R., L. P. BATJER AND J. C. CHMELIR	Response of some deciduous fruit trees to Zn-chelates *Soil Sci.* 84 (1957) 63–76.
BEYERS E.	Leaf analysis in relation to plant nutrition. *Farming in South Africa*, May 1951.
——	Effect of fertilizers on composition of grape leaves with special references to Mg deficiency. *Dept. Agr. Union of South Africa, Sci. Bull.* 353 (1955).
BINGHAM, F. F., J. P. MARTIN, J. A. CHARTAIN	Effects of P fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. *Soil Sci.* 86 (1958) 24–31.
BIRCH, H. F.	Effects of soil drying on humus decomposition and N availability. *Plant and Soil* 10 (1958) 9–31.
BLOOMFIELD C.	Some observations on gleying. *J. Soil Sci.* 1 (1950) 205–211.
——	Experiments on the mechanism of gley formation. *J. of Soil Sci.* 2 (1951) 196–211.
——	A study of podzolization. I The mobilization of Fe and Al by Scotch pine needles. *J. Soil Sci.* 4 (1953) 5–16.
——	A study of podzolization V. The mobilization of Fe and Al by aspen and ash leaves. *J. Soil Sci.* 5 (1954) 50–56.
BOAWN, L. C. ,F. G. VIETS, AND C. L. CRAWFORD	Effect of P fertilizer on Zn nutrition of field beans. *Soil Sci.* 78 (1954) 1–8.
——, ——, ——	Plant utilization of Zn from various Zn compounds. *Soil Sci.* 84 (1957) 219–228.
BOCK, K. R., J. O. ROBINSON AND J. T. CHAMBERLAIN	Zinc deficiency by Hg in Coffea Arabica *Nature* 182 (1958) 1607–1608.
BOISCHOT P., M. DURROUX ET G. SYLVESTRE	Etude sur la fixation du fer et du manganese dans les sols calcaires. *Annales de l'Inst. Nat. d.l. Recherche Agronomique* 1, 3 (1950) 307–315.
BOLAS, B. D. ,H. C. RUCK	Some effects of the addition of carbon dioxide to soil of pot cultures of Malling V apple rootstocks. *Ann. Report East Malling Res. Stat.* (1952) 99–103.
BOLLE JONES E. W.	The interrelationships of Fe and K in the potato plant. *Plant and Soil* 6 (1955) 129–173.
BOLT, G. H.	Ion adsorption by clays. *Soil Sci.* 79 (1955) 267–276.
—— AND M. PEECH	Application of the Gouy theory to soil water systems. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17 (1953) 210–213.
BORGMAN, H. H.	Strobedekking van de grond. *Betuws Tuinbouwblad* 8, 16 (1950) 5–6.
——	K/Mg verhoudingen in grond en blad en de invloed van enkele appelonderstammen op het optreden van K en Mg gebrek. *Med. Dir. v.d. Tuinb.* 17 (1954) 108–116.
BOS, J.	Hoeveel voedingsstoffen neemt een boomgaard uit de bodem op? *Med. Insp. v.d. Tuinb.* (1943) 36–43.
BOULD, C.	The influence of cultural practices on the nutrient uptake of apples. *Trans. 4th. Intern. Congr. Soil Sci.* Amsterdam, 1 (1950) 262–265.
——	Magnesium deficiency in apple trees. *The Grower*, 40, 23 (5-12-1953) 1041–1043.
——	Seasonal changes in the major nutrients of black current leaves. *J. Hort. Sci.* 30 (1955) 188–196.
——	Recent work on foliar diagnosis. Plant analysis and fert. problems. Colloque I.R.H.O. Paris, 1956, 299-310.
——	Mededeling tijdens het 15e Int. Hort. Congress. Nice 1958.
—— AND R. M. JARRETT	Cover crops in relation to soil fertility and apple nutrition 2. *Ann. Rept. Agr. and Hort. Res. Stat.* Long Ashton 1956, 76–84.

BOYNTON, D.	Soils in relation to fruit growing in New York. XV Seasonal and soil influences on oxygen and carbon dioxide levels of New York orchard soils. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Ithaca New York Bull.* 763 (1941).
——, A. B. BURRELL R. H. SMOCK, O. C. COMPTON, J. C. CAIN, J. H. BEATTIE	Responses of Mc Intosh apple orchards to varying nitrogen fertilization and weather. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Ithaca New York*, (1950).
——	Magnesium nutrition of apple trees. *Soil Sci.* 63 (1947) 53–59.
—— AND L. C. ANDERSON	Effects of mulching, N-fertilization and liming on Mc Intosh apple trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 67 (1956) 26–36.
—— AND O. C. COMPTON	The influence of differential fertilization with ammonium sulfate on the chemical composition of Mc Intosh apple leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 45 (1944) 9–17.
——, ——	Leaf analysis in estimating the K, Mg and N- needs of fruit trees. *Soil Sci.* 59 (1945) 339–352.
—— AND W. REUTHER	Seasonal variation of O_2 and CO_2 in three different orchard soils during 1938 and its possible significance. *Proc. Am. Soc. Hort Sci.* 36 (1939) 1–8.
BRACKEN, A. F.	Effect of various soil treatments on nitrates, soil moisture and yield of winter wheat. *Soil Sci.* 50 (1940) 175–189.
BRAY, R. H.	Ionic competition and base exchange reactions. *J. Am. Chem. Soc.* 64 (1942) 954–963.
BREEMHAAR, R.	Toetsing van grond- en bladonderzoek bij aardappels op rivierkleigrond. *Landbouwk. Tijdschr.* 68 (1956) 1004–1011.
BROEDEL KITCHEN, H. (EDITOR)	Diagnostic techniques for soils and crops. Am. Potash Inst. 1948.
BROESHART, H.	Application of foliar analysis in oil palm cultivation. Diss. Wageningen, 1955.
BROMFIELD, S. M.	The reduction of Fe-oxide by bacteria. *J. Soil Sci.* 5 (1954) 129–139.
BROUWER, W.	Steigerung der Erträge der Hülsenfrüchte durch Beregnung *Z. Acker- und Pflanzenbau* 91 (1949) 319–346.
BROWN, J. W.	Chemical studies in the physiology of apples 5. *Annals of Botany* 40 (1926) 129–147.
BROWN, D. A.	Cation exchange in soils through the moisture range. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17 (1953) 92–96.
BROWN, J. C.	Iron chlorosis. *Ann. Review Plant Physiol.* 7 (1956) 171–190.
——, L. O. TIFFIN, R. S. HOLMES A. W. SPECHT AND J. W. RESNICKY	Internal inactivation of Fe in soybean as affected by root medium. *Soil Sci.* 87 (1959) 89–94.
BROWN, D. A. AND J. C. NOGGLE	Ion exchange in soil plant root environments I. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 19 (1955) 131–134.
BRUIN, P EN J. TEN HAVE	Het bepalen van Mg CO_3 naast $CaCO_3$ in grond. *Chemisch weekblad* 32 (1935) 375–378.
BRUIN, P.	Aanwezigheid van calcium-magnesium carbonaat naast calcium carbonaat in kleigronden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 44 (15)A. 1938.
BURTCH, L. M., D. W. THORNE AND F. B. WANN	The effect of light, soil temperature and soil moisture on high lime chlorosis. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 13 (1950) 394–398.
BUTIJN, J. EN J. J. SCHUURMAN	Bodembehandeling op het Proefveld te Hoofddorp. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63, 16 (1957).
BUTIJN, J. EN G. P. WIERSEMA	Wordt de fruitteelt een strokencultuur?. *De Fruitteelt* 49 (1959) 6–9

CAIN, J. C.	Some interrelationships between Ca, Mg, K in one year old Mc Intosh apple trees grown in sand cultures. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 51 (1948) 1–13.
——	The absorption and distribution of mineral nutrients in apple trees as affected by nutrient supply. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 62 (1953) 53–65.
——	Blueberry chlorosis in relation to leaf pH and mineral composition. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 64 (1954) 61–70.
——	Effect of K and Mg on the absorption of nutrients by apple trees in sand culture. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 65 (1955) 25–31.
——	Problems of foliar diagnosis for orchard fertilizer, recommendations. Plant analysis and fert. problems colloque I.R.H.O., Paris, 1956, 23–31.
CAMP, A. F.	Zinc as a nutrient in plant growth. *Soil Sci.* 60 (1945) 157-164.
CARLSON, C. W. AND R. V. OLSON	Fe-Mn ratios in nutrient solutions in relation to chlorosis. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 15 (1950) 251–254.
CASTENMILLER G. M.	Was ist mit dem Mg los? Zwei verbündete Kalium und Magnesium *Deutsch Waren Vertr. Gesel.* (1951) 14–35.
CHAMINADE, R.	Action de l'acide humique sur le development et la nutrition minerale des végéteaux. *VI Int. Congress of Soil Sci. Paris, Vol. D.* (1956), 443–448.
CHANDLER, W. H., D. R. HOAGLAND AND P. L. HIBBARD	Little leaf or rosette in fruit trees. *Proc. Am Soc. Hort. Sci.* 28 (1931) 556–560.
——, ——, ——	Little leaf or rosette of fruit trees II. *Proc. Am Soc. Hort. Sci.* 29 (1932) 255–263.
——, ——, ——	Little leaf or rosette of fruit trees III. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 30 (1933) 70–86.
——, —— AND J. C. MARTIN	Little leaf or rosette of fruit trees VIII. *Proc. Am Soc. Hort. Sci.* 47 (1946) 15–19.
CHANG, H. F. AND W. E. LOOMIS	Effect of CO_2 on absorption of water and nutrients by roots. *Plant Physiol.* 20 (1945) 221–232.
CHAPMAN, H. D.	Studies in the nutrition of citrus. *Rept. 13th Int. Hort. Congr.* (1952) 1241–1256.
—— AND S. M. BROWN	Some fungal infections of citrus in relation to nutrition. *Soil Sci.* 54 (1942) 303–313.
CHITWOOD, B. J. A. W. SPECHT AND L. HAVIS	Root knot nematodes. *Plant and Soil* 4 (1952) 77–95.
COLGRAVE, M. S. AND A. N. ROBERTS	Growth of Azalea as influenced by NH_4 and NO_3 nitrogen. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 68 (1956) 522–536.
COOK, J. A. AND TH. KISHABA	Petiole analysis as criterium of N-needs in California Vineyards. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 68 (1956) 131–140.
COOPER, H. P.	Certain factors affecting the availability, absorption and utilization of Mg by plants. *Soil Sci.* 60 (1945) 107–114.
DALBRO, S.	Leaching of apple foliage by rain. *Report* 14, *Int. Hort. Congress* 1955, 770–778.
——	Soil analysis and root investigations in orchards. *Tidsskrift for Planteavl.* 61 (1957) 445–473.
DAM, J. G. C. VAN	Een proef met ureum bespuiting op appel. *De Fruitteelt* 47 (1957) 958–959.
——	Resultaten van het bemestingsproefveld te Numansdorp. *Mededelingenblad Kring Z.H.E. der N.F.O.* 13 (2 februari 1958).
DANIELSON, R. E. AND M. B. RUSSELL	Ion absorption by corn roots as influenced by moisture and aeration. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21 (1957) 3–6.

DAVIDSON, O. W. — Effects of temperature on growth and flower production of Gardenias. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 39 (1941) 387–390.

DEAN, L. A. AND V. H. GLEDHILL — Influence of soil moisture on P absorption. *Soil Sci.* 82 (1956) 71–80

DEB, B. C. — The movement and preciptation of iron oxides in podzol soils. *J. Soil Sci.* 1 (1949) 112–122.

DELVER, P. EN L. C. STRUIJS — Het bekalkingsvraagstuk in Kennemerland. *Meded. Dir. Tuinb.* 16 (1953) 779–796.

DEWAN, M. AND A. S. HUNTER — Absorption of P by soybeans and Sudan grass I. *Soil Sci.* 68 (1949) 401–410.

DRAKE, M. J. VENGRIS AND W. G. COLBY — Cation-exchange capacity of plant roots. *Soil Sci.* 72 (1951) 139–148.

DROSDOFF, M. H. L. BARROWS, F. S. LAGASSE AND C. B. SHEAR — Interrelation of source of N with levels of N, Ca, Mg in tung nutrition. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 65 (1955) 32–40.

DIJKSHOORN, W. — Note on the cation/anion relationships in perennial rye-grass. *Neth. Journ. Agr. Sci.* 5 (1957) 81–85.

—— AND H. L. 'T HART — Effect of alteration of temperature upon the cationic composition on perennial rye grass. *Neth. Journ. Agr. Sci.* 5 (1957) 18–36.

EAVES, C. A. AND A. KELLSALL — Chemical composition of Cortland apple leaves in relation to nutritional treatment. *Journ. Hort. Sci.* 29 (1954) 59–71.

ECK, P, Mc. DRAKE AND J. E. STECKEL — Ca uptake by tomatoes as influenced by nature and percent of Ca-saturation of Ca-H-clay systems. *Soil Sci.* 84 (1957) 145–154.

ELGABALY, M. M. — Mechanism of Zn fixation by colloidal clay and related minerals. *Soil Sci.* 69 (1950) 167–174.

—— — Specific effect of adsorbed ions on plant growth. I. Effect of different combinations of Ca, Mg and Na on barley seedlings. *Soil Sci.* 80 (1955) 230–248.

ERIKSON, E. — Cation exchange equilibria on clay minerals. *Soil Sci.* 74 (1952) 103–113.

ERIKSON, L. C. — Growth of tomato roots as influenced by oxygen and nutrient solution. *Am. Journ. of Botany* 33 (1946) 551–561.

FERRARI, TH. J. EN C. M. J. SLUYSMANS 1955a — Factoren bepalend voor het optreden van tijgering bij haver. *Landbouwvoorl.* 12 (1955) 54–63.

——, —— 1955b — Mottling and magnesium deficiency in oats and their dependence on various factors. *Plant and Soil* 6 (1955) 262–299.

—— EN F. H. B. VERMEULEN — De betrouwbaarheid van het grondonderzoek. *Landbouwvoorl.* 12 (1955) 389–399.

FERRIS, H. M. — Influence of light and temperature on nutrient uptake with particular reference to Zn. *Proc. Specialist Confer. Plant and Animal Nutrition* Australia. 1949, 240–244.

FITTS, J. N. W. V. BARTHELOMEW, H. HEIDEL — Correlation between nitrifiable N and yield response of corn to N fertilization in Iowa soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17 (1953) 119–122.

FLAIG, W. UND R. KAREL — Untersuchungen über die Beeinflussung der P-Aufname durch Phosphatasegifte und Phosphatase-aktivatore. *Z. Pflanzenern. Düngung u. Bodenk.* 72 (1956) 97–102.

FORD, E. M. — Control of Mg deficiency in apple rootstock stoolbeds. *Ann Rept. East Malling, Res. Stat.* (1957) 106–112.

FRANC DE FERRIERE, P. J. J. — Climat du sol et alimentation N.P.K. de la Vinge en 1947 et 1948. *Annales de l'Inst. Nat. de la Recherche Agron.* 1 (1950) 333–343.

GARDNER, R. AND O. J. KELLEY — Relation of pH to phosphate solubility in Colorado soils. *Soil Sci.* 50 (1940) 91–103.

GASSER, J. K. R. AND C. BLOOMFIELD — Mobilization of P in waterlogged soils. *J. Soil Sci.* 6 (1955) 219–232.

GAUCH, H. G. — Mineral nutrition of plants. *Ann. Review Plant Physiol.* 8 (1957) 31–64.

GENNEP, V. C. V. — De symptomen van fysiologische ziekten van Lupinus Luteus L. Diss. Utrecht 1936.

GERRITSEN, J. D. — Onderzoekingen omtrent het stikstofgehalte van boomgaardgronden. *De Nieuwe Veldbode* 8 (1941) 29–30.

GOEDEWAAGEN, M. A. J. — Het wortelstelsel der landbouwgewassen. *Dept v. Landbouw* 1942.

GOODALL, D. W. AND F. G. GREGORY — Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. *Imp. Bur. Pl. Crops Techn. Comm.* 17 (1947).

GOODE, J. E. AND G. H. WHITE — Soil management effects on properties of the soil. *Ann. Rept. East Malling Res. Stat.* (1957) 113–121.

GOSS, J. A. AND E. M. ROMNEY — Effects of HCO_3 and other anions on the shoot content of P^{32}, Ca^{45}, Fe^{59}, Rb^{86}, Sr^{90}, Ru^{106}, Cs^{137} and Ce^{144} in bean and barley plants. *Plant and Soil* 10 (1959) 233–241.

GOURLEY, G. H. AND F. S. HOWLETT — Modern fruit production 1947.

GREGORY, F. G. — Interactions of factors in determination of plant yield. *Proc. Specialist Conference. Plant and Animal Nutrition* Australia, 1949, 114–124.

GROBLER, J. H. — Initial phase ion uptake by plant roots and the interpretation of root potentials. *Diss. Amsterdam* 1959.

GRÜMMER, G. — Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen-Allelopathie 1955.

GRUPPE, W. — Vergleichende Blatt und Bodenuntersuchungen in Apfelplantagen und Baumschulen unter besonderer Berücksichtigung von K und Mg. *Die Gartenbauwissenschaft* 1 (19) (1955) 419–439.

GUEST, P. L. AND H. D. CHAPMAN — Investigations on the use of iron sprays dusts and soil applications to control iron chlorosis of citrus. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 54 (1949) 11–21.

GUYOT, L. — Les excrétions toxiques chez les végéteaux. *Bull. Technique d'information des Ing. d. services Agricoles.* 59 (1951) 315–359.

HACK, H. R. B. — An application of a method of gas micro-analysis to the study of soil air. *Soil Sci.* 82 (1956) 217–232.

HALVORSON, H. O. — Studies on the transformation of iron in nature III. The effect of CO_2 on the equilibrium in iron solutions. *Soil Sci.* 32 (1931) 141–166.

HAMBRIDGE, G. (EDITOR) — Hunger signs in crops. *Am. Soc. of Agron. and Nat. Fert. Assoc.* 1947

HARLEY, C. P. AND R. C. LINDNER — Observed responses of apple- and pear trees to some irrigation waters of North Central Washington. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 46 (1945) 35-44.

HARMSEN, G. W. — Analytische controle van de voorziening der gewassen met stikstof. *Stikstof* 16 (1957) 111–118.

—— AND D. A. VAN SCHREVEN — Mineralization of organic nitrogen in soil. Advances in Agron. VII (1955) 300–398.

HARPSTEAD, M. I. AND B. L. BRAGE — Storage of soil samples and its effect upon the subsequent accumulation of NO_3-N during controlled incubation. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22 (1958) 326–328.

HELMY, A. K. AND M. M. ELGABALY — Exchange capacity of plant roots II. *Plant and Soil* 10 (1958) 93–99.

HEMIS, F. L. AND S. H. BARBER — Chelating ability of soil organic matter. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21 (1957) 368–373.

HEWITT, E. J.	Aspects of the relationships of nutrient supply to nutrient uptake and growth of plants. Plant analysis and Fert. Problems Colloque I.H.R.O. Paris (1956) 104–118.
HEYMANN HERSCHBERG L. AND S. P. M. HEYMANN HERSCHBERG	Influence of exposure and age on dry matter content area and mineral compositions of orange leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 62 (1953) 67–73.
HIBBARD, P. H.	Accumulation of zinc under long persistent vegation. *Soil Sci.* 50 (1940) 53–57.
HILL, H.	Foliage analysis as a means of determining orchard fertilizer requirements. *Report 13th Int. Hort. Congr.* (1952) 199–214.
HILL COTTINGHAM D. J. AND C. P. LLOYD-JONES	Behaviour of iron chelates in calcareous soils. *Plant and Soil* 9 (1958) 189–201.
HOAGLAND, D. R.	Lectures on the inorganic nutrition of plants 1944.
——, W. H. CHANDLER, P. L. HIBBARD	Little leaf or rosette of fruit trees 5. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 33 (1935) 131–142.
——,—— AND R. STOUT	Little leaf or rosette of fruit trees 6. *Proc. Am. Soc. Hort.Sci.* 34*f* (1936) 213–215.
HOBLYN, T. N.	Manurial treats with apple trees at East Malling, 1920–1993. *J. o. Pomol. and Hort. Sci.* 18 (1940) 239–248.
D'HOORE, J.	De accumulatie van vrije sesquioxyden in tropische gronden *Meded. Landb. Hogeschool en Opsporingsstations te Gent XIX* 2 (1954) 98–229
HOPKINS, E. J. AND J. H. GOURLEY	A study of the ash constituents of apples fruits during the growing season. *Bull. 519. Ohio Agr. Exp. Sta.* (1933)
HUDIG J. EN C. MEIJER	De Hooghalense ziekte, een nieuwe ziekte op zand- en veengronden. *Dir. v.d. Landbouw 1918.*
—— EN H. WELT	Het drainageproefveld te Uithuizermeeden in 1900–1910. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 10 (1911) 123–244.
HUNTER, A. S.	Yield and composition of Alfalfa as affected by variations in the Ca/Mg ratio in the soil. *Soil Sci.* 67 (1949) 53–62.
ILJIN, W. S. 1951a	Metabolism of plants affected with lime induced chlorosis 1. *Plant and Soil* 3 (1951) 239–255.
—— 1951b	Metabolism of plants affected with lime induced chlorosis 2. *Plant and Soil* 3 (1951) 339–351.
——	Metabolism of plants affected with lime induced chlorosis 3. *Plant and Soil* 4 (1952) 11–28.
ITALLIE TH. B. VAN	Cation equilibria in plants in relation to the soil. *Soil Sci.* 46 (1938) 175–186.
JACKS, G. V., W. O. BRIND AND R. SMITH	Mulching. *Commonw Bur. Soil Sci. Techn. Comm.* 49 (1955).
JACOB, A.	Magnesia der fünfte Pflanzenhauptnährstoff 1955.
JACOB, W. C., R. H. WHITE-STEVENS AND P. H. WESSELS	The influence of irrigation on the N.P.K.-requirements of different potato variaties. *Am. Potato Journ.* 26 (1949) 241–255.
JACOBSEN, L.	Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra acetate. *Plant Physiol.* 26 (1951) 411–413.
—— AND J. J. OERTLI	Relation between Fe and chlorophyl contents in chlorotic sunflower leaves. *Plant Physiol.* 31 (1956) 199–205.
JENNE, E. A., H. F. RHOADES, O. H. YIEN AND O. W. HOWE	Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. *Agron. Journ.* 50 (1958) 71–73
JOLIVET, T. AND Y. COIC	Sur une carence potassique du pommier. *C. R. Acad. Sci.* Paris 238 (1953) 2251–2253.

JONES, E. J. Loss of elemental N from soils under anaerobic conditions. *Soil Sci.* 71 (1951) 193–196.

JONES, L. H. AND M. A. TIO Unavailability of iron as a cause of frenching of tobacco. *Plant Physiol.* 23 (1948) 576–594.

JURINAK, J. J. AND D. W. THORNE Zn solubility under alcaline conditions in a Zn-bentonite system. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 19 (1955) 446–448.

KAERNS, L. Nährstoff- und Mineralstoffgehalt des Weidefutters im Ablauf der Vegetationsperiode. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 100 (1956) 335–348.

KENCH, J. E. The seasonal cycles of ash, carbohydrates and nitrogenous constituents in the terminal shoots of apple trees and the effects of five vegetatively propagated rootstocks on them. 3. *J. Pomology* 16 (1938) 346–363.

KESSLER, B. Effect of nucleic acid components upon the status of Fe deoxyribo nucleic acid and lime induced chlorosis in fruit trees. *Nature* 179 (1957) 1015–1016.

KEYER, E. J. EN H. P. DIJKSTERHUIS Schurftonderzoek 1952 2. 5. De invloed van de bestrijdingsmiddelen op de boom. *Meded. Dir. v. d. Tuinbouw* 16 (1953) 302–309

KINGLEY, A. F. C.S. Loss of minerals from mature wheat and flax by simulated rain. *Agron. Journ.* 49 (1957) 37–40.

KLEY, F. K. VAN DE, M. L. 'T HART EN K. NIJENHUIS Over mineralen balansen van intensief behandelde percelen blijvend grasland. *Landbouw voorl.* 13 (1956) 676–685.

KLIMAN, S. Importance of ferrous iron in plants and soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21 (1937) 186

KLUTE, A. AND J. LETEY Dependence of ionic diffusion on moisture content of non adsorbing porous media. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22 (1958) 213–215.

KNOPPIEN, P. Magnesiumbemesting op zandgrond. *De Fruitteelt* 46 (1956) 1116–1117.

KOCK, P. C. DE Iron nutrition of plants at high pH. *Soil Sci.* 79 (1955) 167–176.

KOEPF, H. Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. *Z. Pflanzenernährung Düngung u. Bodenk.* 64 (1954) 138-146.

KÖHNLEIN J. UND N. KNAUER Wasser- und Nährstoffbewegung aus der Ackerkrume in den Unterboden. *Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk.* 81 (1958) 1–22.

KOLTHOF, I. M. De berekening en bepaling van het gehalte aan agressief koolzuur in drinkwater. *Chem. Weekblad* 17, (1920) 30.

LAWTON, K. AND R. L. COOK Potassium in plant nutrition. *Advances in Agronomy* 6 (1954) 253–303.

LEHR, J. J. EN J. HUDIG Chilisalpeter, 1947.

LEHR, J. J. UND B. VEEN Der Stickstoffhaushalt des Bodens in Abhängigkeit von den jahreszeitlichen und periodischen Klimaschwankungen. *Comm. of the Plant Nut. Res. Lab. Chilean Nitrate. Agr. Serv.* Wageningen 1, 1953.

LEONARD, C. D. AND I. STEWART An available source of iron for plants. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 62 (1953) 103–109.

LEVY, J. F. Resultats obtenus grace au diagnostic foliaire. Plant analysis and Fert. Problems Colloque I.R.H.O. Paris, 1956, 384–399.

LILLELAND, D. Experiments in K and P deficiencies with fruit trees in the field. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 29 (1932) 272–276.

—— AND J. G. BROWN The potassium nutrition of fruit trees 3 *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 38 (1941) 37–48

LINDNER, R. C. AND C. P. HARLEY Nutrient interrelations in lime-induced chlorosis. *Plant Physiol.* 19 (1944) 420–439.

LINDSAY, W. L. AND D. W. THORNE — Bicarbonate ion and oxygen level as related to chlorosis. *Soil Sci.* 77 (1954) 271–280.

LJONES, B. — Some effects of potassium manuring on fruit trees. *Research in Norwegian Agriculture*, 5 (1954) 1–113.

—— AND O. BRANDLEI — The content of nutrient elements in apple leaves from commercial orchards in Norway. *Research in Norwegian Agriculture*, 5 (1954) 115–139.

LOEW, O. — U.S. Dept. Agr, Bull. 1. 53 (1901).

LONERAGAN, J. F. — The effect of applied phosphate on the uptake of zinc by flax. *Austral. J. of Sci. Res. Ser. B.* 4, 2 (1951) 108–115.

LOTT, W. C. — Relation of H-ion concentration to the availability of Zn in soil. *Proc. Soil Sci. Soc. Am*, 3 (1938) 115–121.

LUNDBLAD, K. — Experiments on magnesium fertilization. *Annals of the Royal Agr. College Sweden*, 16 (1949).

LUNDEGÅRDH, H. — Leaf analysis. (Vertaling door R. L. Mitchell) Uitgave Hilger en Watt's Ltd. 1951.

LYON, T. L., A. J. HEINICKE AND B. D. WILSON — Relation of soil moisture and nitrates to the effects of sod on apple trees. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta Mem.* 63 (1925)

MAGNESS, J. R. — When to plant and fertilize your orchard. *Am. Fruit Grower* 77 (1957) 10, 7.

—— AND L. O. REGEIMBAL — The nitrogen requirement of the apple. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 36 (1939) 51–55.

MAREL, H. W. VAN DER, J. T. N. VENEKAMP — Onderzoek naar het verschijnsel der kalifixatie in Nederlandse gronden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 61. 8 (1955).

MARSHALL, C. E. — Electrochemistry of clay minerals in relation to pedology. *Trans. 4th Int. Congr. Soil Sci.* I, (1950) 71–81.

—— AND J. UPCHURCH — Factors of cation exchange between root surfaces and nutrient media. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17 (1953) 222–227.

MARTIN, J. P., L. J. KLOTZ, T. A. DEWOLFE, J. O. ERVIN — Influence of some common soil fungi on growth of citrus seedlings. *Soil Sci.* 81 (1956) 259–268.

MASCHAUPT, J. G. — Lysimeter onderzoekingen 1 Regenval drainage en verdamping. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 44 (1) A (1938).
2 Scheikundige samenstelling van het drainwater. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 47 (4)A (1941).

MASSEY, H. F. — Relation between dithizone-extractable Zn in the soil and Zn uptake by corn plants. *Soil Sci.* 83 (1957) 123–130.

MATTSON, S. — Laws of ionic exchange. 3 Donnan equilibria in plant nutrition. *Ann. Royal Agr. College Sweden*, 15 (1948) 308–314.

—— AND K. G. LARSSON — Laws of ionic exchange 2. The valence effect. *Ann. Royal Agr. College of Sweden*, 12 (1944/45) 221–229.

MC GEORGE, W. F. — Micro and macro nutrient interrelations in lime induced chlorosis. *Proc. Soil Sci. Soc. of Am.* 13 (1949) 200–204.

MC LEAN, E. O. — Plant growth and uptake of nutrients as influenced by levels of N. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21 (1957) 219–222.

—— AND D. ADAMS — Studies involving cationic activities in systems of plant roots. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 18 (1954) 273–275.

——, —— AND R. E. FRANKLIN — Cation exchange capacities of plant roots as related to their N-contents. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*. 20 (1956) 345-347.

MEHLICH, A. — Soil properties affecting the proportionate amounts of Ca., Mg and K in plants and in HCl extracts. *Soil Sci.* 62 (1946) 393–410.

—— AND J. F. REED — Effect of cation exchange properties of soil on the cation content of plants. *Soil Sci.* 66 (1948) 289–306.

MEYER, L. UND G. SCHAFFER — Atmungskurven des Bodens unter der Einfluss von Düngung und Bewachsung. *Landwirtsch. Forschung* 6, 2 (1954) 81–95.

MICHAEL, G. UND E. RICHTER — Über den Einfluss der Trockenheit auf den Mineralstoffgehalt des Grünfutters. *Arch. für Tierernährung* 1 (1951) 291–295.

MIDDELBURG, H. A. — Bemesting en mangaanvergiftiging. *Landbouwk. Tijdschr.* 69 (1957) 766–770.

MILLER, G. W. AND D. W. THORNE — Effect of HCO_3^- ion on the respiration of exised roots. *Plant Physiol* 31 (1956) 151–154.

MOSER, L. — Rebholde und rebfeindliche Pflanzen. *Mitteilungen A. Rebe und Wein*, Klosterneuburg 5 (1955) 213–222.

MULDER, D. — De gevolgen van onevenwichtige voeding van vruchtbomen. *Meded. Dir. Tuinbouw*, 11 (1948) 187–193.

—— — Het nemen van een bladmonster voor chemisch onderzoek. *Meded. Dir. Tuinbouw* 14 (1951) 128–130.

—— 1953 — Voedingsziekten bij fruitgewassen. *Tuinbouw-voorlichting* no. 1, (1953)

—— 1953a — Nutritional studies on fruit trees 2. *Plant and Soil* 4 (1953a) 107–117.

—— — Een enquête over sporenelemententekorten in de tuinbouw. *Meded. Dir. Tuinbouw*, 18 (1955) 369–374.

MULDER, E. G. — N-Mg relationships in crop plants. *Plant and Soil* 7 (1956) 341–376.

NEARPASS D. C. AND M. DROSDOFF — K, Ca, and Mg in tung leaves as related to these ions in the soil. *Soil Sci.* 74 (1952) 295–300

NELSON, C. E. AND J. S. ROBINS — N-uptake by Ladino clover-orchard grass pasture under irrigation as influenced by moisture, N-fertilization and clipping treatments. *Agron. Journ.* 49 (1957) 72-75.

NELSON, L. E. AND N. C. BRADY — Greenhouse studies of cation interactions in Ladinoclover,using split root techniques. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17 (1953) 274–278.

NICHOLAS, D. J. D., C. P. LLOYD JONES, D. J. FISHER — Some problems associated with determining iron in plants. *Nature* 177 (1956) 336

NIKITIN, A. A. AND W. RAMING — Reactions between trace element salts and N.P.K. carriers in fertilizers. *Agron. Journ.* 44 (1957) 541–546.

NISHITA, H., B. W. KOWALENSKY K. H. LARSON — Influence of soil organic matter on mineral uptake by tomato plants. *Soil Sci.* 82 (1956) 401–408.

OLSEN, C. — Fe-uptake in different plant species as a function of the pH value of the nutrient solution. *Physiol. Plant*, 2 (1958) 889–905.

OLSON, L. C. — Season variation in pH availability of nutrients in Cecil sandy loam. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 7 (1942) 162–166.

PAAUW, F. VAN DER — Periodiciteit in opbrengsten, vruchtbaarheid van de grond en klimaat. *Landbouwk. Tijdschr.* 60 (1948) 83–92.

—— — De chemische analyse van „Fosfaat fixerende" gronden. Gestenc. Versl. Int. Proeven no. 50, C.I.L.O. 1955.

—— — Grote K-behoefte in droge en geringe in regenrijke jaren *Landbouwvoorl.* 14 (1957) 520–524.

—— — Anpassung der Düngung an die Witterungsverhältnisse. Transactions of the 2e and 4th *Comm. Int. Soc. Soil Sci.* Hamburg 1958, Vol. 2 78–82.

PAUL, H. AND W. A. DE LONG — Phosphorus studies I. Effects of flooding on soil. *Sci. Agr.* 29 (1949). 137–148.

PARSCHE, F. — Über die Kalkchlorose der Lupine 2. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 19, (1940), 55–80.

PEECH, M. — Availability of ions in light sandy soils as affected by soil reaction. *Soil Sci.* 51 (1941) 473–487.

PFAFF, C. Einfluss der Beregenung auf die Nährstoffauswaschung bei mehrjährigem Gemüsebau. *Z. Pflanzenernährung Düngung u Bodenkunde.* 80 (1958) 93–108.

PICKERING, S. The effect of one plant on another. *Annals of Botany* 51 (1917) 181–187.

PIPER, C. S. AND A. WALKLEY Copper, zinc and manganese in some plants of agricultural interest. *J. of the Council for Scientific and Ind. Research* 16, 4 (1943) (Austr).

POPENOE, J. AND L. E. SCOTT Effects of K-nutrition and fruit load on the peach as indicated by foliar analysis. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 68 (1956) 56–62.

PORTER, L. K. AND D. W. THORNE Interrelations of CO_2 and bicarbonate ions in causing plant chlorosis. *Soil Sci.* 79 (1955) 373–382.

POUWER, A. De invloed van de regenval op de kali-opname van vruchtbomen. *Meded. Dir. v.d. Tuinbouw* 19 (1956) 291–297.

PRÉVOT, P. ET M. OLLAGNIER Diagnostic foliaire du palmier huile et de l'arachide. Colloque plant analysis F. P. 8me Congr. Bot. Paris, 1954, 239–260.

——, —— Methode d'utilisation de diagnostic foliaire. Plant analysis and fert. problems, colloque. *I.R.H.O.* Paris, 1956, 177–192.

PROEBSTING, E. L. Factors effecting concentrations of N.P.K.Ca and Mg in pear leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61 (1953) 27–30.

—— AND J. G. BROWN Leaf analysis of differentially cover cropped deciduous fruit trees. *Hilgardia*, 23 (1954) 125–153.

PIJLS, F. W. G. EN J. V. D. BOON Een bemestingsonderzoek bij appel, druif en tomaat volgens de proefplekkenmethode. *Meded.Dir.Tuinb.* 15 (1952)674–692.

REDLICH, G. C. Mededeling tijdens 15e Int. Hort. Congress Nice 1958.

REINKEN, G. Untersuchungen über die Aufnahme verschiedener Phosphatverbindungen und die Phosphorverteilung bei Apfelbäumen. *Die Gartenbauwissenschaft* 3 (21) (1956) 1–58.

REITEMEIER, R. F. Chemistry in soil potassium. *Advances in Agronomy* 3 (1951) 165–196.

REPORT, D. S. I. R. Verslag, 1955/56.

DITTON LAB. Volgens Verslag Commercial Grower 3, 8, (1956), 1223.

REUTHER, W. Effect of certain orchard practices on the potassium status of a New York fruitsoil. *Soil Sci.* 52 (1941) 155–167.

—— AND L. CRAWFORD Effect of certain soil and irrigation treatments on citrus chlorosis in a calcareous soil. I Plant responses. *Soil Sci.* 62 (1946) 477–492.

—— AND C. L. CRAWFORD Effect of certain soil and irrigation treatments on citrus chlorosis in a calcareous soil. 2 Soil atmosphere studies. *Soil Sci.* 63 (1947) 237–240.

——, F. E. GARDNER P. F. SMITH AND W. R. ROY A progress report on P fertilizer trials with oranges in Florida. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 61 (1948) 1–17.

—— AND P. F. SMITH Preliminary report on relation of N, P and Mg fertilization to yield, leaf composition and the incidence of zinc deficiency in oranges. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 56 (1951) 27–33.

RICHARDSON, S. D. Root growth of Acer pseudoplatanus in relation to grass cover and nitrogen deficiency. *Meded. Landb. Hogeschool Wageningen*, 53, 4(1953).

RIS, J. De magnesiumvoorziening op een arme zandgrond. *Landbouwvoorl.* 14 (1957) 44–49.

ROEMER, TH. UND F. SCHEFFER Lehrbuch des Ackerbaues. 3 Aufl. 1949.

ROGERS, B. L., L. P. BATJER AND A. H. THOMPSON Seasonal trend of several nutrient elements in Delicious apple leaves expressed on a percent and unit area basis. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61 (1953) 1–5.

SAMISH, R. M.	Contribution to the lime induced chlorosis of grape vines. Colloque Plant analysis and fertilizer problems. 8e Congr. Int. Botanique Paris, (1954) 156–165.
SAUERBECH, D.	Drei-jährige Versuchsergebnisse über die jahreszeitliche Schwankungen bei der Bodenuntersuchung. *Z. Landw. Forschung*, 6, Sonderheft (1955) 32–38.
SCHACHTSCHABEL, P.	Der Nährstoffgehalt des idealen Bodens. *Z. Landw. Forsch.* 6, Sonderheft (1955) 50-63
——	Der Mg-versorgungsgrad nordwestdeutscher Boden und seine Beziehungen zum Auftreten von Mangelsymptomen der Kartoffeln *Zeitschr. Pflanzenern. Düngung u. Bodenk.* 74 (1956) 202–218.
SCHAFFER, G.	Atmungskurven des Bodens. *Landwirtsch. Forschung* 7 (1954) 12–16.
SCHARRER, K. UND H. FAST	Untersuchungen über den Boden durch die Niederschläge zugefürten Pflanzennährstoffe. *Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk.* 55 (1951) 97–105.
—— UND W. HÖFNER 1958a	Isotopen versuche über die Aufnahme von Zn durch die Pflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk.* 81 (1958) 213–224.
——, —— 1958b	Über die Sorption und Auswaschung des Zn im Boden. *Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk.* 81 (1958) 201–212.
—— UND G. LEMME	Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Blattanalyse von Lundegårdh zur Ermittlung des Düngerbedürfnisses der Böden. *Z. Pflanzenernährung Düngung u. Bodenk.* 60 (1953) 125–148.
SCHEFFER, F., D. ULRICH, P. HEISTERMANN	Ein methodischer Weg zur Ermittlung der Komplex- und Chelatbindungskapazität von organischen Stoffen und Böden. *Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk.* 78 (1957) 168–177.
SCHMEHL, W. L., M. PEECH AND R. BRADFIELD	Influence of soil acidity on absorption of Ca by Alfalfa as revealed by radio calcium. *Soil Sci.* 73 (1952) 11–23.
SCHNITZER, W. AND W. A. DE LONG	A note on the podzolization process. *Scientif. Agriculture* 32 (1952) 680–681
SCHREVEN, D. A. V.	Stikstofomloop en stikstofanalyse voor het schatten van de stikstofbehoefte. *Meded. Dir. v. d. Tuinbouw*, 19 (1956) 641–655.
SCHUFFELEN, A. C.*	Het evenwicht $CO_2 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows CaCO_3$. College dictaat.
——	Is de plantengroei afhankelijk van de ionen verhouding in de grond *2. Landbouwk. Tijdschr.* 52 (1940) 845–868.
——	Over de werkzame concentratie der voedingselementen in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 58 (1946) 367–375.
——	The absorption of potassium by the plant. *Potassium symposium* (1954) 169–181.
—— AND G. H. BOLT	Ionic equilibria in soils. *Proc. 2 and 4 Comm. Int. Soc. Soil Sci.* Hamburg (1959) 132–146.
——, A. R. P. JANSE EN G. P. WIERSEMA.	Een eenvoudige methode om het koolzuurgehalte van bodemlucht te bepalen. *Landbouwk. Tijdschr.* 66(1954) 36–39.
—— AND H. A. MIDDELBURG	Ionic interrelation in soils and crops. *Neth. Journ. of Agr. Sci.* 1 (1953) 97–116.
——, A. MULLER J. CH. V. SCHOUWENBURG	Quick tests for soil and plant analyses used by small laboratories. To be published in: *Neth. Journ. Agr. Sci.* 1961.
SCHWEITZER, H.	Über die Peptisation und Koagulation von Sesquioxyd Hydratgelen und Solen. Diss. Zürich 1949.
SHAW, J. K. AND U. SOUTHWICK	Heavy mulching in bearing apple orchards. *Massachusetts Agr. Exp. Sta. Bull.* 328 (1936).
SHEAR, C. B., H. L. CRANE AND A. T. MYERS	Nutrient element balance: A fundamental concept in plant nutrition. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 47 (1946) 239–248.

SHIVE, J. W. — The balance of ions and oxygen tension in nutrient substrates for plants. *Soil Sci.* 51 (1941) 431–445.

SIDERIS, C. P. AND H. J. YOUNG — Effects of iron chlorophyllous pigments, ascorbicacid acidity and carbohydrates of Ananas comosus supplied with nitrate or ammonian salts. *Plant Physiol.* 19 (1944) 52–75.

——, —— — Effects of N on growth and ash constituents of Ananas comosus. *Plant Physiol.* 21 (1946) 247–270.

SLUYSMANS, C. M. J. — Voorlopige conclusies uit de interprov. kalk-magnesia proeven. Serie 6. *Gestenc. Versl. Int. Pr.* 37 (1953) C.I.L.O.

—— — Enige voordelen van visuele waarnemingen in het bijzonder bij het magnesium onderzoek. *Landbouwvoorl.* 12 (1955) 16–22.

—— — De reactie van de aardappel op de kalk-kaliverhouding in de grond. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 62 (13) 1956.

—— — Reactie van de biet op de kalk-kaliverhouding in de grond. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 64. 7 (1958).

SLIJKE, L. L. V., O. M. TAYLOR AND W. H. ANDREWS — Plant food constituents used by bearing fruit trees. *New York Agr. Exp. Sta. Bull. no.* 265 (1905).

SMITH, P. F., W. REUTHER A. W. SPECHT, G. HINCIAR — The effect of differential N, K. and Mg supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. *Plant Physiol.* 29 (1954) 349–354.

SMITH, R. L. AND A. WALLACE — Influence of cation ratio, temperature on adsorption and absorption of Ca and K by citrus and other plant species. *Soil Sci.* 82 (1956) 9–20.

SOKOLOW, A. W. — Die Verteilung der Nährstoffe im Boden und den Pflanzenertrag. Deutsch Bauern Verlag, 1956.

SOMERS, I. I., S. G. GILBERT AND J. W. SHIVE — The iron manganese ratio in relation to the respiratory CO_2 and deficiency toxicity symptoms in soybeans. *Plant Physiol.* 17 (1942) 317–320.

SOUBIERS, L. R. GADET, P. MAURY — Migration minerale de l'azote nitrique dans un sol limoneuse de la region Toulousain. *Ann. Agr.* 3 (1952) 365–383.

SPRENGER, A. M. EN J. TER KUILE — Jaarverslag Centr. Bemestingsproefveld „De Lange Ossekampen". 1949, 38 en 39; 1951, 48–51 en 66–70.

STALHEVET, J. AND P. J. ZWERMAN — N-response of corn under variable conditions of drainage. *Soil Sci* 85 (1958) 255–260.

STEENBJERG, F. — Manuring and plant production. Plant analysis and fertilizer problems. Colloque I.R.H.O. 8me Congr. Int. Bot. Paris, 1954, 31–34

STEGLICH, P. — Statik des Obstbaues. *Arb. Deutsch. Landw. Gesellschaft* 132 (1907) 1–82.

STENUIT, D. EN R. PIOT — Magnesiumgebreksverschijnselen bij land- en tuinbouwgewassen, 1954.

STEPHENSON, R. E. AND C. E. SCHUSTER — Effect of mulches on soil properties. *Soil Sci.* 59 (1945) 219–231.

STEWART, B. A. AND H. V. ECK — Movement of surface applied NO_3 into soils at 5 moisture levels. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22 (1958) 260–262.

STOLLE, G. — Einjährige Untersuchungen über das Nährstoffgehalt der Blätter von Apfelbäumen. *Arch. für Gartenbau* 4 (1956) 151–163.

—— — Jahreszeitliche Veränderungen im Nährstoffgehalt verschiedener Organe von Schattenmorelle auf Prunus Mahaleb. *Z. für Pflanzenernährung Düngung u. Bodenk.* 73 (1956) 193–201.

STRACHAM, C. C., A. W. MOYLS, T. E. ATKINSON AND J. E. BUTTON — Chemical composition and nutrition value of British Columbia tree fruits. *Dep. Agr. Ottawa, Canada, Bull.* (1951).

TEMME, J.	Resultaten van twee bemestingsproefvelden. *Landbouwk. Tijdschr.* 62 (1950) 362–368.
TEPE, W. UND E. LEIDENFROST	Einfluss des H^+/HCO^-_3 Verhältnisses und der Selektivität bei der Bestimmung der Bodenleistung mit Ionenaustauschern. *Z. für Pflanzenernährung Düngung u. Bodenk.* 75 (1956) 222–227.
THORNE, D. W.	Factors influencing the solubility of Fe and P in chlorotic and non chlorotic areas of Hyrum clay loam. *Iowa State College Journ. Sci.* 15 (1941) 433–445.
—— AND A. WALLACE	Some factors effecting chlorosis on high lime soils. I, Ferrous and ferric iron. *Soil Sci.* 57 (1944) 299–312.
——, F. B. WANN, W. ROBINSON	Hypotheses concerning lime-induced chlorosis. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 15 (1950) 254–258.
TITUS, J. S. AND D. BOYNTON	Relationship between soil analysis and leaf analysis in 80 New York Mc Intosh apple orchards. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61 (1953) 6–26.
TRUOG, E. (EDITOR)	Mineral nutrition of plants. Univ. Wisconsin Press, 1951.
—— R. J. GOATES, G. C. GERLOFF AND K. C. BERGER	Magnesium phosphorous relationship in plant nutrition. *Soil Sci.* 63 (1947) 19–25.
TRZINSKI, T. ET P. DE MUNTER	Etude de l'influence de la fumure sur la composition chimique du pommier. *Bull. Inst. Agron. Gembloux* 25 (1957) 212–243.
TUKEY, H. B. AND H. J. AMLING	Leaching of foliage by rain and dew as explanation of differences in nutrient composition of plants. *Michigan Univ. Quart. Bull.* 40 (1958) 876–881.
TWYMAN, E. S.	The iron-manganese balance and its effect on the growth and development of plants. *The New Phytopathologist*, 45 (1946) 18–24.
——	Effect of Fe-supply on yield and composition of leaves of tomato plants. *Plant and Soil* 10 (1959) 375–388.
TYLER, K. P., F. E. BROADBENT, G. N. HILL	Low temperature effects of nitrification in California soils. *Soil Sci.* 87 (1959) 123–129.
UPSHALL, W. N., O. D. BRADT AND J. H. VAN. HAARLEM	Soil nitrate under various fertilization and green manure cropping systems. *Sci. Agriculture* 25 (1945) 179–184.
VENEKAMP, J. T. N. EN J. RIS	Resultaten van de K-proefvelden in het Z.W. Zeekleigebied. *C.I.L.O. Versl. Int. Prov. Proeven 39, 1953.*
VERMEULEN, F. H. B.	Control of the reproducibility and accuracy of routine analysis. *Plant and Soil* 3 (1953) 267–275.
VRIES, O. DE EN F. J. A. DECHERING	Grondonderzoek 1948.
WALKER, F. W., A. F. R. ADDINS AND H. O. ORCHISTON	Fate of leached NO_3 en NH_4-N. When applied to grass and clover grown seperately and together. *Soil Sci.* 81 (1956) 339–352.
WALLACE, A.	Influence of soil temperature on cation uptake in plants. *Soil Sci.* 83 (1957) 407–412.
—— AND R. L. SMITH	N interchange during decomposition of orange and avocado tree residues in soil. *Soil Sci.* 78 (1954) 231–242.
WALLACE T.	Chemical investigations relative to K deficiency of fruit trees. *Ann. Rept. A and H Res. Stat. Long Ashton.* (1931) 17–28.
——	Investigations on chlorosis of fruit trees V. *Ann. Rept. A and H Res. Stat. Long Ashton* (1934) 162–169
——	Magnesium deficiency of fruit trees. *J. of Pomol and Hort. Sci.* 17 (1939) 150–167.
——	Nutrition problems of horticultural plants with special reference to trace elements. *Journ. of R. Hort. Soc.* 73, 11 en 12 (1944) 366–380, 423–428.

WALLACE, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants 1951.

WARRINGTON, K. The influence of iron supply on toxic effects of Mn, Mo and V on soybeans, peas and flax. *Ann. Appl. Biol.* 41 (1954) 1-22.

WEAR, J. Effects of soil pH and Ca on uptake of Zn by plants. *Soil Sci.* 81 (1956) 311–316.

WEEKS, W. D., F. W. SOUTHWICK MACK DRAKE AND J. E. STECKEL The effects of rates and sources of N, P, and K on the mineral composition of Mc Intosh foliage and fruit color. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 60 (1952) 11-21.

WEISSENBORN, K. Wie lässt sich der Stickstoffbedarf der Obstbäume durch Blattanalyse feststellen, 8 (1953) 205–209.

WEST, E. S. Zinc-cured little leaf in citrus induced by excess phosphate. *J. Counc. Sci. and Ind. Res.*, 11 (1938) 182–184.

WIERSUM, L. K. Influence of water content of sand on rate of uptake of Rb 86. *Nature* 181 (1958) 106–107

WIKLANDER, L. AND M. M. ELGABALY Relative uptake of adsorbed monovalent and divalent cations by barley roots as influenced by the exchange capacity. *Soil Sci.* 80 (1955) 91–94.

WOLZ, S, S., J. TOTH AND F. E. BEAR Zinc status of New Yersey soils. *Soil Sci.* 76 (1953) 115–122.

WOODBRIDGE, C. G. Zinc deficiency in fruit trees in the Okanogan Valley in Br. Columbia *Can. Journ. of Agric. Sci.* 34 (1954) 545–551.

YORK, E. T., R. BRADFIELD AND M. PEECH Ca-K-interactions in soils and plants II. *Soil Sci.* 76 (1953) 481–492.

ZÖTTL, H. Bestimmung der Stickstoff mineralisation in Waldhumus durch den Brutversuch. *Z. Pflanzenernäh. Düngung u. Bodenk.* 81 (1958) 35–50.

HOOFDSTUK 4

ALDERFER, R. B. AND F. G. MERKLE Comparative effects of surface application vs incorporation of mulching materials on structure and other soil properties. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 8 (1944) 79–86.

—— AND N. J. SHAULIS Some effects of cover crops in peach orchards on runoff and erosion. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 42 (1943) 21–29.

ANONYMUS Goedkoop water geven. *De Fruitteelt* 49 (1959) 716–718.

ANTHONY, R. D. Soil organic as a factor in the fertility of apple orchards. *Pennsylvania Agr. Exp. Sta. Col. Bull.* 261 (1931)

——, N. F. FARRIS AND W. S. CLARKE Effect of certain cultural treatments on orchard soil and water losses and apple tree growth. *Bull. 493, Agr. Exp. Sta. Pa. State Coll.* (1948).

BAARS, C., A. J. HELLINGS, L. WARTENA Beregening in de Landbouw. 1956.

BAKER, C. E. Relation of N and soil moisture to growth and fruitfullness of apple trees under different systems of soil management. *Purdue Agr. Exp. Sta. Lafayette Indiana Bull.* 414 (1936).

—— The effect of different methods of soil management upon the potassium content of apple and peach leaves. *Proc. Am Soc. Hort Sci.* 39 (1941) 33–57.

BORGMAN, H. H. K/Mg verhoudingen in grond en blad en de invloed van enkele appelonderstammen op het optreden van K en Mg gebrek. *Meded. Dir. v.d. Tuinbouw* 17 (1954) 108-116

BOS, J. Wat kali doet voor onze vruchtbomen. *Uitg. Ned. Kali Import Mij* 1958.

BOULD, C. AND R. M. JARRETT Cover crops in relation to soil fertility and apple nutrition II *Ann. Rept. Agr. and Hort. Res. Stat. Long Ashton* (1956) 76–84.

BOUMAN, L. H. Drainage van landbouwgronden. 1953.

BOYNTON, D. AND J. R. MAGNESS Soil management for orchards. Yearbook of agriculture(1957) 699–700.

BRAAMS, B. W. EN J. BUTIJN Drainage in de fruitteelt. *Meded. Dir. v.d. Tuinbouw* 21 (1958) 763–770.

BUTIJN, J. Proeven met groenbemestingsgewassen in de fruitteelt. *Meded. Dir. v. d. Tuinbouw* 14 (1951) 341–357.

—— Groenbemesting in de fruitteelt. *Meded. Dir. v. d. Tuinbouw* 15 (1952) 363–379.

—— De wintergrasmat. *De Fruitteelt* 47 (1957) 1140–1142.

—— EN J. J. SCHUURMAN Bodembehandeling op het proefveld te Hoofddorp. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63. 16 (1957)

—— EN G. P. WIERSEMA Wordt de fruitteelt een strokencultuur? *De Fruitteelt* 49 (1959) 6–9.

CULLINAN, F. P., C. E. BAKER Orchard soil management practices. *Purdue Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 315. (1927).

DAVIDSON, O. W. Apple soils and their management in Jersey. *N. Jer. Agr. Exp Sta. Rutgers Univ. Circ.* 425 (1942).

DUNBAR, C. O., R. D. ANTHONY AND B. KINTER Peach orchard soil management. *Pa. Sta. Coll. Agr. Exp. Sta. Bull.* 476 (1945)

DIJK, C. V. Nachtvorstschade te Numansdorp. *De Fruitteelt* 49, (1959) 543.

DIJKE, J. F. V. Het veldmuizenprobleem. *De Fruitteelt* 49 (1959) 212–213.

FRANKENA, H. J. Wisselbouw. De betekenis van kunstweiden. 1947.

FRITH, H. J. Some effects of no cultivation on the yield and growth of citrus trees. *Austra. J. of Agr. Res.* 3, 3 (1952) 258–276.

GOEDEWAAGEN M. A. J. EN J. J. SCHUURMAN Wortelproduktie op bouw- en grasland als bron van organische stof in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 62 (1950) 469–481.

GOODE, J. E. 1955a Soil moisture deficits developed under long and short grass. *Ann. Rept. East Malling Res. Sta.* 1955, 64–68.

—— 1955b Soil moisture deficits under swards of different grass species in orchards. *Ann. Rept. East Malling Res. Sta.* 1955, 69–72.

GRÜMMER, G. Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen - Allelopathie 1955.

HARLEY, C. P. Mulching with high-nitrogen hay. *The Eastern Fruit Grower*, 16, 4 (1953) 7.

HEDRICK, U. P. A comparison of tillage and sod mulch in an apple orchard. *New York Agr. Exp. Sta. Bull.* 383 (1914).

HEWITSON, F. N. Rejuvination of an old apple orchard by means of fertilizers, mulches and covercrops. *Pennsylv. Sta. Coll. Agr. Exp. Sta. Bull.* 585 (1954).

HIBBARD, A. D. The growth of young peach trees under different systems of soil management. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 44 (1944) 66-70.

KALISVAART, C. Watervoorziening door infiltratie. *Landbouwk. Tijdschr.* 69 (1957) 994–1008.

KENMAN, C. F. AND J. R. MAGNESS Pear growing in the pacific coast states. *US. Dept. Agr. Farmers Bull.* 1739 (1935) 40.

KENWORTHY, A. L. Soil management and nutrition. *Eastern Fruit Grower*, 20 (1957) 12. 22.

LYON, T. L., A. J. HEINICKE AND B. D. WILSON The relation of soil moisture and nitrates to the effects of sod on apple trees. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem.* 63 (1925).

MACLEAN, C. A. This covercrop suits me fine. The Grower, 47, 18 (1957) 1113–1114.

MITSCHERLICH, E. A. AND N. ATANSIC 3e Mitteilung zur Wirkung der Gründüngung. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 94 (1952) 326–344.

MOSER, L. Rebholde und rebfeindliche Pflanzen. *Mitteilungen A. Rebe und Wein*. Klosterneuburg V (1955). 213–222.

OORSCHOT, J. L. P. v., D. v. STAALDUINE Chemische onkruidbestrijding bij de teelt van klein fruit. *De Fruitteelt* 48 (1958) 1038–1039.

OSKAMP, J. Orchard cover crops. *Purdue (Ind.) Agr. Exp. Sta. Bull.* 248 (1920).

ÖSTLIND, N. Odlings försök med Fruktrad Vid Alnarp 1938–1948. *Meddelande no. 54 Statens Trädgardförsök* (1951).

PALMER, E. F. AND J. R. v. HAARLEM Orchard soil management. *Ont. Dept. of Agr. Bull* 457 (1948).

PARKER, E.R. AND W. W. JONES Orange yield and fruit size, long term experiments on the effects of organic matter . . . *California Agriculture* 5, (1951) 11, 4.

PETERSON, P. O. Frost hazard and cover crops. *Am. Fruit Grower*, 78 (1958) 3, 11.

PICKERING, S. The effect of one plant on another. *Annals of Botany* 31 (1917) 181–187.

PIENIAZEK, S. A., M. UNRUH H. DORNANSKA Studies on soil management in the young apple orchard. *Report* 14. *Int. Hort. Congr.* 1955, 779–785.

POUWER, A. Iets over gras in boomgaarden. *De Fruitteelt* 47 (1957) 927–930.

PROEBSTING, E. L. Weedsprays as a substitute for cultivation in California orchards. *Rept. 14th Int. Hort. Congr.* (1955) 796–799.

PRUMMEL, J. Fertilizer placement experiments. *Plant and Soil* 8 (1957) 231–253)

ROGERS, W. S. AND D. W. P. GREENHAM 1948a Maintaining orchard fertility. *The Fruit Grower C* 6 2762 (1948)

——, —— 1948b Soil management with special reference to fruit plantations. *J. Roy Agr. Soc. Eng.* 109 (1948)

—— AND TH. RAPTOPOULOS Cover crops for fruit plantations. *An. Cover Crops* 2. *Journ. of Pomol* 22(1946) 92–102.

SCHARRINGA, M. Over nachtvorstgevaar in met gras begroeide boomgaarden. *De Fruitteelt* 49 (1959) 430–431.

SHAW, J. K. AND U. SOUTHWICK Heavy mulching in bearing apple orchards. *Massachusetts Agr. Exp. Sta Bull.* 328 (1936).

SMEDING, J. TH. Infiltratie, beregening en bevloeiing. Hoofdst. IV uit Cultuurtechniek 1954.

SPRENGER, A. M. EN J. TER KUILE Jaarverslag Centr. Bemestingsproefveld „De Lange Ossekampen", 1949, 38 en 39, 1951, 48–51, 66–70.

STEWART J. P. Cultural methods in bearing orchards. *Pa. Agr. Exp. Sta. Bull.* 141 (1916).

UPSHALL, W.H., O.A. BRADT, J. R. v. HAARLEM Soil nitrate under various fertilization and green manure cropping systems. *Sci. Agr.* 25 (1945) 179–184.

VERSLAG 1954 Westvlaamse Proeftuin Rumbeke Beitum.

VISSER, W. C. Tile drainage in the Netherlands. *Neth. J. Agr. Sci.* 2 (1954) 69–87.

WACKERNELL, N., K.THIRY, F. SCHANZ Die Forstschutzberegnung H4. Perrot-Bibliothek 1957. *Ausg. Perrot-Regnerbau G.M.B.H. Calw.*

WHITE, G. C. Weed control under fruit trees. *Ann. Rept. East Malling Res. Sta.* for 1956, 184–185.

WILCOX, J. C. Cover crop tests. *Publ. Canada Dept. Agr.* 917 (1954)

WIT, C. T. DE	A physical theory on placement of fertilizers. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 59, 4 (613, 816), 1953.
WITTE, K.	Die wirksame Bekämpfung der Maifroste 1952 durch Beregnung. *Mitt. Deutsch. Landwirtsch. Gesell.* 67, (1950) 24, 437–438.
ZAKEN, D. V. D.	Waterbeheersing. 1956.
ZEEUW, J. DE	Mogelijkheden van nachtvorstwering. *Meded. Dir. v.d. Tuinbouw* 21, (1958) 430–433.
ZONDERWIJK, P.	Onkruidbestrijding met chemische middelen. *Versl. en Meded. Plantenziektenkundige Dienst no.* 111 (1959).