

631.41.9 : 1950
631.41.6 : 1951



DE BETEKENIS VAN MOLYBDEEN VOOR DE PLANTEN- VOEDING, IN HET BIJZONDER IN VERBAND MET DE STIKSTOFBINDING.

E. G. MULDER, *)

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. Groningen.

The importance of molybdenum in plant nutrition, with special reference to nitrogen fixation.

Summary see p. 318.

1. INLEIDING.

Behalve de sporenelementen koper, zink, mangaan en borium zijn ook kleine hoeveelheden molybdeen nodig voor de normale ontwikkeling van groene planten en microorganismen. Dit is het eerst gebleken in 1930 bij proeven met de stikstofbindende bacterie *Azotobacter chroococcum* (BORTELS (3)) en naderhand met de schimmel *Aspergillus niger* (STEINBERG (11), MULDER (8)). In 1939 demonstreerden ARNON and STOUT (2), dat ook groene planten (tomaten) kleine hoeveelheden molybdeen voor hun normale ontwikkeling nodig hebben. In volgende jaren werden overeenkomstige resultaten verkregen met andere planten: haver, PIPER (10); sla, WARINGTON (15); bloenkool, WARING, SHIRLOW en WILSON (14); mosterd en enkele koolsoorten, HEWITT en JONES (5); pruimen, HOAGLAND (6); *Citrus*, VANSELOW en DATTA (13). Hoewel in de meeste dezer proeven de planten in voedingsoplossingen werden gekweekt, zijn in enkele

*) Landbouwkundige van het „Landbouwkundig Bureau der Nederlandse Stikstofmeststoffenindustrie“.

gevallen toch ook gunstige resultaten verkregen bij planten, die in natuurlijke grond groeiden.

2. PROEVEN MET WATERCULTURES.

Uit een uitvoerig onderzoek, door mij tijdens de jaren 1941-44 verricht (9), konden de volgende conclusies worden getrokken:

a. *Molybdeen is nodig voor de normale ontwikkeling* van groene planten en van een aantal microorganismen. Dit werd gedemonstreerd in proeven met tomaten, haver en gerst in voedingsoplossingen. Bij tomaten zonder molybdeen ontstonden talrijke gele vlekjes in de groene bladeren, die na enige tijd bijna geheel geel werden. Necrotische vlekjes ontstonden in het gele weefsel en vele oudere bladeren gingen dood. In vele gevallen rolden de bladeren op om hun lengteas. Bij gerst met molybdeengebrek werden de bladeren eveneens licht groen van kleur, terwijl de jongsten een chlorotische streping toonden. Later ontstonden aan vele bladeren dode punten. De aren kwamen traag te voorschijn en hadden eveneens een geel-groene kleur. De zaadvorming was slecht. Bij haver was de rijping van de planten zonder molybdeen zeer vertraagd, terwijl de zaadvorming slecht was. Evenals bij gerst groeiden ook hier jonge groene scheuten uit toen de hoofdscheuten bezig waren te rijpen. Tabel 1 geeft een indruk van de opbrengstverhoging bij de bovengenoemde gewassen door toediening van een kleine hoeveelheid molybdeen.

Tabel 1. Invloed van molybdeen op de opbrengst aan droge stof bij tomaten, gerst en haver. *) *The effect of molybdenum on yield (dry matter) of tomatoes, barley and oats.*

$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ per cultuur, γ †)	Gewas (crop)	Blad + stengels (leaves + stems) droge stof (dry matter) in g	Korrel (seed) droge stof (dry matter) in g
0	Tomaten (tomatoes).	8.7	—
100		20.4	—
0	Gerst (barley)	10.1	1.8
100		8.4	5.8
0	Haver (oats)	12.2	3.5
100		12.8	6.—

*) Deze waarden evenals die in de volgende tabellen zijn de gemiddelden van twee of meer opbrengst- resp. analysecijfers.

†) $1\gamma = 0.001 \text{ mg.}$

b. In de groene plant zowel als in de cellen van bacteriën en schimmels is *molybdeen nodig* voor de *assimilatie* van *nitraatstikstof*. Dit bleek in een proef met tomaten, die voor dat doel werden gekweekt in een voedingsoplossing, die geen molybdeen bevatte en bovendien vrij arm aan stikstof was. Als gevolg hiervan vertoonden de planten na enige weken verschijnselen van stikstof- zowel als van molybdeengebrek. Op dat moment werd een overmaat nitraat-stikstof toegediend, terwijl een aantal planten bovendien een spoortje natriummolybdaat ontving. Drie dagen later toen de eerste kleurveranderingen bij de planten,

bemest met nitraat + molybdeen, werden waargenomen, werd de proef afgebroken en werden de planten geanalyseerd op nitraat, organische niet-eiwitstikstof en eiwit-stikstof. Zoals uit tabel 2 blijkt, was het effect van de molybdeentoediening op de nitraatomzetting zeer groot. Zonder molybdeen was er vrijwel geen nitraat omgezet in organische stikstofverbindingen; als gevolg hiervan hadden zich aanzienlijke hoeveelheden nitraat in het blad opgehoopt.

Tabel 2. Invloed van molybdeen op de nitraatreductie in tomatenplanten. *The effect of molybdenum on nitrate reduction in tomato plants.*

Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O %	Bladeren (leaves)				Stengels (stems)			
	Vers gew. (fresh weight) g	Eiwit-N (protein-N) mg	Oplosb. en (soluble and org. organic) N, mg	Nitraat (nitrate) - N mg	Vers gew. (fresh weight) g	Eiwit-N (protein-N) mg	Oplosb. en (soluble and org. N (organic N) mg	Nitraat (nitrate) - N mg
0	6.1	15.8	5.4	4.2	7.5	6.7	3.8	3.5
200	6.1	19.1	5.7	0.6	8.6	8.6	6.2	2.7

Het is onwaarschijnlijk, dat deze verschillen in nitraatassimilatie een gevolg zijn geweest van een hoger koolhydraatgehalte in de met molybdeen behandelde planten. Daarvoor waren de kleurverschillen tussen beide groepen van planten te klein. Blijkbaar fungeert het molybdeen als katalysator bij de nitraatreductie.

Ook bij gerst werd een ophoping van nitraatstikstof bij molybdeengebrek gevonden. In overeenstemming met deze resultaten, vonden HEWITT en JONES (5) en WILSON en WARING (16) een ophoping van nitraat in de bladeren van bloemkool bij een onvoldoende molybdeenvoorziening, terwijl STOUT en MEAGHER (12) soortgelijke resultaten verkregen met tomaten.

Niet alleen in de groene plant doch ook in de bacterie- en schimmelcel is het molybdeen werkzaam als katalysator bij de nitraatreductie. Dit bleek bij proeven met denitrificerende bacteriën (9). Bij vier stammen van deze bacteriën vond nitraatreductie resp. denitrificatie niet of in zeer onvoldoende mate plaats indien de voedingsoplossing geen molybdeen bevatte (tabel 3).

Tabel 3. Invloed van molybdeen op de denitrificatie (10 dagen bij 25° C). *The effect of molybdenum on denitrification (10 days at 25° C).*

Bacterie stam (strain of bacteria)	Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O % per flesje (per bottle)	NO ₃ -N omgezet (denitrified) mg
W 1	0	1.4
"	5	9.3
S 1	0	4.5
"	5	13.1
S 2	0	0.0
"	5	10.2
W 2	0	0.0
"	5	8.0

Overeenkomstige resultaten werden verkregen met de schimmel *Aspergillus niger*, die bij nitraatvoeding aanzienlijk meer geremd wordt in ontwikkeling

indien onvoldoende molybdeen aanwezig is dan bij voeding met ammoniumverbindingen.

c. *Molybdeen* is, behalve voor de binding van de luchtstikstof door vrijlevende stikstofbinders (*Azotobacter*), nodig voor de stikstofbinding door vlinderbloemige gewassen. Voor dit onderzoek werden erwten gekweekt in watercultures, waarvan de voedingszouten nagenoeg vrij waren van molybdeen. Hoewel zonder molybdeen de planten normale wortelknolletjes vormden, was de stikstofbinding van deze knolletjes zeer onvoldoende. Als gevolg hiervan vertoonden de erwten zonder molybdeentoediening verschijnselen van stikstofgebrek en gingen ze vroegtijdig te gronde (zie tabel 4).

Tabel 4. Invloed van molybdeen op de opbrengst en stikstofbinding van erwten. *The effect of molybdenum on the yield and nitrogen fixation of peas.*

Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O per pot, γ	Zaden (seeds)		Bladen + stengels (leaves + stems)		Wortels (roots)	
	Droog gew. g (dry weight)	Stikstof (nitrogen) mg	Droog gew. g (dry weight)	Stikstof (nitrogen) mg	Droog gew. g (dry weight)	Stikstof (nitrogen) mg
0	2.4	77.5	4.8	97.5	1.0	27.6
200	5.6	170.3	5.9	114.3	1.0	30.2

In een tweede proef werden de erwten geoogst op het tijdstip, dat kleurverschillen voor het eerst werden waargenomen. Zoals uit tabel 5 blijkt, waren de verschillen in stikstofgehalte van de planten als gevolg van een verschil in werking der knolletjes toen reeds zeer aanzienlijk.

Tabel 5. Invloed van molybdeen op de stikstofbinding door erwten. *The effect of molybdenum on nitrogen fixation by peas, harvested at an early stage.*

Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O per cultuur γ	Bladeren + stengels (leaves + stems)			Wortels (roots)		
	Droog gew. g (dry weight)	Stikstof (nitrogen) mg	Stikstof % v. d. dr. stof (% N in dry matter)	Droog gew. g (dry weight)	Stikstof (nitrogen) mg	Stikstof % v. d. dr. stof (% N in dry matter)
0	4.1	82.0	2.0	1.6	36.6	2.2
200	3.7	134.3	3.6	1.5	47.4	3.2

3. PROEVEN MET GROND.

Om te weten of bij de cultuur van erwten op Nederlandse grondsoorten molybdeengebrek kan voorkomen, hebben wij in de jaren 1942 en '43 bemestingsproeven met molybdeen uitgevoerd. Deze proeven hebben geen van alle een positief resultaat opgeleverd, zodat wij tot de conclusie kwamen, dat het element molybdeen voor de Nederlandse landbouw alleen maar theoretische betekenis heeft.

Ten na de oorlog de buitenlandse literatuur voor ons weer toegankelijk werd en ook contact met buitenlandse onderzoekers weer mogelijk werd, bleek,

dat men tijdens de oorlogsjaren in Australië belangrijke opbrengstverhogingen van grasland (gras + klavermengsels) had kunnen verkrijgen door bemesting met kleine hoeveelheden molybdeen (ANDERSON e.a. (1)). Door uitvoerige potproeven had men aangetoond, dat de gunstige werking berust op de verhoogde binding van de luchtstikstof door de wortelknolletjes van de klavers. De uitkomsten van deze proeven waren dus geheel in overeenstemming met die, welke door mij in watercultures met erwten waren verkregen. Om de Australische gronden, waarop molybdeengebrek voorkomt, te leren kennen, verzocht ik Professor PRESCOTT van het Waite Institute in Adelaide, Zuid-Australië, mij enkele monsters van deze gronden te zenden. De hoeveelheid, die mij werd gezonden was voldoende om daarmee een aantal potproeven aan te zetten. Proeven werden genomen met erwten, witte klaver en ondergrondse klaver (*Trifolium subterraneum*). Met twee van deze gronden werd bij de klavers een belangrijke opbrengstverhoging door een kleine hoeveelheid molybdeen als gevolg van een zeer verbeterde stikstofbinding verkregen (zie tabel 6). Zonder Mo-toediening was de kleur van de planten geel-groen tengevolge van stikstofgebrek. Bemest met 5 mg $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ per pot (ongeveer $2\frac{1}{2}$ kg per ha) was de kleur donkergroen.

Tabel 6. Invloed van een molybdeenbemesting van twee Australische gronden op de opbrengst en stikstofbinding van klavers. *The effect of a molybdenum dressing on two Australian soils on the yield and nitrogen fixation of clovers.*

Herkomst van de grond (origin of soil)	pH van de grond (soil pH)	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ per pot (2 kg grond) mg	Witte klaver (white clover)		Ondergrondse klaver (subterranean clover)	
			Droog gew. (dry weight) g	Stikstof (nitrogen) mg	Droog gew. (dry weight) g	Stikstof (nitrogen) mg
Tasmanië	6.2	0	4.2	110.5	12.9	272.—
„	6.2	5	12.2	382.—	16.8	428.5
Z.-Australië	5.4	0	4.3	93.4	11.1	243.—
„	5.4	5	5.7	170.—	17.3	395.—

In tegenstelling tot de klavers reageerden de erwten in deze proef niet op een molybdeenbemesting. Nader onderzoek zal moeten uitmaken of dit berust op een hogere molybdeenreserve in de grote erwtenzaden dan in de kleine klaverzaadjes of op een betere opname van moeilijk oplosbare molybdeenverbindingen door de erwtenwortels.

Daar de Australische gronden, waarop de klavers molybdeengebrek tonen, meestal vrij zuur zijn en verder een hoog gehalte aan ijzeroxyd hebben, werd de mogelijkheid niet uitgesloten geacht, dat ook op Nederlandse gronden van dit type de molybdeenvoorziening van de klavers te laag kon zijn om een optimale stikstofbinding mogelijk te maken. In het tweede deel van 1949 werd daarom een potproef aangezet met een ijzerhoudende laagveengrond uit Marum (organische stof 60 %, pH 5.0). Als proefgewassen werden gezaaid witte klaver, rode klaver, erwten en stambonen (*Phaseolus vulgaris*). De potten werden bemest met fosfaat en kali, terwijl molybdeen in opklimmende hoeveelheden werd toegediend, zoals vermeld in tabel 7. De resultaten van deze proef waren zeer overtuigend. Zonder molybdeentoediening was geen stikstofbinding van

de klavers mogelijk. Ondanks het feit, dat zeer vele knolletjes waren gevormd, was de kleur van de bladeren licht-groen tot geel als gevolg van stikstofgebrek. De ontwikkeling van de planten bleef daardoor zeer achter bij die welke een voldoende hoeveelheid molybdeen hadden ontvangen. Hoewel de planten met molybdeengebrek vele knolletjes vormden, waren deze kleiner dan normaal, terwijl de kleur geel-bruin-grijs was, in tegenstelling tot de enigszins rose tint van normale knolletjes. Met stijgende molybdeengift nam het aantal knolletjes, dat gevormd werd, af, doch de stikstofbinding nam zeer toe (zie tabel 7).

Uit deze proef volgt, dat een optimale stikstofbinding reeds bij toediening van $100 \gamma \text{ Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$ per pot, d.i. 100 gram per ha werd bereikt. Bij hogere molybdeengiften is de stikstofbinding maar weinig beïnvloed, doch het molybdeengehalte neemt aanzienlijk toe. Aangezien uit Engelse proeven is gebleken, dat molybdeengehalten van het gras hoger dan 20 mg per kg droge stof schadelijk voor de gezondheidstoestand van het vee kunnen zijn, moet men bij bemesting met molybdeenhoudende middelen er terdege voor waken niet te hoge hoeveelheden van dit element toe te dienen.

Rode klaver gaf overeenkomstige resultaten als witte klaver. Erwten en bonen vertoonden ook zonder molybdeentoediening een normale stikstofbinding.

Tabel 7. Invloed van opklimmende hoeveelheden molybdeen op de stikstofbinding en de vorming van droge stof bij witte klaver op ijzerhoudend laagveen. *The effect of increasing amounts of molybdenum on the nitrogen fixation and yield (dry matter) of white clover on low moor soil rich in iron.*

$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$ γ /pot	Opbrengst per pot g dr. st. (yield per pot, g dry matter)	mg stikstof in gewas, per pot (mg nitrogen in crop)	Aantal knol- letjes per 1.7 dm ² grond- oppervlak (number of no- dules per 1.7 dm ² soil area)	Molybdeen in gewas mg/kg droge stof (molybdenum in crop, mg/kg dry matter)
0	2.1	51.6	456	<1
10	2.7	71.7	368	1.8
50	4.1	131.—	254	2.4
100	4.7	152.—	151	3.7
500	4.8	158.7	87	4.3
1000	4.8	155.—	116	3.3
2500	4.7	150.—	123	6.5
5000	4.6	147.9	116	13.7
10000	4.8	151.—	107	25.4
20000	3.8	127.—	109	80.—
50000	4.4	147.—	70	183.1

4. PROEVEN MET ZURE ZANDGRONDEN.

De proeven van de Engelse onderzoekers FERGUSON, LEWIS en WATSON (4), die de molybdeenopneming van gras en klavers op gronden met overmaat molybdeen bij een verschillende pH bestudeerden, hebben geleerd, dat op zure gronden de opneming van molybdeen minder intensief is dan op neutrale of alkalische gronden. Overeenkomstige resultaten werden verkregen door de Australische onderzoekers ANDERSON e.a. (1) en JENSEN (7), die molybdeenarme gronden bestudeerden.

Aangezien het een bekend feit is, dat op zure grond de binding van de lichtstikstof door de meeste vlinderbloemige gewassen zeer te wensen overlaat, hebben wij nagegaan of op dergelijke gronden een gunstig effect van een

molybdeenbemesting kan worden verkregen. In een aantal gevallen bleek dit inderdaad het geval te zijn (zie tabel 8). In een andere proef met 10 zure zandgronden uit Drenthe (pH-waarden varierend van 4.2 tot 4.9) werden bij 9 gronden opbrengstverhogingen van witte klaver verkregen variërend van 13 tot 275 %. Deze opbrengstverhogingen waren een gevolg van een verhoogde stikstofbinding als gevolg van een betere molybdeenvoorziening. Een moeilijkheid bij deze proeven met zure zandgrond is, dat de infectie van de wortels door de knolletjes-vormende bacteriën, onafhankelijk van de molybdeenvoorziening, ten zeerste wordt bemoeilijkt door de lage pH. Is de infectie echter gelukt dan ziet men dikwijls een duidelijke invloed van het toegediende molybdeen op de verdere ontwikkeling en de stikstofbinding van de knolletjes. Verder onderzoek zal moeten uitmaken op welke manier men de vorming van de knolletjes op de zure gronden kan verbeteren.

Tabel 8. Invloed van een molybdeenbemesting op de stikstofbinding van witte en rode klaver op enkele zure gronden. *The effect of molybdenum dressings on nitrogen fixation of white and red clover on some acid soils.*

Herkomst van de grond (soil)	pH	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ mg/pot	Gewas (crop)	Opbrengst per pot g droge stof (yield per pot, g dry matter)	mg stikstof in gewas per pot (mg N in crop, per pot)
Marum *)	5.0	0	witte klaver	4.2	119.—
"	5.0	10	" "	5.8	218.—
"	5.0	0	rode klaver	4.9	150.—
"	5.0	10	" "	6.9	250.—
Grollo **)	4.5	0	witte klaver	3.—	78.—
"	4.5	10	" "	4.—	134.—

*) Zelfde ijzerhoudende veengrond als in tabel 7. *The same soil as in table 7.*

***) Humusarme zandgrond. *Sandy soil poor in humus.*

Hoewel de proeven met molybdeentoediening aan klaver op zure en ijzerhoudende gronden hoofdzakelijk in potten zijn genomen, hebben wij ook op proefvelden enkele malen een duidelijk effect van molybdeen op de stikstofbinding van klavers waargenomen. Doordat deze proefvelden pas in de herfst van 1949 zijn aangelegd, toen de omstandigheden voor een intensieve stikstofbinding reeds vrij slecht waren, zijn opbrengstbepalingen en stikstofanalyses niet verricht. Op een proefveld van Dr M. A. J. GOEDEWAAGEN, gelegen op een lichte zandgrond met een pH van 5.5 te Glimmen, werd witte klaver reeds in het begin van de zomer met molybdeen bemest. In overeenstemming met de resultaten van de potproeven was de ontwikkeling en de kleur van de wortelknolletjes door de molybdeenbehandeling zeer verbeterd. Tengevolge van de verhoogde stikstofbinding was de klaver donkerder groen en werden opbrengstverhogingen verkregen van 50 en 30 % (resp. 1e en 2e snede).

Hoewel door deze proeven is aangetoond, dat ook op verschillende Nederlandse grondsoorten, in het bijzonder op zure en ijzerhoudende gronden, de stikstofbinding van klavers door een molybdeenbemesting kan worden verbeterd, zal door verder onderzoek moeten blijken in hoeverre op deze gronden dit verschijnsel van meer algemene betekenis is.

SUMMARY : THE IMPORTANCE OF MOLYBDENUM IN PLANT NUTRITION, WITH SPECIAL REFERENCE TO NITROGEN FIXATION.

In culture solution experiments with tomato, barley and oat plants the effect of traces of molybdenum on the growth of these plants was investigated. Table 1 contains the yield data of this experiment. In a subsequent experiment it was shown that in the green plant (tomato) as well as in the bacterial cell molybdenum is acting as a catalyst in nitrate reduction (tables 2 and 3).

In culture solutions with pea plants the effect of molybdenum on the nitrogen fixation of the nodules was investigated. Although in the absence of molybdenum as well as in the complete nutrient solution many nodules had developed, the nitrogen fixation of the former nodules was much curtailed, resulting in a poor nitrogen supply to the plants. Pronounced nitrogen deficiency symptoms were shown and the plants died at an early stage (table 4). Table 5 contains the results of an experiment in which the plants had been harvested when the first colour differences due to a different nitrogen fixation were observed. Field experiments with soils on which pea growth was poor, were carried out during 1942 and '43. No response to molybdenum was observed. Six years later pot experiments were carried out with soils poor in available molybdenum received from Australia by courtesy of Professor PRÆSCOTT, Waite Institute, Adelaide. A clear response to molybdenum was found in white clover and in subterranean clover but not in pea (table 6). Since these Australian soils were rich in ironstone and rather acid, pot experiments were undertaken with an acid peaty soil from the province of Groningen. This soil was rich in iron oxide. In agreement with the results obtained with the Australian soils a big response to molybdenum was observed in white and red clover (table 7). With peas and beans (*Phaseolus vulgaris*) normal nitrogen fixation occurred when no molybdenum had been supplied.

Similar responses to applications of small quantities of molybdenum were obtained with a number of acid sandy soils (table 8). The difficulty here was, however, that independently of molybdenum supply, nodulation was much depressed by an acid soil reaction. Once nodules had developed, a clear stimulation of nitrogen fixation was observed when molybdenum had been supplied.

LITERATUUR.

1. ANDERSON, A. J., THOMAS, M. P. and OERTEL, A. C., Plant responses to molybdenum as a fertilizer. *Counc. Sci. Ind. Research Commonw. Australia Bull.* 198 (1946).
2. ARNON, D. I. and STOUT, P. R., Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant Physiol.* 14 (1939) 599-602.
3. BORTELS, H., Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. *Arch. Mikrobiol.* 1 (1930) 333-342.
4. FERGUSON, W. S., LEWIS, A. H. and WATSON, S. J., The teart pastures of Somerset. *J. Agr. Sci.* 33 (1943) 44-63.
5. HEWITT, E. J. and JONES, E. W., The production of molybdenum deficiency in plants in sand culture with special reference to tomato and *Brassica* crops. *J. Pomology Hort. Sci.* 23 (1947) 254-262.
6. HOAGLAND, D. R., Molybdenum in relation to plant growth. *Soil Sci.* 60 (1945) 119-123.
7. JENSEN, M. L., Nitrogen-fixation in leguminous plants VII. *Proc. Linnean Soc. N.S. Wales* 72 (1948) 265-291.
8. MULDER, E. G., Über die Bedeutung des Kupfers für das Wachstum von Mikroorganismen und über eine mikrobiologische Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Bodenkupfers. *Arch. Mikrobiol.* 10 (1939) 72-86.
9. MULDER, E. G., Importance of molybdenum in the nitrogen metabolism of microorganisms and higher plants. *Plant and Soil* 1 (1948) 94-119.
10. PIPER, C. S., *J. Australian Inst. Agr. Sci.* 6 (1940) 162-164, geciteerd in 6.
11. STEINBERG, R. A., Relation of accessory growth substances to heavy metals including molybdenum, in the nutrition of *Aspergillus niger*. *J. Agr. Research* 52 (1936) 439-448.
12. STOUT, R. P., and MEAGHER, W. R., Studies of the molybdenum nutrition of plants with radioactive molybdenum. *Science* 108 (1948) 471-473.
13. VANSELOW, A. P. and DATTA, N. P., Molybdenum deficiency of the *Citrus*. *Soil Sci* 67 (1949) 363-375.
14. WARING, E. J., SHIRLOW, N. S. and WILSON, R. D., Molybdenum in relation to whiptail of cauliflower. *J. Australian Inst. Agr. Sci.* 13 (1947) 187-188.
15. WARRINGTON, K., Molybdenum as a factor in the nutrition of lettuce. *Ann. Applied Biol.* 33 (1946) 249-254.
16. WILSON, R. D. and WARING, E. J., Some observations and experiments concerning the role of molybdenum in the nutrition of the cauliflower plant. *J. Australian Inst. Agr. Sci.* 14 (1948) 141-145.



DE BETEKENIS VAN MOLYBDEEN VOOR DE PLANTEN- VOEDING, IN HET BIJZONDER IN VERBAND MET DE STIKSTOFBINDING.

E. G. MULDER, *)

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. Groningen.

The importance of molybdenum in plant nutrition, with special reference to nitrogen fixation.

Summary see p. 318.

1. INLEIDING.

Behalve de sporenelementen koper, zink, mangaan en borium zijn ook kleine hoeveelheden molybdeen nodig voor de normale ontwikkeling van groene planten en microorganismen. Dit is het eerst gebleken in 1930 bij proeven met de stikstofbindende bacterie *Azotobacter chroococcum* (BORTELS (3)) en naderhand met de schimmel *Aspergillus niger* (STEINBERG (11), MULDER (8)). In 1939 demonstreerden ARNON and STOUT (2), dat ook groene planten (tomaten) kleine hoeveelheden molybdeen voor hun normale ontwikkeling nodig hebben. In volgende jaren werden overeenkomstige resultaten verkregen met andere planten: haver, PIPER (10); sla, WARINGTON (15); bloemkool, WARING, SHIRLOW en WILSON (14); mosterd en enkele koolsoorten, HEWITT en JONES (5); pruimen, HOAGLAND (6); *Citrus*, VANSELOW en DATTA (13). Hoewel in de meeste dezer proeven de planten in voedingsoplossingen werden gekweekt, zijn in enkele

*) Landbouwkundige van het „Landbouwkundig Bureau der Nederlandse Stikstofmeststoffenindustrie”.