

DE BETEKENIS VAN DE ZELDZAME ELEMENTEN VOOR PLANT, DIER EN MENSCH ¹⁾

door

Professor Dr C. H. EDELMAN,

Hoogleraar in de mineralogie, petrologie, geologie en agrogeologie aan de
Landbouwhoogeschool te Wageningen.

Inleiding. — Sinds de landbouwscheikunde haar intrede in de landbouwwetenschap heeft gedaan, is de betekenis van de hoofdvoedingsstoffen, stikstof, phosphor en kali, in den practischen landbouw steeds meer algemeen erkend. Ja, men is zoo ver gegaan, een bemesting met de genoemde voedingsstoffen een volledige bemesting te noemen.

Daartegenover staat, dat eveneens reeds lang bekend is, dat ook andere stoffen in bepaalde gevallen noodzakelijk of van waarde kunnen zijn voor de teelt van onze cultuurgewassen. In dit verband moet allereerst genoemd worden de kalk. In Nederland noemt men stikstof, phosphor, kali en kalk wel de vier pooten van de boeren-tafel. Echter is men ook bij dit punt niet stil blijven staan. Magnesiumbemesting begint de aandacht te trekken. Kopersulfaat wordt in Nederland geregeld gemest op zeer humusrijke gronden, bv. dalgronden, in verband met de ontginningsziekte, mangaansulfaat ter bestrijding o.a. van de veenkoloniale haverziekte, terwijl in de laatste jaren ook boraxbemesting in de suikerbietenteelt veel toegepast wordt, sinds bekend is, dat het hartrot van de suikerbiet door boor-gebrek wordt veroorzaakt.

Onder deze omstandigheden dringt zich de vraag op, of met de acht genoemde en nog enkele later te vermelden elementen de limiet van het noodzakelijke of wenschelijke bereikt is, dan wel, of we ernstig rekening moeten houden met de mogelijkheid, dat dit getal in de toekomst belangrijk grooter zal worden, in welk geval wij

¹⁾ Voordracht, gehouden tijdens een bijeenkomst van het N. I. Instituut van Wageningsche Landbouwkundige Ingenieurs, kring Sumatra's Oostkust, te Medan op 16 Mei 1936, tijdens een bijeenkomst van dit Instituut te Buitenzorg op 6 Juni 1936, tijdens de tiende bijeenkomst der Soekaboemische en Rubber Planters Vereeniging te Bandoeng op 26 Juni 1936, voor het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak en belangstellenden te Klaten op 1 Juli 1936, en voor het N. I. Instituut van Wageningsche Landbouwkundige Ingenieurs, Kring Oost-Java, het Proefstation Malang, de Rotaryclub en belangstellenden te Malang op 1 Augustus 1936.

van een principieel veranderde instelling op het vraagstuk der meest wenschelijke voeding van de cultuurgewassen zouden moeten gaan spreken.

Het ligt niet in mijn bedoeling, door een toekomstvoorspelling een rechtstreeksch antwoord op de zoo juist geformuleerde vraag te geven, maar ik wil liever trachten, het vraagstuk der zeldzame elementen van een aantal verschillende kanten te belichten.

Welke chemische elementen nemen deel aan den opbouw van de organische wereld? — Het is duidelijk, dat niet bij voorbaat vaststaat, dat alle elementen, welke door organismen worden opgenomen, inderdaad onontbeerlijk zijn voor de ontwikkeling daarvan. Aangezien nog betrekkelijk weinig bekend is van de physiologische rol, welke zeldzame elementen in het leven van organismen spelen, is het echter niet wel mogelijk, op deze wijze een scheiding te maken tusschen elementen, die al dan niet van belang zijn. Wanneer in het vervolg sprake is van elementen, waarvan het optreden in de biosfeer is vastgesteld, dan wordt daarmee niet bedoeld, dat ieder van die elementen onvermijdelijk noodzakelijk of van belang is voor de ontwikkeling van de betrokken organismen, maar dat de mogelijkheid daarvan onder de oogen moet worden gezien. Onder dit voorbehoud zullen wij dus als uitgangspunt voor onze beschouwingen de aschanalyse kunnen kiezen.

Deze aschanalyse heeft in de geschiedenis een wisselende waardeering ondervonden, doch geniet tegenwoordig weer in stijgende mate belangstelling. Voor een niet gering deel vindt deze toenemende appreciatie zijn oorzaak in de voortschrijdende perfectionneering van de analytische chemie, waarbij in het bijzonder aandacht voor de kwantitatief-spectroscopische methoden moet worden gevraagd. Deze methodische vooruitgang heeft een geheel nieuw en uitgestrekt onderzoeksgebied ontsloten; talrijke recente publicaties rechtvaardigen de uitspraak, dat de zeldzame elementen tot de groote modes van onzen tijd behooren.

Wanneer men tracht te sommeeren alle waarnemingen van elementen, die in eenig organisme wel eens zijn aangetroffen, dan komt men tot den verwarrenden indruk, dat het moeilijk geworden is, een analytisch behoorlijk bepaalbaar element te noemen, hetwelk met zekerheid niet in de biosfeer optreedt. Uiteindelijk zal wellicht blijken, dat het geheele periodieke systeem zijn plaats niet alleen in de anorganische, maar ook in de organische wereld heeft.

Welke elementen moeten wij zeldzaam noemen? — Het is niet mogelijk een scheidingslijn tusschen zeldzaam en algemeen voorkomende elementen te trekken, die in alle gevallen bevredigt. Bij het chemisch onderzoek van gesteenten bepaalt men als regel de oxyden SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O , CO_2 en voorts zoo noodig het gehalte aan organische stof, zoodat de geochemici de neiging hebben alle niet genoemde elementen als zeldzaam te beschouwen. In verband met het gewoonlijk zeer bescheiden gehalte zou men TiO_2 , P_2O_5 en MnO even goed reeds tot de zeldzame bestanddeelen kunnen rekenen. Landbouwscheikundig redeneerend zou men feitelijk alle bestanddeelen, behalve kalium, phosphor, stikstof, kalk en misschien magnesium, als zeldzaam moeten beschouwen, immers, met hun aanwezigheid wordt gewoonlijk niet veel rekening gehouden. Echter heeft het weinig zin, elementen als silicium, ijzer, aluminium en natrium tot de zeldzame te rekenen. In het vervolg zal niet steeds dezelfde scheidingslijn tusschen zeldzaam en algemeen verbreid worden aangenomen.

Geochemische grondslagen van de verbreiding van zeldzame elementen. Het optreden van de zeldzame elementen in de aardkorst en in den grond. — Aangezien ook bemeste gronden lang niet altijd met den meest zeldzame elementen ontvangen (zie hierover blz. 11), is het gewenscht, de huishouding van deze elementen in den grond te beschouwen in verband met:

- 1e. het voorkomen in de minerale bestanddeelen van den grond
- 2e. den al dan niet voormaligen, organischen kringloop in den grond.

Alvorens op het eerstgenoemde punt in te gaan, is het noodzakelijk op te merken, dat het begrip zeldzaamheid betrekking kan hebben op twee principieel van elkaar verschillende toestanden:

- 1e. op een gering aantal plaatsen is betrekkelijk veel van een bepaalde stof aanwezig (plaatselijke ophooping)
- 2e. in kleine hoeveelheden fijn verdeeld, is de stof bijna overal aanwezig (dispersie).

Het is duidelijk, dat de bodemkunde weinig belang heeft bij de studie van de locale concentraties, aangezien deze slechts plaatselijke afwijkingen van den normalen toestand kunnen veroorzaken en dus voor het juiste begrip van de meest voorkomende verschijnselen niet in aanmerking komen. De ertsgeologie daarentegen is in het bijzonder geïnteresseerd in de studie van de plaatselijke ophooping van bepaalde stoffen, aangezien die soms met voordeel kunnen wor-

den geëxploiteerd. Met de fijne dispersies is juist het omgekeerde het geval; de ertsgeoloog ziet er geen economische mogelijkheden in, maar de levende wereld is voor de levering van zeldzame elementen langs natuurlijken weg bijkans geheel aangewezen op bedoelde fijne dispersies. Zoo zien we dus, dat de tegenstelling plaatselijke ophooping versus fijne dispersie de toegepaste geochemie in tweeën splitst, waarbij de bodemkunde als de voornaamste interessant voor één der beide richtingen, de studie der fijne dispersies, mag worden beschouwd.

Aangezien de aardkorst bijna geheel is opgebouwd uit niet meer dan een twintigtal mineralen, in hoofdzaak silikaten van de voornaamste basen, kan de vraag, of een bepaald zeldzaam element in fijne dispersie kan optreden, teruggebracht worden tot de vraag, of het door isomorphe vervanging van een hoofdbestanddeel een plaats kan vinden in de kristalroosters van één der voornaamste mineralen. Sinds V. M. GOLDSCHMIDT (1931) zich met deze kwestie heeft beziggehouden, is algemeen erkend, dat het antwoord op deze vraag wordt bepaald door de ruimte, die het ion van het betrokken element in de kristalroosters noodig heeft, in vergelijking met de „grootte” van de andere ionen.

Als voorbeeld van een element, waarvan de verspreiding in de aardkorst voornamelijk door het principe van de isomorphe vervanging wordt bepaald, kan gelden het mangaan. Zelfstandige mangaanmineralen komen in de voornaamste gesteentetypen in het geheel niet voor, terwijl toch steeds mangaan kan worden aangetoond. De „grootte” van de mangaanionen verschilt zoo weinig van die van het magnesium en van het ijzer, dat bijna alle magnesiumsilikaten tijdens den opbouw van hun kristalroosters het mangaan uit magma of heete oplossing kunnen afvangen, zonder dat het komt tot de vorming van een eigenlijk mangaanmineraal.

Terloops moet worden opgemerkt, dat van deze nauwe betrekking tusschen het magnesium, ijzer en mangaan tijdens reacties bij lagere temperatuur, bijvoorbeeld in verweeringsprocessen, niet veel meer te bespeuren valt.

Op soortgelijke wijze komen nikkel, cobalt en zink in de gesteenten voor, wellicht ook koper.

Lastiger te begrijpen voorbeelden van isomorphe vervanging, zijn bijvoorbeeld het optreden van barium als remplaçant van kalium in de veldspaten, waarbij tevens een aequivalente hoeveelheid silicium door aluminium moet worden vervangen, of het voorkomen

van lithium in de glimmers, waarbij twee magnesiumionen plaats maken voor een lithium- en een aluminiumion.

Het eigenaardige in deze beide voorbeelden is, dat het barium in de veldspaten niet het chemisch zoo verwante calcium vervangt en het lithium in de glimmers niet het eenwaardige kalium. Wanneer men echter rekening houdt met het principe van GOLDSCHMIDT, dat den nadruk legt op de grootte van de ionen, wordt het duidelijk dat de veel ruimte vergende bariumionen onmogelijk de plaats kunnen innemen van de betrekkelijk kleine calciumionen en het kleine lithiumion bezwaarlijk die van het groote kaliumion, terwijl omgekeerd de ruimte noodig voor barium en kalium ongeveer gelijk is, evenals voor lithium en magnesium.

Een voorbeeld van een belangrijk zeldzaam element, dat van de mogelijkheid van isomorphe vervanging is verstoken, is het borium (GOLDSCHMIDT, 1932 en 1933). Boor past niet in de kristalroosters van de mineralen, die de hoofdmassa van de gesteenten uitmaken. De concentratie van het borium in het magma is te laag om reeds tijdens de hoofdkristallisatie aanleiding te geven tot het ontstaan van zelfstandige boormineralen, zoodat het borium aan den opbouw van de voornaamste gesteenten geen deel neemt. Vulkanische gesteenten bevatten dan ook als regel slechts zeer weinig borium; het gehalte is van de orde van grootte van 0,001 % B_2O_3 . In de restkristallisatie van het magma kan eenig borium in den zeer resistenten toermalijn worden neergeslagen, maar de groote massa komt terecht in de magmatogene oplossingen en gassen, om ten slotte via grond- en rivierwater naar de oceanen te worden getransporteerd. Het zeewater is dan ook relatief bijzonder rijk aan borium. Uit het zeewater kan het op niet nader te omschrijven wijze in mariene kleien worden vastgesteld, zoodat zeeklei een aanzienlijk gehalte aan borium kan vertoonen (orde van grootte: 0,1 % B_2O_3). De verdeling van borium over gronden van verschillende aard is dan ook bijzonder onregelmatig, een gevolg dus van het onvermogen, isomorph in de hoofdmineralen van de gesteenten te kunnen treden.

Men zou de vraag kunnen stellen: wanneer het borium geen plaats kan vinden in de hoofdbestanddeelen van de eruptiefgesteenten, hoe moet dan het, zij het ook zeer geringe, gehalte aan boor van de vulkanische gesteenten worden verklaard?

Tot voor zeer kort zou het antwoord op deze vraag geluid hebben: als verontreiniging, een onbevredigend vage aanduiding, welke

feitelijk de moderne kristallografie onwaardig is. In de laatste jaren heeft SEIFERT met nadruk gewezen op de beteekenis van de anomale mengkristallen, onder meer ter verklaring van wat vroeger verontreiniging werd genoemd, doch het zou te ver voeren, de grondslagen van de theorie der anomale mengkristallen hier uiteen te zetten.

De geochemie beschikt over voldoende gegevens om voor de meeste elementen soortgelijke beschouwingen op te zetten, doch daartoe moet naar de speciale literatuur worden verwezen. De behandelde voorbeelden waren slechts bedoeld ter illustratie van de regelmaat, welke ten grondslag ligt aan de verbreiding van de zeldzame elementen in de aardkorst. Uiteraard blijft er voldoende plaats voor een aanzienlijke variatie, welke zoowel op bepaalde afzettingen als op geheele gebieden (provincies) betrekking kan hebben. Het is eveneens mogelijk, met geochemische beschouwingen de lotgevallen van bepaalde elementen in de bodemvormende processen te overzien. Alleen moeten wij daarbij reeds van het begin af rekening houden met den biochemischen kringloop, welke, gelijk reeds werd opgemerkt, vele elementen omvat en zonder welchen kringloop een groot aantal stoffen door uitspoeling voor den grond verloren zou gaan. Zoo zien wij dus, dat de voorraad aan zeldzame elementen in den grond nauw kan samenhangen met de selectieve concentratie van deze elementen door de vroegere flora of fauna.

Zeldzame elementen in humus, veen, bruinkool, steenkool en asphalt. — Afzettingen van zuiver organischen oorsprong leveren ons een zeer geschikte gelegenheid om een indruk te verkrijgen van de prestaties van de levende wereld als verzamelaar van zeldzame elementen. Ook op dit gebied zijn recente onderzoekingen van V. M. GOLDSCHMIDT (1933, 1935) richting gevend. Een moeilijkheid, eigen aan het materiaal zelve, is gelegen in het feit, dat bijvoorbeeld de asch van steenkool niet meer de samenstelling heeft, welke de vegetatie, die tot het ontstaan van de kool aanleiding gaf, vertoonde. Tijdens en na de inkoling zijn allerlei stoffen uitgespoeld, andere wellicht toegevoerd. Dit verschijnsel kan worden overzien door recent boschstrooisel met boschhumus en deze weer met bruinkool of steenkool te vergelijken (GOLDSCHMIDT, 1935). Echter toonen deze vergelijkende onderzoekingen toch wel aan, dat de anorganische bestanddeelen in bruinkool en steenkool in hoofdzaak afkomstig zijn van de oorspronkelijke natuurlijke vegetatie. De elementen, waarover de onderzoekingen van GOLDSCHMIDT en zijn medewerkers zich

uitstrekken, zijn de volgende: zeldzame aarden, antimoon, arseen, barium, beryllium, bismuth, borium, cadmium, cobalt, gallium, germanium, goud, jodium, koper, lood, mangaan, molybdeen, nikkel, palladium, platina, rhodium, strontium, tin, uraan, vanadium, zilver, zink, zirkoon, terwijl de lijst nog voor belangrijke uitbreiding vatbaar is.

Ook vele asphalten hebben een zeer merkwaardig samengestelde asch (LONGOBARDI), waarin vanadium en nikkel zoodanig op den voorgrond treden, dat men wel tot de conclusie gedwongen wordt, dat een bijzondere, helaas nog onbekende, fauna (of flora) aan het werk moet zijn geweest de genoemde elementen in dergelijke enorme hoeveelheden te concentreeren.

Na het bovenstaande zal het duidelijk zijn, dat wij op grond van geochemische overwegingen niet alleen de verspreiding van de zeldzame elementen in mineralen en gesteenten kunnen overzien, maar bovendien tot de onafwijsbare conclusie komen, dat de zeldzame elementen in hooge mate door de levende wereld worden opgehoopt. Met dit feit als achtergrond zullen wij thans weer terugkeeren tot de cultuurgewassen.

Bijzondere positie van cultuurgewassen in het algemeen. — Het valt niet te ontkennen, dat vele vondsten van zeldzame elementen betrekking hebben op bijzondere planten of dieren, of op bijzondere groeiplaatsen. Alleen op deze wijze kan de reeds geformuleerde stelling, dat bijkans alle elementen aan den opbouw van de levende wereld deelnemen, worden verkregen.

Het zal duidelijk zijn, dat een organisme, dat zeer bijzondere eischen stelt aan het milieu, waarin het leeft, weinig geschikt is voor kunstmatige en winstgevende cultuur op velerlei plaatsen. Voornamelijk cultuurgewassen kunnen dan ook in het algemeen niet gebonden zijn aan voorwaarden, welke slechts in uitzonderingsgevallen verwezenlijkt zijn. Exceptioneële eischen in zake zeldzame elementen kunnen bij de meest verbreide cultuurgewassen dan ook bezwaarlijk worden verwacht. In het algemeen moet de voorziening aan zeldzame elementen, welke de standplaats biedt, wel voldoende zijn, om de cultuur van de meeste landbouwgewassen in dit opzicht in eerste instantie mogelijk te maken. Omgekeerd zullen cultuurgewassen ook niet al te spoedig schade ondervinden van een te veel aan een bepaalde voedingsstof, ook in dit geval zouden de mogelijkheden voor verbouw op groote schaal te beperkt zijn.

Deze beperking van de beteekenis van de zeldzame elementen

voor de cultuurgewassen wilde ik voorop stellen om het vraagstuk op zijn juiste plaats te stellen, vooral ook, omdat een overdreven voorstelling twijfel zou kunnen doen rijzen, in verband met de overweging, dat de landbouw reeds zoo lang heeft kunnen bestaan, zonder dat men veel rekening met de zeldzame elementen heeft gehouden.

Uitputting bij eenzijdig bodemgebruik op den duur onvermijdelijk. — Echter, ook wanneer wij veiligheidshalve voorloopig veronderstellen, dat onze cultuurgewassen bescheiden eischen stellen aan de voorziening met zeldzame elementen, zal de beschikbare voorraad, vooral wanneer een gewas langdurig op denzelfden grond wordt verbouwd, langzaam maar zeker uitgeput raken, tenzij door bemesting of door andere maatregelen weer hoeveelheden van de betrokken stoffen ter beschikking komen. Om welke elementen het daarbij gaat, zal, afhankelijk van gewas, grond en culturomstandigheden, in ieder bijzonder geval moeten worden uitgemaakt. Bedoelde uitputting kan zich op verschillende wijzen uiten.

Aangezien de mogelijkheid, dat gebrek aan een zeldzaam element schade berokkent aan de bedrijfsresultaten, gewoonlijk slechts dan in beschouwing is genomen, wanneer zich stoornissen van beteekenis in de cultuur voordeden, is het niet verwonderlijk, dat de praktische successen, welke tot nu toe door middel van bemesting met zeldzame elementen zijn bereikt, voornamelijk liggen op het gebied van de bestrijding van bepaalde plantenziekten.

Het aantal *gebrekziekten*, welke reeds met succes met zeldzame elementen kunnen worden bestreden, is aanzienlijk en heeft betrekking op een groot aantal cultuurgewassen. De navolgende opsomming beoogt een idee te geven van enkele belangrijke resultaten, gegróepeerd naar de betrokken elementen; zij is in hoofdzaak ontleend aan JACKS en SCHERBATOFF:

mangaan: allerlei granen, kedelee, groenten, erwten, aardappels;
 ijzer: druif, vruchtboomen, ananas, rijst, lupine;
 boor: suikerbiet, tabak;
 koper: granen, groenten, vruchtboomen, citrus;
 zink: vruchtboomen, citrus.

Bij de doseering van hoofdmeststoffen zou een handelwijze, waarbij een meststof alleen dan wordt toegediend, indien de plant zichtbare gebreksverschijnselen vertoont, als onverantwoordelijk worden beschouwd. Men zoekt naar het fysiologisch of economisch productieoptimum. Nu behoeft er uiteraard geen volledige parallel te bestaan tusschen de gedragslijn ten aanzien van hoofd- en neven-

meststoffen, maar het lijkt toch niet onmogelijk, dat bepaalde gewassen ook zonder uitgesproken gebreksverschijnselen in voor ons gunstigen zin zouden reageeren op een bemesting met meststoffen, die in hun opbouw een, zij het ook ondergeschikte, rol spelen. In dit verband kan als voorbeeld gelden de ervaring, welke met verscheidene gewassen in laboratoriumproeven met boor zijn verkregen en waarbij herhaaldelijk is gebleken, dat het eerste symptoom van een tekort aan boor zich uit als moeilijkheden met de vruchtzetting bij overigens normaal gegroeide planten. Het is dan ook geenszins onmogelijk, dat in de toekomst bij bepaalde gewassen onder bepaalde omstandigheden productievermeerderingen als gevolg van een bemesting met zeldzame elementen zullen worden verkregen. In verband hiermede is nog van belang, dat de bedragen, gemoeid met een bemesting met zeldzame elementen, zeer gering zijn, aangezien het steeds om zeer kleine hoeveelheden gaat, zoodat een eventueele productievermeerdering gewoonlijk ook wel economisch rendabel zal zijn.

Ook de kwaliteit van een bepaald landbouwproduct kan worden beïnvloed door het toedienen van zeldzame elementen. De waarde van een onderzoek naar dezen invloed bij fancy-producten springt direct in het oog. Eventueele resultaten in dit opzicht zullen eveneens in het algemeen loonend zijn. Een gecompliceerd vraagstuk vormt de kwaliteit van voedingsproducten en de beïnvloeding daarvan door de bemesting. De prijsvorming van dergelijke producten vindt plaats onafhankelijk van de minerale samenstelling. Gesteld, dat op grond van sociale overwegingen een bepaalde minerale samenstelling van eenig landbouwproduct gewenscht ware, zonder dat dit in den prijs tot uitdrukking zou komen, zoo mag het wel als uitgesloten worden beschouwd, dat de landbouw uit eigen beweging zal overgaan tot maatregelen, om de gewenschte samenstelling van het product te verkrijgen. Slechts voor zoover het gaat om kwaliteitsverbeteringen, die een hogere opbrengst in geld met zich brengen, heeft de voorziening met zeldzame elementen onder de huidige omstandigheden practische beteekenis. Op deze kwestie kom ik nader nog terug.

Schade door een te veel aan zeldzame elementen. — De meeste zeldzame elementen zijn, in grootere hoeveelheden toegediend, zeer schadelijk voor allerlei cultuurgewassen. In de literatuur vindt men tal van mededeelingen over laboratoriumexperimenten, welke ten doel hadden, vergiftigingsverschijnselen bij allerlei planten op te wekken.

Een interessant voorbeeld van schade door een te veel aan een

bepaald zeldzaam element in de practijk is onlangs door BYERS gepubliceerd. Het betreft seleenvergiftiging van vee in uitgestrekte gebieden van de Vereenigde Staten van Noord-Amerika. Op de betrokken seleenrijke gronden bleken enkele onkruiden als ware seleen-accumulatoren te fungeeren, zoodat het vee, in het bijzonder gedurende droge zomers en bij te intense beweiding, na het eten der schadelijke onkruiden, ten gevolge van seleenvergiftiging omkwam.

In Kentucky hebben zich op bepaalde zure gronden gevallen van mangaanvergiftiging van tabaksplanten voorgedaan. In dit geval kon o.a. door bekalking een verbetering worden bereikt (BORNTNER).

Het is duidelijk, dat bezwaren, verbonden aan een te veel van een bepaald element, niet steeds gemakkelijk kunnen worden verholpen. Gelukt het niet, het kwaad met eenvoudige landbouwkundige maatregelen te bestrijden, dan moet de cultuur van het betrokken gewas ter plaatse worden opgegeven.

Indirecte bodemkundige beteekenis van zeldzame elementen. — Behalve als opbouwend bestanddeel van de ons interesseerende planten, spelen enkele zeldzame elementen ook nog een indirecte rol in de levende wereld.

Zoo schijnt het molybdeen van invloed te zijn op de werkzaamheid van *Azotobacter* (BORTELS), hetgeen, anders gezegd, hierop neerkomt, dat het molybdeen fungeert als katalysator voor de stikstofvoorziening in den grond. Vanadium komt in aanzienlijke hoeveelheden voor in *Amanita muscaria*, de bekende vliegenzwam (TER MEULEN). Aangezien zwammen van belang zijn voor den organischen kringloop in boschgronden, moet dus worden rekening gehouden met de mogelijkheid, dat vanadium in boschgronden de circulatie van voedingsbestanddeelen in den grond beïnvloedt. De groei van *Trichoderma koningi*, een bodemschimmel, wordt sterk door fluoriden gestimuleerd (NIETHAMMER). Het is niet onmogelijk, dat de aanwezigheid van voldoende mangaan in boschgronden eveneens van belang is voor de omzettingen, welke zich in de strooisellaag afspelen. De rol van het mangaan in allerlei oxydatie- en reductieprocessen in de natuur is bekend.

Deze voorbeelden kunnen reeds een indruk geven van het feit, dat de zeldzame elementen door hun aanwezigheid en hun waarde voor het mikroleven in den grond ook indirect van beteekenis zijn voor den groei van onze cultuurgewassen.

Het voorkomen van zeldzame elementen in meststoffen, insecticiden enz. — Ik wees reeds op het feit, dat slechts in bijzondere

gevallen met zeldzame elementen gemest wordt. Dit beteekent echter geenszins, dat er niet op allerlei wijzen zeldzame elementen aan den bouwgrond worden toegevoegd.

Stalmest en compost kunnen worden beschouwd als zeer veelzijdig van samenstelling. Stalmest dankt dit aan zijn biologischen oorsprong, compost daarnaast nog aan de rijke schakeering in samenstelling van gebruiksstoffen van den mensch. Ook kunstmeststoffen kunnen allerlei zeldzame elementen bevatten. De importeurs van chilalpeter maken o.a. zelfs reclame met het gehalte aan jodium en boor, hetwelk eigen is aan hun materiaal. Enkele kalizouten van den handel bevatten eveneens allerlei nevenzouten. Het interessantst zijn echter wel de phosphaten.

Als product van verrijking van dierlijke afvalstoffen kunnen de natuurlijke phosphaten allerlei bijzondere bestanddeelen bevatten. Uit onderzoekingen van HILL c.s. blijkt, dat deze voor phosphaten van verschillende herkomst nogal uiteen kunnen loopen. Het gaat onder meer om molybdeen, arseen, vanadium en dergelijke elementen. Het is duidelijk, dat deze stoffen ook in superphosphaat terecht kunnen komen. Aangezien de superphosphaatfabrieken, afhankelijk van de omstandigheden, afwisselend phosphaat van verschillende herkomst verwerken, behoeft het afgeleverde product op het punt van nevenbestanddeelen geen uniforme samenstelling te hebben. Ook het zwavelzuur, dat genoemde fabrieken verwerken, kan verontreinigingen van varieerend karakter in de superphosphaat introducereen. Bij de wisselingen in samenstelling van superphosphaat gaat het uiteraard om kleine hoeveelheden, doch het is geenszins uitgesloten, dat deze kleine hoeveelheden van invloed zijn op de gebruikswaarde en onder andere in veldproeven een onzekeren factor vormen.

Een belangrijke bron van zeldzame elementen voor allerlei cultuurgronden vormen anorganische insecticiden en fungiciden. Hierbij gaat het niet om kleine hoeveelheden; zoo komt vrijwel de geheele wereldproductie aan arseen in allerlei vormen als verdelingsmiddel op cultuurgronden terecht. De omvang van het gebruik aan vergiftige stoffen in land- en tuinbouw is van dien aard, dat verscheidene auteurs hun bezorgdheid op dit punt wereldkundig hebben gemaakt. Vele gevallen van schade, veroorzaakt door een overvloedig gebruik van giftstoffen, bijvoorbeeld loodarsenaat, zijn bekend. Ook tijdens mijn reis door Nederlandsch-Indië werden mij verscheidene mededeelingen dienaangaande gedaan.

In aansluiting aan deze beschouwingen past nog een enkel

woord over de beteekenis voor ons vraagstuk van de vliegensch, in het bijzonder in de nabijheid van industrieele centra. Reeds eerder besprak ik den rijkdom aan zeldzame elementen van steenkoolasch. De hoeveelheden, welke als vliegensch in de atmosfeer worden gebracht en die met het regenwater of anderszins op veelal hoogwaardige cultuurgronden in de nabijheid der industriecentra terecht komen, zijn moeilijk te schatten, maar ook gemakkelijk te onderschatten.

Het humusvraagstuk en de zeldzame elementen. — Het ligt niet in mijn bedoeling, het humusvraagstuk in land- en boschbouw hier in zijn geheel te bespreken, maar ik wil, terugkomend op de analyses van boschhumus van GOLDSCHMIDT, wijzen op den rijkdom aan zeldzame elementen, die daarin kan zijn geconcentreerd. Het bosch als gecompliceerde levensgemeenschap neemt min of meer selectief datgene op, wat voor den opbouw van elk der vele organismen van waarde is. Hoewel de humus als product van veroudering van de organische resten niet dezelfde minerale samenstelling heeft als de afvalstoffen zelve en in het bijzonder gemakkelijk oplosbare bestanddeelen snel kunnen uitspoelen, moet boschhumus toch beschouwd worden als een materiaal, dat rijk is aan bestanddeelen van specifiek biochemische beteekenis.

Wanneer men door onvoldoende voorzorgen de boschhumus na de ontginning van het bosch laat wegspoelen, dan is het duidelijk, dat men juist een deel van het biochemisch waardevolle, door het bosch in een eeuwenlang concentratieproces bijeengebrachte materiaal verliest en dus ook den rijkdom aan zeldzame elementen. Wordt in de eerste jaren na de ontginning de humus snel opgeteerd, dan beschikt het gewas gedurende korten tijd rijkelijk over zeldzame elementen, maar is deze voorraad opgebruikt, dan moet een sterke terugslag in het beschikbaar komen van zeldzame elementen door den grond onvermijdelijk optreden.

Hoewel het verloren gaan van de humus, gelijk bekend is, op allerlei wijzen de cultuur nadeelig kan beïnvloeden, is het niet ondenkbaar, dat bij onderzoek zal blijken, dat onder de gewassen, waarvan bekend is, dat zij in het bijzonder voorspoedig gedijen op maagdelijken boschgrond, bijvoorbeeld koffie, gevallen zullen worden gevonden, waarbij bovenbedoelde terugslag in het beschikbaarstellen van zeldzame elementen één der oorzaken is van ernstigen achteruitgang in stand en productie van het betrokken gewas na de eerste cultuurjaren.

Het bodemkundig gedrag van de zeldzame elementen. — Aan gezien er geen reden te noemen is, waarom het gedrag van een zeldzaam element in den grond eenvoudiger te begrijpen zou zijn dan dat van een meer algemeen voorkomend element en de meeningen der landbouwscheikundigen over het gedrag van hoofdelementen als kali, phosphor, stikstof en kalk nog verdeeld zijn, ligt het voor de hand, dat er nog betrekkelijk weinig vaststaat over het bodemkundige gedrag van de zeldzame elementen. Ik moet dan ook volstaan met de vermelding, dat zoowel voor mangaan (JACKS en SCHERBATOFF) als voor borium (CHALISEW en KATALYMOW, TALIBLI) is vastgesteld, dat de opneembaarheid bij hooge pH's bemoeilijkt wordt. Zodoende speelt de voorziening met zeldzame elementen weer een rol bij het vraagstuk der bekalking, terwijl omgekeerd zure bemestingen, bij voorbeeld met zwavel, ongetwijfeld in staat zijn, een element als mangaan te mobiliseeren.

Indicaties over de beteekenis van zeldzame elementen voor Indische cultuurgewassen. — Gelijk reeds werd opgemerkt, kan men de richting, waarin voor een bepaald gewas het onderzoek naar de eventueele beteekenis van zeldzame elementen moet worden geleid, in eerste instantie vinden met behulp van de aschanalyse. In onderstaand overzicht heb ik enkele gegevens uit oude en nieuwe analyses, met enkele practische en experimenteele resultaten, samengevat.

Tabak. — De beteekenis van het borium in verband met de topziekte van de tabak mag bekend worden verondersteld. Uit mondelinge overlevering is, volgens een persoonlijke mededeeling van Dr E. WEGMANN te Schaffhausen, bekend, dat BUNSEN de kwaliteit van de sigaren, welke in zijn laboratorium werden gerookt, placht te controleren met behulp van de intensiteit van de lithiumlijn van de brandende sigaar in den spectroscop. Over lithium bestaan ook nog andere gegevens (YOUNG).

Thee. — Thee is de mangaanplant par excellence (VON LINSTOW), hetgeen reeds in 1890 bekend was. NANNINGA heeft gezocht naar een correlatie tusschen de kwaliteit van de thee en het mangaangehalte, welke evenwel niet geheel overtuigend bleek te zijn.

Koffie. — Koffie is een plant, welke in de reeks van de mangaanplanten eveneens een hooge plaats inneemt. Voor zoover mij bekend is, heeft dit verschijnsel nooit geleid tot een onderzoek naar de rol van het mangaan in de koffiecultuur.

Cacao. — Cacao is eveneens een mangaanplant (VON LINSTOW),

terwijl bovendien bekend is, dat de vruchten betrekkelijk veel borium bevatten (DODD).

Rubber. — Recente analyses van latex, afkomstig van Malakka, vertoonen een verrassend hoog gehalte aan rubidium (FLINT).

Suikerriet. — Het Proefstation voor de Java-Suikerindustrie te Pasoeroean beschikt over een uitgebreid analysemateriaal, waarbij allerlei elementen in niet onaanzienlijke hoeveelheden zijn aange-toond.

Oliepalm. — Tot mijn spijt heb ik geen behoorlijke analyses van deelen van den oliepalm kunnen vinden.

Rijst. — Rijst is een kiezelplant. Voorts bestaan er verscheidene literaturopgaven over de stimuleerende waarde van mangaan voor den groei van de rijst (ASO, NAGAOKA, LADELL).

Citrus. — Hiervoor moet naar de uitgebreide speciale literatuur worden verwezen.

Alles te zamen genomen kan bezwaarlijk worden gezegd, dat de samenstelling van de voornaamste tropische cultuurgewassen op het punt van zeldzame elementen bevredigend bekend is. Echter bevat de literatuur toch voldoende suggesties om een nader onderzoek te kunnen motiveeren. Systematisch onderzoek in deze richting, kon tot voor kort moeilijk worden verricht, aangezien de vroegere analyse-techniek daartoe nauwelijks voldoende was. Bovendien is men in verscheidene cultures nog niet met de hoofdvoedingsstoffen in het reine en het ligt voor de hand, dat de daaraan verbonden vraagstukken eerst aan de beurt komen.

Nu echter de moderne kwantitatieve spectroscopie zijn intrede in de analytische chemie heeft gedaan, is het alleszins gewettigd, voor ieder belangrijk cultuurgewas na te gaan, welke elementen het uit den grond opneemt; wanneer een dergelijk onderzoek op een goede bodemkundige basis wordt gefundeerd, mag worden verwacht, dat richtlijnen voor nader onderzoek, bij voorbeeld in veldproeven, worden gevonden. Tijdens mijn verblijf te Buitenzorg bleek mij, dat het Laboratorium voor Scheikundig Onderzoek van de Afdeeling Nijverheid van het Departement van Economische Zaken te Buitenzorg doende is, zich voor onderzoekingen op dit gebied in te richten, zoodat in de komende jaren interessante gegevens over de anorganische samenstelling van een aantal cultuurgewassen bekend zullen worden.

Het eutrophe milieu en de bodemvruchtbaarheid. — Tijdens mijn reis over Sumatra en Java heb ik eenige waarnemingen kunnen verrichten, welke voor het betrokken vraagstuk misschien niet geheel

zonder belang' zijn. Het materiaal, waaruit enkele der hoogst productieve gronden, gewoonlijk deelen van oude meerbodems, zijn opgebouwd, bleek niet de geringste suggestie te kunnen geven ter verklaring van de hooge cultuurwaarde der gronden. In het bijzonder denk ik hierbij aan het Tobagebied, waar enorm hoog produceerende sawah's voorkomen op een materiaal, dat in eerste instantie zure liparietische asch is. Het betrokken gebied blijkt bij nadere beschouwing echter te moeten worden opgevat als een voormalige afzetting van het Tobameer, terwijl de talrijke diatomeeënaarden (zie ook RUTTNER) bewijzen, hoeveel materiaal van plantaardigen en dierlijken oorsprong oorspronkelijk in deze meerafzettingen aanwezig is geweest. Over de elementen, welke door de afstervende organismen in de voormalige, ondiepe, eutrophe inhammen van het Tobameer op den bodem zijn opgehoopt is niet veel bekend. RUTTNER geeft slechts gegevens over de samenstelling van het water van een aantal Indische meren, vlak boven den bodem, doch daarin zien we althans stikstof, phosphor en mangaan in groote hoeveelheden optreden. Hoe het met andere elementen staat is geheel onbekend.

Wanneer wij de vruchtbaarheid van dergelijke gronden willen verklaren met behulp van de biogene bestanddeelen (een alternatief heeft niemand mij aan de hand kunnen doen), dan levert de studie van dergelijke eutrophe verhoudingen wellicht den sleutel tot de ongewoon hooge productiviteit voor rijst van de betrokken gronden.

Iets soortgelijks schijnt voor de koffie mogelijk te zijn. Op de onderneming „Blawan”, gelegen in de Idjen-caldeira, troffen wij een bevredigenden Arabica-aanplant aan op een kale, witte, massieve, zij het ook onzuivere diatomeeënaarde. Het is duidelijk, dat dit substraat in het geheel niet overeenstemt met de voorstelling, die men zich gewoonlijk van een goeden koffiegrond maakt. Wanneer men echter de accumuleerende werking van het eutrophe milieu, dat het meer, waarin de betrokken diatomeeën en andere organismen hebben geleefd, eigen moet zijn geweest, vergelijkt met de eveneens accumuleerende werking van den diepen humeuzeu boschgrond, waarop men koffie bij voorkeur plant, dan komt men op de gedachte, dat de twee genoemde wijzen van accumulatie ten aanzien van de koffie misschien iets soortgelijks presteeren en tevens, dat de eischen welke de koffie aan den grond stelt, eenig verband met die voorafgaande accumulatie moeten hebben.

Gelijk reeds boven werd opgemerkt, is mangaan het eenige zeldzame element, waarvan met groote waarschijnlijkheid bekend is,

dat het kan accumuleeren in het eutrophe milieu; nader onderzoek zal moeten uitmaken, welke der overige elementen in het eutrophe milieu biochemisch worden opgehoopt. De studie van het eutrophe milieu kan van groot belang blijken te zijn voor de verklaring van de exceptioneele vruchtbaarheid van enkele Indische gronden en kan misschien tegelijkertijd de richting aangeven, waarin de specifieke eischen van de rijst- en de koffiëplant kunnen worden gevonden. In mijn reisverslag, hetwelk in 1938 door het Landbouw Export Bureau Fonds te Wageningen zal worden uitgegeven, hoop ik op deze kwestie terug te komen.

De beteekenis van de zeldzame elementen voor dier en mensch. — Aangezien de plant het uiteindelijke voedsel voor dier en mensch is, moet er een nauw verband bestaan tusschen de rol van de anorganische voedingsstoffen in het dierlijke en menschelijke lichaam en het optreden van genoemde stoffen in de voornaamste planten. Uiteraard bestaan er ook nog andere bronnen van herkomst van anorganische voedingsstoffen voor den mensch, bij voorbeeld het drinkwater. In dit verband kan herinnerd worden aan het vele werk, dat besteed is aan het jodiumvraagstuk. Gedurende de laatste jaren is de physiologie van dier en mensch in bijzondere mate gericht geweest op de studie van vitamines en hormonen, terwijl in vergelijking daarmede het onderzoek naar de anorganische voedingsstoffen eenigszins op het tweede plan is geraakt. In zijn afscheidscollege heeft Professor Dr G. GRIJNS, één der grondleggers van de vitaminenleer, op de toekomstige mogelijkheden van de minerale voedingsstoffen gewezen.

Intusschen wordt er ook op dit gebied hard gewerkt en veel gepresteerd, terwijl zelfs van de zijde der anthropologen belangstelling voor de beteekenis van de minerale voeding in de ontwikkelingsgeschiedenis van het menschelijke geslacht is getoond (DE LA MARETT).

In het algemeen is de minerale voeding van den tegenwoordigen mensch in zekeren zin van het toeval afhankelijk. Gelijk reeds werd opgemerkt, vindt de prijsvorming van onze voedingsgewassen plaats buiten de minerale samenstelling om. Onder deze omstandigheden bestaat er dus eigenlijk in het geheel geen zekerheid, dat de samenstelling van ons menu op het punt der minerale voeding overeenkomt met datgene, wat voor een gemiddeld mensch het meest gewenscht is.

Indien men vroeg of laat dit vraagstuk onder de oogen zal zien,

dan zal daarmee de anorganische samenstelling van een aantal voorname cultuurgewassen van heel wat grooter belang blijken te zijn dan men thans oppervlakkig zou denken. Hoewel het verre van mij is, een oordeel over de voedingsfysiologie van den mensch te hebben, wil ik er toch op wijzen, dat deze kwestie niet zonder bodemkundig inzicht tot klaarheid zal komen. In den pennestrijd over de rol van het magnesium in den kanker heeft onlangs nog de physioloog BERG cijfers medegedeeld over het magnesiumgehalte van Duitsche gronden, zoo geheel onjuist, dat zijn betoog daardoor zijn waarde verloren heeft. Alleen samenwerking tusschen landbouwkundigen, bodemkundigen en physiologen waarborgt een succesrijk antwoord op allerlei vragen, die betrekking hebben op de samenstelling van de plantaardige voedingsstoffen. Tevens ben ik van meening, dat de schoonste toepassing van de bodemkunde juist op dit terrein gelegen is.

LITERATUUR.

In deze lijst zijn opgenomen meer algemeene of refereerende verhandelingen en voorts slechts die speciale publicaties, welke in den tekst zijn aangehaald. Een volledige literatuurlijst over het betrokken onderwerp zou vele honderden titels moeten omvatten.

De met * aangeduide nummers bevatten overvloedige literatuuropgaven.

- ASO, K., On the practical application of manganous chloride in rice culture. I & II. *Tokyo College of Agriculture, Bulletin no 6 (1904): 131; no 7 (1908): 449.*
- BERG, G., Das Vorkommen der chemischen Elemente auf der Erde. *Leipzig, 1932.*
- BERG, R., Krebs und Mineralstoffwechsel. *Chemiker Zeitung 59 (1935): 813 en 834.*
- BORNTNER, C. E., Toxicity of manganese to turkish tobacco in acid Kentucky soils. *Soil Science 39 (1935): 15.*
- BORTELS, H., Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. *Archiv für Mikrobiologie 1 (1930): 333.*
- BRANDES, W. und GELLER, A., Seltene Elemente. *Zeitschrift für praktische Geologie 41 (1933): 153.*
- BRENCHLEY, W. E., Inorganic plant poisons and stimulants. *2nd Edition, London, New York, 1927.*
- BYERS, H. G., Selenium occurrence in certain soils in the United States with a discussion of related topics. *U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin no 482 (1935).*
- CHALISEW, A. A. und KATALYMOW, M. W., Ueber Mikroelemente. *Report of the Scientific Institute for Fertilizers and Insectofungicides for the Third International Congress of Soil Science at Oxford, 1935. The People's Commissariat of the Heavy Industry, U. S. S. R., Leningrad, 1935.*

- DODD, A. S., The natural occurrence of boron compounds in cacao and cacao products. *Analyst* 52 (1927): 459.
- EDELMAN, C. H., Grensgebieden der Bodemkunde. *Landbouwkundig Tijdschrift* 48 (1936): 625.
- , Problèmes minéralogiques se rapportant à l'étude du sol. *Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie Appliquée. VIIe Session. Paris, 1935. Section de Géologie Appliquée, Tome II: 577.*
- FLINT, C. F. and RAMAGE, H., A note on the ash composition of rubber latex. *Chemistry and Industry* 54 (1935): 338.
- FUCHS, W., Rare elements in German brown-coal ashes. *Industrial and Engineering Chemistry* 27 (1935): 1099.
- GOLDSCHMIDT, V. M. und PETERS, C., Zur Geochemie des Bors. I. & II. *Nachrichten von der k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathem.-physik. Klasse* (1933): 528.
- , und ———, Ueber die Anreicherung seltener Elemente in Steinkohlen. *Nachrichten von der k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathem.-physik. Klasse* (1933): 371.
- , Drei Vorträge über Geochemie. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* (1934): 385.
- , Rare elements in coal ashes. *Industrial and Engineering Chemistry* 27 (1935): 1100.
- , Kristallchemie. *Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie* 15 (1931): 73.
- GRIJNS, G., Toekomstgedachten. *Gorinchem, 1935.*
- HILL, W. L., MARSHALL, H. L. and JACOB, K. D., Minor metallic constituents of phosphate rock. *Industrial and Engineering Chemistry* 24 (1932): 1306.
- *) JACKS, G. V., and SCHERBATOFF, H., Soil deficiencies and plant diseases. *Imperial Bureau of Soil Science, Technical Communication no 31, Harpenden (1934)* (ook afgedrukt in de bibliographie van L. G. WILLIS).
- LADELL, W. R. S., Paddy experiments in Siam and some Siamese paddy soils. *Proceedings of the World's Grain Exhibition and Conference 2 (1933): 118.*
- *) LINSTOW, O. VON, Bodenanzeigende Pflanzen. *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt N. F. Heft 114, Berlin, (1929), 2e Auflage.*
- LONGOBARDI, E., The mineral content of petroleum. *The Journal of the Institution of Petroleum Technologists* 21 (1935): 132.
- MARETT, J. R. DE LA, Race, sex and environment. A study of mineral deficiency in human evolution. *London, 1936.*
- MEULEN, H. TER, Sur la répartition du molybdène dans la nature. *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* 50 (1931): 491.
- NAGAOKA, M., On the stimulating action of manganese upon rice. III. *Tokyo College of Agriculture, Bulletin no 7 (1908): 77.*
- NANNINGA, A. W., Invloed van den bodem op de samenstelling van het theeblad en de qualiteit der thee. I & II. *Mededeelingen van 's Lands Plantentuin nos 65 (1903) en 72 (1904).*
- NIETHAMMER, A., Zeitgemässe Stimulationsprobleme. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde* 39 (1935): 45.

- RÜTTNER, F., Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement Band 8 (1931): 197.*
- , Kieselgur und andere lakustrische Sedimente im Tobagebiet. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement Band 13 (1935): 399.*
- SEIFERT, H., Die anomalen Mischkristalle. I & II. *Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie 19 (1935): 103; 20 (1936): 324.*
- SIMPSON, E. S., The minor elements in living organisms. *Chemical Engineering and Mining Review, Melbourne (1932): 323.*
- TALIBLI, G. A., Bedeutung von Mikroelementen und des Verhältnisses von Ca/Mg für das Pflanzenwachstum bei Kalkungen saurer Böden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 39 (1935): 257.*
- TONGEREN, W. VAN, De ontwikkeling van de geochemie in den jongsten tijd. *Chemisch Weekblad 32 (1935) 304.*
- TRÖGER, E., Der Gehalt an selteneren Elementen bei Eruptivgesteinen. *Chemie der Erde 9 (1935): 286.*
- VERNADSKY, W., *Geochemie. Leipzig, 1930.*
- *J) WILLIS, L. G., Bibliography of references to the literature on the minor elements and their relation to the science of plant nutrition. *Chilean Nitrate Educational Bureau, Inc., New York, 1935.*
- *) YOUNG, R. S., Certain rarer elements in soils and fertilizers and their role in plant growth. *Cornell University Agricultural Experiment Station, Memoir no 174, Ithaca, 1935.*

The significance of the minor elements for plant, animal and mankind

by

C. H. EDELMAN

(Summary of the preceding paper).

Besides the well-known elements of nitrogen, phosphorus and potash more and more elements have become important in practical agriculture and particularly in agricultural science.

By perfected methods of analytical chemistry an increasing number of elements have been found in the ash of plants, most of which are present only in minute quantities. A definite criterion, by which a certain element may be denoted as scarce does not exist. In a geo-chemical sense one may call an element scarce in relation to the number of places where it is accumulated, which case is important for the mining industry. In another sense, the only one with which agriculture is concerned, scarcity is related to the dispersion in cultivated soils. How these elements happen to occur in such small quantities in the soil-particles can largely be explained by GOLDSCHMIDT's theory of isomorphic substitution. For some elements this

substitution is not possible, the "size" of the ion making it unsuited for substituting other ions which build up the crystal-lattice of the minerals.

For the plant the minor elements may be important in the cases of a deficiency or an excess. Already many cases of deficiency are known. Further they may be of significance in relation to certain properties of the plant or its products or to the quality of the product. The fertilizers of common usage may carry many important minor elements which are generally ignored, although modern advertising does indeed sometimes stress the importance of impurities as in the case of Chili salpêtre. Very likely smoke-ash in the neighbourhood of towns or industrial centres is of considerable significance for agriculture.

The significance of the minor elements in relation to various crops grown in the tropics is discussed, and it is found that at present only very little is known about the subject. On the other hand it is quite likely that the special fertility of certain soils for some crops must be ascribed to the presence of certain elements. Probably biological factors are involved, leading to an accumulation of certain minor elements in these soils.

The paper is concluded with some remarks on the significance of the minor elements for mankind and the animal world, and the expectation is pronounced, that the minor elements will play an increasing part in agricultural science in the future.
