

Over het selecterend Vermogen van de Plant voor Ionen

door A. C. SCHUFFELEN (Wageningen)

ON THE SELECTIVE POWER OF THE PLANT FOR IONS.

Summary. — The composition of the plant ash differs very much from the composition of the medium of the plant roots (soil) and also the ratio of the ions does in both systems. This phenomenon is usually described as a result of the selective power of the plant. We may understand a little of this difference by studying the relations of the ion absorption. On the one side the root absorbs easily the ions, which are convenient to the natural system of the plant, because the plant maintains in this way, without supplying extra energy, its harmony (physiological equilibrium). On the other side the ions of the medium are pressed in independently, as a consequence of the diffusion law. For this process the plant needs energy viz. to undo the disharmonic state. Both processes are determining for the mineral composition of the plant.

For a good crop it is necessary that the ions in the soil are accurately balanced. The study of the admissible deviation in the ion ratio is important from the point of view of fertilizing.

Na een omschrijving van het selecterend vermogen, dat de plant bij de absorptie van ionen bezit, wordt een beschouwing over deze eigenschap gegeven. In het laatste deel wordt tenslotte de betekenis van dit verschijnsel voor de bemesting aangeduid.

1. Tussen de minerale samenstelling van de plant en die van haar milieu bestaat een groot verschil. Een vergelijking van de concentraties der ionen in de beide delen van het systeem grond — plant stuit echter op verschillende moeilijkheden. Men kan de samenstelling van de plant betrekken op het verse gewicht, maar men kan ook de droge stof als basis voor de vergelijking kiezen, terwijl tenslotte de as eveneens als eenheid bruikbaar is. In het eerste geval zal men veel lagere gehalten vinden dan in het tweede en daar weer kleinere getallen dan in het derde geval.

Ook bij het karakteriseren van de grond zijn soortgelijke moeilijkheden aanwezig. Men kan zich afvragen of men de concentratie op gewichts- of op volume-eenheid moet betrekken; men staat voor het probleem of men de gehele bouwspoor of slechts het deel, dat met de wortels in aanraking komt, in de berekening moet opnemen. Terwijl ook vragen als, wat is de werkzame concentratie der ionen in de grond, hoe moet de invloed van de structuur berekend worden, en vele andere, zich voor een oplossing opdringen.

Zien we af van de moeilijkheden, die aan de bepaling van de werkzame concentratie der ionen van de grond verbonden zijn [Schuffelen, 1946], dan is een vergelijking evenwel toch mogelijk. We gaan hierbij echter niet uit van de concentraties, maar van de *verhoudingen* der ionen in de plant en in de grond. Deze verhouding is immers onafhankelijk van de gekozen eenheid, daar deze bij de berekening wegvalt. Ook dan blijkt, dat er tussen plant en milieu belangrijke verschillen in samenstelling bestaan. Dit verschijnsel wordt aan het *selecterend* vermogen van de plant toegeschreven. Men kent de plant de eigenschap toe een keuze te kunnen doen uit de haar aangeboden elementen. Zij is in staat van de ene ionensoort meer, van de andere minder op te nemen.

In vele leerboeken over de plantenfysiologie, bijvoorbeeld Koningsberger [1942], wordt dit phaenomeen gedemonstreerd met enige door Schulz & Fleeth omstreeks 1850 verzamelde gegevens. Het betreft de samenstelling van de as van een aantal planten, die in dezelfde sloot gegroeid zijn, waarbij wordt

aangenomen, dat het milieu van de wortels van deze planten gelijk is. Enige van hun gegevens zijn in tabel I opgenomen, waarin tevens de verhouding der kationen in aequivalenten is weergegeven.

TABEL I

Gehalte en verhouding van enkele kationen van planten uit één sloot.

Plantensoort of milieu	Gehalte in %				verhouding in aeq			
	Na	K	Mg	Ca	Na	K	Mg	Ca
Kranswier <i>Chara foetida</i> I	0,40	0,13	0,34	39,2	1	1,8	2,5	168
Kranswier, <i>Chara foetida</i> II	0,19	0,09	0,47	39,2	1	1,3	5,1	253
Waterviolier, <i>Hottonia palustris</i>	6,90	2,35	2,36	15,4	1	1,7	1,0	3,7
Krabbescheer, <i>Stratiotes aloides</i>	25,4	0,90	8,60	7,7	1	16,8	9,2	4,9
Slootwater	0,0045	0,025	0,007	0,038	1	0,1	0,3	0,9

Deze cijfers tonen duidelijk aan, dat de samenstelling van de planten zeer verschillend is en dat deze samenstelling ook geheel afwijken van die van het slootwater. De verschillen zijn zelfs zo groot, dat men twijfelt en zich afvraagt of deze wel alleen het gevolg zijn van het selecterend vermogen van

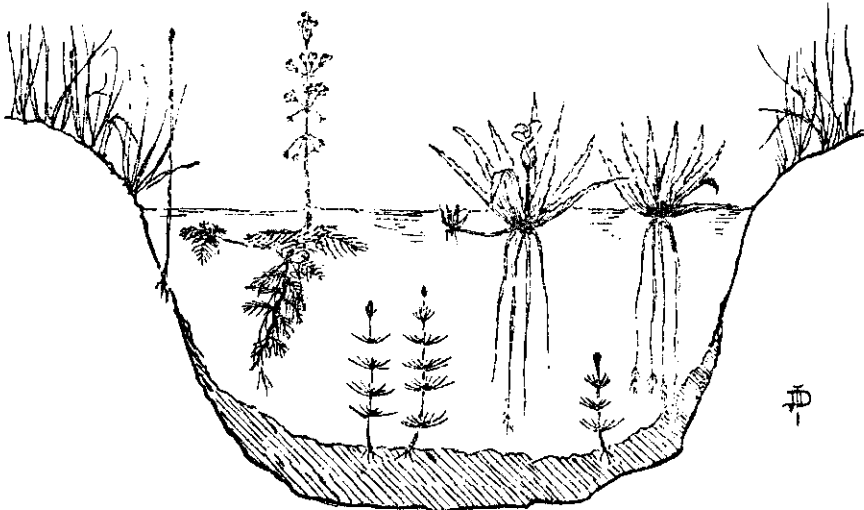


Fig. 1

de plant. Tegen het materiaal zijn dan ook verscheidene bedenkingen aan te voeren.

In figuur 1 is de situatie van deze planten in de sloot geschetst¹.

¹ We zeggen Ir J. J. Duyverman hartelijk dank voor het vervaardigen van deze figuur.

Het kranswier wortelt in de modder van de sloot, de krabbescheer doet dit in een jong stadium eveneens, maar gaat ouder geworden drijven, terwijl de waterviolier in het slootwater drijft. Nu wij niet meer aannemen, dat de ionen slechts uit de bodemoplossing worden opgenomen maar eveneens uit de vaste phase rechtstreeks in de plant kunnen overgaan [Jenny & Overstreet, 1939], is het duidelijk dat het milieu voor de wortels niet gelijk is geweest. Voegen we hieraan toe, dat het kranswier met een laagje calciumcarbonaat bedekt is, dat vermoedelijk niet via de wortels wordt opgenomen, maar als gevolg van de assimilatie (vermindering koolzuurspanning) rechtstreeks op de plant wordt afgezet en bedenken we ook nog, dat de samenstelling van de plantenas sterk van het groeistadium van de plant afhangt, dan blijkt wel, dat aan het « klassieke » voorbeeld bezwaren verbonden zijn. Het is door zijn grote variatie zeer demonstratief, de cijfers zijn gemakkelijk om duidelijk weer te geven wat met het selecterend vermogen bedoeld wordt, maar de verschillen in samenstelling hebben vrij zeker ook andere oorzaken dan het selecterend vermogen.

Dit neemt echter niet weg, dat er een selecterend vermogen bestaat, zoals uit vele door de literatuur verspreide gegevens volgt. De verschillen zijn echter in het algemeen veel kleiner, dan de cijfers van tabel I doen vermoeden. Ter demonstratie van dit feit zijn in tabel II enige gehalten en verhoudingen van ionen van onze cultuurgewassen gegeven, die uit de bekende tabellen van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen werden berekend.

TABEL II
Samenstelling van enige gewassen

Gewas	mg-aeq per 100 g				verhouding in aeq				K:Ca in aeq
	N	PO ₄ /8	K	Ca/2	N	PO ₄ /8	K	Ca/2	
tarwe	88	24	19	6	1	0,27	0,22	0,07	3,2
rogge	59	19	21	7	1	0,32	0,36	0,12	3,0
gerst	85	24	29	10	1	0,28	0,34	0,12	2,9
haver	83	26	37	7	1	0,31	0,45	0,08	5,3
maïs	95	21	27	12	1	0,22	0,28	0,13	2,3
erwten	218	30	29	43	1	0,14	0,13	0,20	0,7
lupinen	226	38	37	28	1	0,17	0,16	0,12	1,3
koolzaad	182	48	26	52	1	0,26	0,14	0,29	0,5
vlas	82	29	27	26	1	0,35	0,33	0,32	1,0
aardappelen	84	21	41	10	1	0,25	0,49	0,12	4,1
mangelwortels	86	25	58	22	1	0,29	0,68	0,25	2,6
suikerbieten	87	25	40	24	1	0,29	0,46	0,28	1,7

De cijfers van tabel II zijn gemiddelden en zij hebben ook geen betrekking op hetzelfde milieu, zodat ze absoluut gesproken van weinig waarde zijn. Voor ons doel, ter demonstratie, zijn ze echter voldoende betrouwbaar, daar door het middelen allerlei verschillen in de grond en in de gewassen zijn genivel-

leerd. De verschillen bereiken een waarde van een op drie, wat veel kleiner is dan de getallen van tabel II aangeven.

Ook het verschil in minerale samenstelling van gras, klaver en onkruid van dezelfde weide is voldoende bekend. In tabel III, worden nog eens enkele gegevens vermeld [Eckstein, 1934].

TABEL III
Minerale samenstelling van planten uit een weide

Plantensoort	mg-aeq per 100 g droge stof			verhouding in aeq		
	Na	K	Ca	Na	K	Ca
Grassen	4	76	37	0,05	1	0,5
Klavers	6	86	94	0,07	1	1,1
Onkruiden	7	122	80	0,06	1	0,7

Maar niet alleen is er verschil tussen planten van verschillende soort, ook rassen van eenzelfde soort hebben niet dezelfde samenstelling, al worden ze in hetzelfde milieu geteeld. We kunnen hiervoor wijzen op de onderzoekingen van van Ginneken [1940] over de minerale samenstelling van suikerbieten en van van Itallie [1939] over die van voederbieten. Ons laboratorium beschikt ook over nog niet gepubliceerde gegevens, die dit voor andere plantensoorten kunnen bevestigen.

Uit de experimentele gegevens volgt dus, dat de plant de ionen, die door haar geabsorbeerd worden, op een of andere wijze selecteert en tevens, dat de verschillende plantensoorten (ook rassen), dit doen met een variërend resultaat.

2. We hebben reeds eerder beschreven, dat de opname der ionen door de plant met de volgende functie kan worden weergegeven [Schuffelen, 1944]:

$$\text{absorptie van ionen} = \text{functie (plant, milieu, tijd)}$$

Deze functie werd toen nader uitgewerkt voor het milieu, waarvoor dit in verscheidene factoren ontleed werd en tenslotte vijf biofactoren resteerden: warmte-, zuurstof-, water-, anionen- en kationen-activiteit.

Het selecterend vermogen van de plant is een belangrijke factor, die in de gegeven functie deel uitmaakt van het complex plant. Deze factor zal hier aan een nadere beschouwing worden onderworpen.

De bestudering van de eigenschappen van de plant, die op de absorptie der ionen en dus ook op de selectie der ionen invloed uitoefenen, heeft zijn bijzondere moeilijkheden. Men heeft de levende materie tot object en deze is *meer* dan een chemisch stelsel. In een chemisch stelsel zijn de wetmatigheden betrekkelijk eenvoudig op te sporen en de relaties kunnen dan ook zonder ernstige bezwaren wel worden vastgelegd. In het levende object is dit alles veel moeilijker daar men slechts het eindresultaat van een milieuverandering kan waarnemen en slecht ingelicht is over de reacties, die zich tussen het begin en het einde afspelen.

We zullen hier niet ingaan op de moderne zienswijze, die men over de opname der ionen ontwikkeld heeft [Lundegårdh, 1943; Arisz, 1945; Schuffelen & Loosjes, 1942, 1943, 1946]. We volstaan met het vermelden van het principe van onze eigen opvatting, waarbij we bijzonderheden over de wijze van absorptie en transport in de plant buiten beschouwing laten. Onze visie is uit de aard der zaak onvolledig, maar bezit anderzijds door haar aard een zekere elasticiteit, die juist bij het levende object zo waardevol is.

Een principe, dat steeds bij de levende materie — nu eens meer, dan minder uitgesproken — terugkeert en dat als leidende gedachte bij theorie en experiment vruchtbaar kan worden gebruikt, is het streven naar een zo gunstig mogelijke toestand voor de cel (cellensysteem, weefsel, individu). Deze toestand is vermoedelijk een stelsel, dat met het kleinste verbruik van energie in stand kan worden gehouden. Alles wat tegen het behoud van deze constellatie werkzaam is, wordt op een of andere wijze geweerd, waarvoor dan een extra arbeid nodig is. Dit verschijnsel is te vergelijken met het actie-reactie principe van de natuur- en scheikunde en het voert naar wat Straub [1933], zo treffend harmonie noemt. Ten dele wordt deze toestand van het stelsel behouden door een afvoer of inactivering van overmaat en een aanvoer (absorptie) van stoffen, waarvan een tekort is. Voor een ander deel wordt deze toestand bestendigd door een aan de omstandigheden aangepaste verandering van de componenten, die samen het stelsel vormen, in het bijzonder door wijzigingen in de organische delen der cel, maar ook wel door uitwisseling van ionen.

Enkele gegevens mogen deze gedachte toelichten. Mattson [1943] beschrijft de waarneming, dat bij toevoer van basen aan de plant ook het gehalte aan organische zuren en kolloïdzuren toeneemt en dat bij een afname van het gehalte aan basen er eveneens een vermindering van de concentratie van deze zuren is. Dit verschijnsel kan niet alleen dienen voor de handhaving van de electroneutraliteit. Het moet daarnaast gezien worden als een buffer in het celsysteem om de activiteit der ionen in de cel ten naaste bij constant te houden. Ook de buffering van de waterstofionen met organische zuren (ook aminozuren), zoals Burström [1945] onlangs weer eens aantoonde, wijst geheel in deze richting. Burström [1934] geeft verder aan, dat de samenstelling van de plantenwortel gedurende lange tijd constant blijft, dat wil zeggen, dat de afvoer gelijk is aan de aanvoer. Lundegårdh [1945] beschrijft de afhankelijkheid van de sapstroom van de samenstelling van het milieu, waarmede op de doorvoer van de stoffen, die niet voor de wortelcellen nodig zijn, wordt gewezen. Ulrich [1945] ziet een toename van de hoeveelheid organische zuren als de kationenabsorptie overweegt, en een afname van de zuren als de anionenabsorptie het grootste is. Hampton & Albrecht [1944] behandelen het verschil in absorptie van ionen bij eiwitrijke en eiwitarme wortels van de sojaplant. Zelf vonden we dat de opname van kalium gedurende korten tijd constant is, zoals in figuur 2 wordt aangegeven. Dit wijst op het bestaan van een constante actieve concentratie der ionen in de wortelperipherie.

Al deze feiten, die met nog vele oudere gegevens te completeren zouden zijn duiden er op, dat de plantencel tegen elke actie een reactie stelt, waardoor haar « evenwicht » (harmonie) zo goed mogelijk bewaard wordt.

Past een ion in het stelsel van de plant, dat wil zeggen wordt het als normale substantie verbruikt bij de vorming van nieuwe plantstof (bijvoorbeeld N. P. S) of is het nodig voor het in stand houden van de harmonische toestand van het kolloïdale systeem (bijvoorbeeld K, Mg, Ca) dan zal de opname vlot

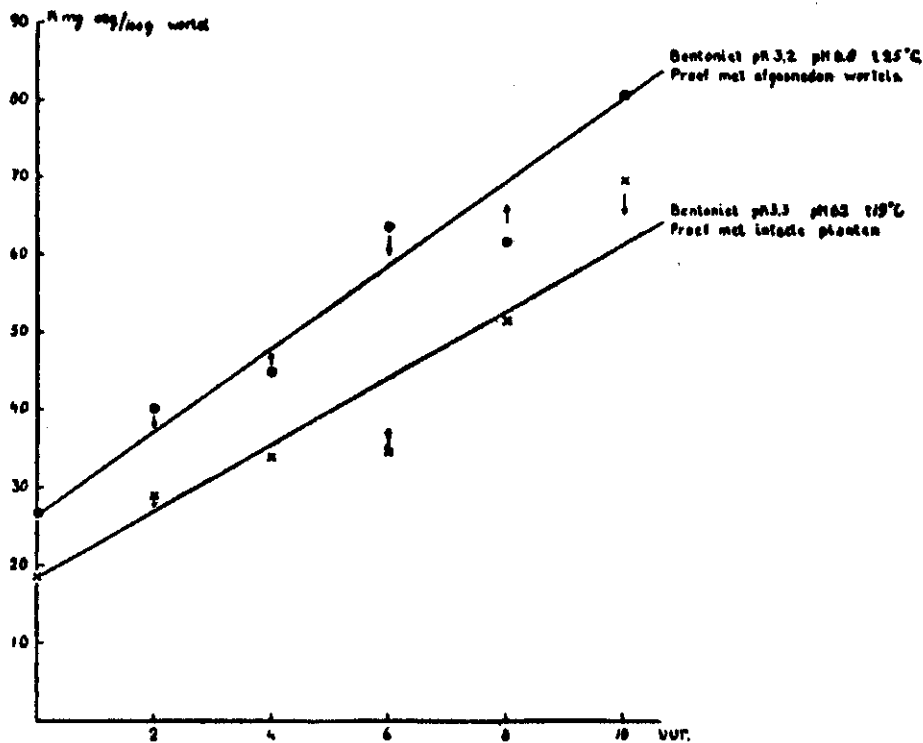


Fig. 2

verlopen. De energie, die dan voor de absorptie gebruikt wordt, zal immers de normale arbeid zijn, die voor de groei ter beschikking staat. Het transport zal gemakkelijk zijn, daar op de groeiplaatsen, waar de behoefte bestaat, de concentratie laag is ten opzichte van de plekken, waar de opname plaats heeft.

Past een ion niet in het stelsel of wordt de toevoer van een passend ion door de druk van het milieu te groot, dan gaat de plant zich verweren, bijvoorbeeld voor dit ion te inactiveren. Hiervoor is extra energie nodig, maar als complicatie zal daarnaast soms een reactie verlopen, waardoor goede componenten tevens uit het systeem worden weggenomen. Vooral dit laatste gaat ten koste van een regelmatige groei van de plant. Dit heeft onder andere plaats als zouten worden neergeslagen, waardoor organische zuren aan hun functie in het celsysteem worden onttrokken. Dan raakt niet alleen de energiebalans in de war, maar is er nog eens een extra arbeid voor het herstellen der harmonie nodig.

De door Lundegårdh & Burström [1935] gevonden betrekking tussen de anionenabsorptie en de anionenademhaling kunnen we in dit verband zien als een energieverbruik tengevolge van het inpersen van ionen van uit het milieu in de plant. Volgens onze opvatting is de opname der ionen niet het gevolg van de extra-ademhaling, maar is juist deze ademhaling het gevolg van het «dode» diffusieproces, waardoor de harmonie verstoord wordt. Om deze harmonie te herstellen is energie nodig, die door oxydatie van glucose geleverd wordt. De door Lundegårdh & Burström gevonden anaërobie ademhaling bij absorptie van anionen uit een zuurstofarm milieu, is in onze opvatting duidelijk:

De plant wordt onder deze omstandigheden door de toenemende anionenconcentratie in het weefsel gedwongen zich te « verweren » en kan de energie, die hiervoor nodig is, slechts verkrijgen door de niet gebruikelijke anaërobe ademhaling. Stelt men als de genoemde onderzoekers de ademhaling primair, dan zou het logisch zijn, dat de anionenopname onder anaërobe omstandigheden geheel stil stond.

We zijn dan ook geneigd het mislukken van gewassen door ongunstige voorwaarden van het milieu onder andere toe te schrijven aan het verbruik van energie voor het behoud van het stelsel, waardoor onder deze omstandigheden geen of te weinig arbeid voor de groei van de plant ter beschikking blijft.

Past het ion in het bouwschema van de plant, dan zal de absorptie groter zijn, dan in het geval, dat het ion niet past, waarbij tussen passen en niet passen allerlei overgangen mogelijk zijn. Zo zien we dan ook, dat de plant juist die ionen het meest opneemt, welke voor haar groei nodig zijn. In de regel worden kalium- en nitraat-ionen sneller opgenomen dan alle andere. Het kalium-ion vervult een belangrijke functie voor de waterhuishouding van de plant en regelt de stabiliteit der plasmakolloïden. Het nitraation is voor de vorming der eiwitten een onontbeerlijk element, dat in grote hoeveelheden verbruikt wordt.

Ofschoon het gegeven beeld slechts een kwalitatieve aanduiding bevat over het verschijnsel van het selecterend vermogen, stelt het ons in staat althans een idee te vormen over de richting der processen, die oorzaak zijn, dat de samenstelling van de plant geheel anders is dan die van de grond.

Ook de tweede waarneming, dat elke plantensoort (ras) anders selecteert, is niet in strijd met de gegeven opvatting. Immers het al of niet passen van een ion in het systeem hangt af van de door erfelijke eigenschappen bepaalde aard van het stelsel. Met andere woorden het is afhankelijk van de samenstelling van de plant. En daar we juist om deze verschillen in samenstelling de vele gewassen (plantensoorten, rassen) telen, moeten we ook een variërende selectie van de ionen waarnemen.

3. In de eerste twee paragrafen hebben we weergegeven, dat de verhouding van de elementen in de plant niet gelijk is aan die van de grond, waaruit ze worden genomen. Tevens toonden we aan, dat de verschillende plantensoorten een variërende verhouding der elementen moeten hebben.

Voor de toe te dienen bemesting is dit van belang, daar de noodzakelijke en ook gebruikelijke verschillen in mestgift voor de diverse gewassen, weer eens van uit een ander standpunt worden belicht. We weten echter ook, dat de samenstelling van de plant niet constant is, maar met de samenstelling van het milieu wisselt, wat in onze werkhypothese, die van het inpersen der ionen van uit het milieu uitgaat, noodzakelijk is. Het selecterend vermogen van de plant is dan ook niet absoluut, maar aan zekere grenzen gebonden. Men spreekt daarom wel van het electerend vermogen [Frey-Wyssling, 1935].

Er zal echter één samenstelling van de plant zijn, die de beste is, omdat ze geheel harmonieert met de opbouw; hierin zullen de minerale en organische stoffen met elkaar in « evenwicht » zijn. Landbouwkundig wil dit zeggen, dat deze samenstelling de beste oogst geeft.

Alle andere samenstellingen van het gewas geven aanleiding tot een disharmonie van de opbouw. Deze disharmonie heeft tolerabele grenzen, maar buiten dit gebied zal een verminderde opbrengst of (en) kwaliteit het gevolg

zijn. In extreme gevallen mislukt de oogst. (Wij zien hier af van de mogelijkheid om door bemestingsmaatregelen, die tot een niet harmonische samenstelling leiden, de plant tot het verrichten van bepaalde functies te prikkelen.)

In de praktijk zal het dikwijls niet mogelijk zijn het milieu zo samen te stellen, dat aan de voorwaarden, die nodig zijn voor een absorptie van alle elementen in de beste verhouding en hoeveelheid, wordt voldaan. Immers een akker wordt niet voor de groei van één gewas gebruikt, maar bij de om verschillende redenen noodzakelijke vruchtwisseling, met verschillende plantensoorten bebouwd. In de praktijk is daarom een compromis noodzakelijk, een compromis, dat we bijvoorbeeld kennen door afhankelijk van het gewas de stikstofbemesting nu eens physiologisch zuur, dan weer physiologisch alkalisch te geven.

Het is echter gewenst, dat we goed worden ingelicht over de mate, waarin de selectie der ionen mogelijk is, over haar catastrophale grenzen, maar vooral ook over het labiele gebied, waar afhankelijk van kleine veranderingen (bijvoorbeeld een slechte regenverdeling) goede of matige ophrengsten worden verkregen.

Door de jarenlange ervaringen van de grondgebruikers en de vele bemestingsproeven is hierover globaal vrij veel bekend. Dit berust ten dele op empirie en ten dele op van uit een geheel andere gezichtshoek geïnterpreteerde gegevens, zodat aanvulling vanaf een andere zijde gewenst is.

Wageningen, Landbouwscheikundig
Laboratorium der Landbouwhogeschool.

Literatuur

- ARISZ, W. H. — *Proc. Kon. Akad. Wetenschappen Amsterdam*, 48, 420 (1943).
BURSTRÖM, H. — Ueber antagonistische Erscheinungen bei der Kationenaufnahme des Hafers. Disj. Stockholm, 1934.
BURSTRÖM, H. — *Ark. Bot. K. Svenska Vet. Akad.*, 32A, No 7 (1945).
ECKSTEIN, O. — *Verhandlungsber. III Grünland Kongr. Zürich*, 1934, 112.
FREY WYSSLING, A. — Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin, 1935.
GINNEKEN, P. H. J. (van). — *Med. Inst. Suikerbietenveelt*, 10, 178 (1940).
HAMPTON, H. E. & ALBRECHT, W. A. — *Soil Sci. Soc. America*, 8, 234 (1944).
ITALIE, T. B. (van) — *Landbouwk. Tijdschr.*, 51, 155 (1939).
JENNY, H. & OVERSTREET, R. — *Soil Sci.* 47, 257 (1939).
KONINGSBERGER, V. — *Leerboek der algemene Plantenkunde II*. Amsterdam, 1942.
LUNDEGARDH, H. & BURSTRÖM, F. — *Biochem. Ztschr.*, 277, 225 (1935).
LUNDEGARDH, H. — *Ark. Bot. K. Svenska Vet. Akad.*, 31A, No 2 (1943).
LUNDEGARDH, H. — *Ark. Bot. K. Svenska Vet. Akad.*, 32A, No 12 (1945).
MATTSON, St. & KOUTLER-ANDERSON, E. — *Ann. Agr. Coll. Sweden* 11, 207 (1943).
SCHUFFELEN, A. C. — *Landbouwk. Tijdschr.*, 56, 116 (1944).
SCHUFFELEN, A. C. & LOOSJES, R. — *Proc. Kon. Akad. Wetenschappen Amsterdam*, 45, 726, 944 (1943), 49, 80 (1946); *Hand. 29e Nat. en Geneesk. Congres.*, 177 (1943).
STRAUB, J. — *Kolloid Ztschr.*, 64, 72 (1933).
ULRICH, A. — *Amer. J. Bot.*, 29, 220 (1942); referaat C.Z. 1945 II, 726.

Ingekomen 13 Februari 1948.

Goud uit Equisetum

Equisetum arvense kan tot 150 g goud per ton bevatten. Wellicht zal het mogelijk zijn deze plant te gebruiken om dit metaal te winnen in gebieden waar oude goudmijnen voorkomen¹.

¹ New Way to Extract Gold. — *Mining and Metal*, 28, p. 461, New York, 1947 (naar *Chron. Mines Colon.*, 16, n° 139, p. 13, Paris, 1946).