

SW
A
L

18/11 40/200

C. Sonneveld, Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder glas te Naaldwijk

De mangaanhuishouding van de grond en de mangaanopname van sla

Het partieel steriliseren van grond door middel van stoom wordt in de glastuinbouw veel toegepast. In het Zuidhollands-Glasdistrict is het, vooral op de zwaardere gronden, voor de tomaten- en komkommer- teelt vaak een jaarlijks herhaalde cultuurmaatregel. Op deze methode van steriliseren van de grond reageren niet alle gewassen gunstig. Zo is op tal van bedrijven de ontwikkeling van sla op pas gestoomde grond slecht. Toch wordt, voorafgaand aan de hoofdteelt van tomaten of komkommers, veel sla geteeld op gronden die kort daarvoor gestoomd zijn. Op het Proefstation te Naaldwijk is een onderzoek ingesteld naar de oorzaken van de slechte stand van sla op gestoomde grond.

Hierbij is aandacht besteed aan de veranderingen die zich voordoen in de mangaan- en in de stikstofhuishouding van de grond. Het onderzoek was vooral gericht op de holocene gronden van westelijk Nederland. De eerste resultaten van het onderzoek naar de veranderingen in de mangaanhuishouding worden in deze publikatie samengevat.

Mangaanhuishouding

In de grond komt een groot aantal mangaanverbindingen voor. Het tweewaardige mangaanion (Mn^{++}) is de meest eenvoudige vorm waarin dit element in de grond wordt gevonden. In deze vorm is het opgelost in het bodemvocht of adsorptief gebonden aan de bodemcolloïden. Het wordt gewoonlijk aangeduid als uitwisselbaar mangaan. Daarnaast komen in de grond een aantal mangaanoxyden voor, waarin het mangaan twee- tot vierwaardig kan zijn. De mangaanoxyden worden doorgaans ingedeeld in de gemakkelijk redu-

ceerbare en de betrekkelijk inerte verbindingen. De verbindingen van eerstgenoemde groep kunnen met weinig moeite worden gereduceerd tot uitwisselbaar mangaan; het betrekkelijk inerte mangaan wordt veel minder gemakkelijk gereduceerd. Voorts kunnen in de grond moeilijk oplosbare mangaanzouten en organische mangaanverbindingen voorkomen. Voor een uitvoerig overzicht van de in de grond voorkomende mangaanverbindingen, wordt verwezen naar De Groot [7].

Voor de plantegroei zijn alleen uitwisselbaar en gemakkelijk reduceerbaar mangaan belangrijk. Tezamen worden ze actief mangaan genoemd. Uitwisselbaar mangaan is direct voor de plant beschikbaar en gemakkelijk reduceerbaar mangaan is van belang, doordat het onder bepaalde omstandigheden wordt omgezet tot uitwisselbaar mangaan.

Analysemethodieken

Bij het onderzoek werd ter karakterisering van de mangaantoestand van de grond gebruik gemaakt van twee analysemethodieken: één voor de bepaling van uitwisselbaar mangaan en één voor de bepaling van actief mangaan.

Uitwisselbaar mangaan werd bepaald door middel van extractie met Morgan-oplossing. Dit is een bufferoplossing van azijnzuur en natriumacetaat (pH 4.8). De inzetverhouding was 1 deel grond en 2½ deel extractiemiddel. Actief mangaan werd bepaald met behulp van hetzelfde extractiemiddel, waaraan echter hydroxylamine-hydrochloride als reductiemiddel was toegevoegd. De gevonden hoeveelheid mangaan (Mn) werd bij beide analysemethodieken uitgedrukt in d.p.m. van het extract. De analysemethodieken zijn beschreven door Den Dekker en Van Dijk [4].

De voorbehandeling van de grond op het laboratorium kan de uitkomst van de analyse van uitwisselbaar mangaan beïnvloeden. Het wordt bepaald na droging van de grond bij 45°C [4]. Bij vergelijkend onderzoek naar het gehalte uitwisselbaar mangaan in de veldvochtige en de gedroogde grond bleek het gehalte in de gedroogde grond hoger te zijn dan in de veldvochtige grond. Waarschijnlijk is de stijging onder invloed van het drogen een gevolg van dehydratie.

In figuur 1 is voor een aantal monsters het verband weergegeven tussen de gehalten uitwisselbaar mangaan in veldvochtige en luchtdroge grond. De uitkomst van de analyse van uitwisselbaar mangaan wordt ook beïnvloed door de bewaring van luchtdroge grond. Dit bleek, toen een aantal monsters in luchtdroge toestand werd bewaard en regelmatig geanalyseerd. Het gehalte uitwisselbaar mangaan steeg regelmatig. Het verloop van het gehalte van één van de monsters is in figuur 2 in beeld gebracht. Door Saxena en Baser [15] is stijging van het gehalte uitwisselbaar mangaan door drogen en bewaren eveneens geconstateerd.

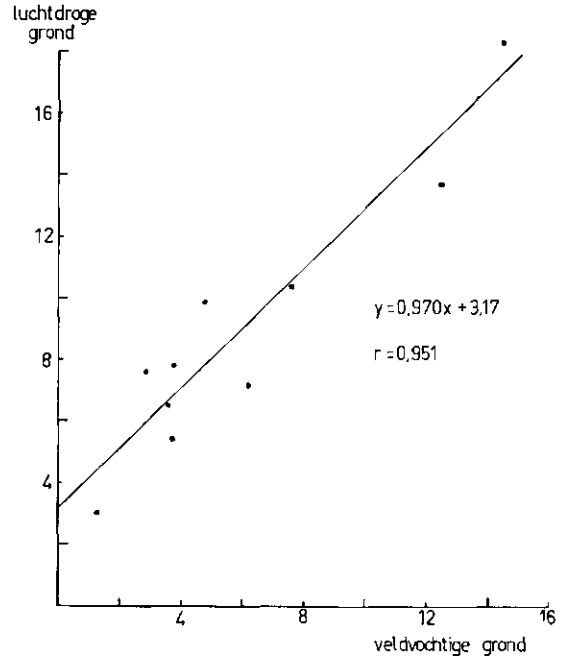


Fig. 1. Het verband tussen de gehalten uitwisselbaar mangaan (d.p.m. Morgan-extract) in veldvochtige en luchtdroge grond.



Fig. 2. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan in een luchtdroge grond bij bewaring.

De invloed van stomen

Omzetting van reduceerbare mangaanverbindingen tot uitwisselbaar mangaan kan zowel door dehydratatie als door reductie worden veroorzaakt [5, 7].

Bij het dehydratatieproces worden complexe mangaanverbindingen ontleend door onttrekking van water. Dit proces kan als volgt worden geformuleerd: $(\text{MnO})_x \cdot (\text{MnO}_2)_y \cdot (\text{H}_2\text{O})_z \rightarrow x \text{MnO} + y\text{MnO}_2 + z\text{H}_2\text{O}$.

Bij het reductieproces wordt zuurstof onttrokken aan de hogere mangaanoxyden. In formule:



Het vrijkomen van uitwisselbaar mangaan bij grondstomen wordt veelal toegeschreven aan dehydratatie [16]. Naast dehydratatie speelt onzes inziens echter ook reductie een belangrijke rol. Dit bleek onder andere uit het onderzoek van een kleigrond, waarvan het gehalte uitwisselbaar mangaan na het stomen belangrijker hoger was dan na dehydratatie (tabel 1). De dehydratatie is volgens de door De Groot [7] omschreven methode uitgevoerd.

Tabel 1. De mangaangehalten (d.p.m. Morgan-extract) van een kleigrond na stomen in vergelijking met de gehalten na dehydratatie. (De bepalingen werden in de luchtdroge grond uitgevoerd).

Behandeling	Uitw. Mn	Actief Mn
Onbehandeld	10	78
Na dehydratatie	29	70
Na stomen	58	74

Tabel 2. Het gehalte uitwisselbaar mangaan (d.p.m. Morgan-extract) van een zandgrond en een kleigrond na verschillende temperatuurbehandelingen. (De bepalingen werden in de luchtdroge grond uitgevoerd).

Temp.	Zandgrond				Kleigrond			
	70°C	85°C	100°C	gem.	70°C	85°C	100°C	gem.
3 uur	9	12	15	12	18	21	30	23
6 uur	9	18	21	16	19	43	65	42
12 uur	11	21	29	20	22	57	88	56
gem.	10	17	22	16	20	40	61	40
	Onbehandeld			10	Onbehandeld			18

De hoeveelheid uitwisselbaar mangaan die bij het grondstomen vrijkomt is groter naarmate de grond meer gemakkelijk reduceerbaar mangaan bevat en naarmate langer gestoomd wordt en de temperatuur die bereikt wordt hoger is. De invloed van deze factoren is duidelijk gebleken uit de resultaten van een laboratoriumproef, waarbij diverse soorten grond verschillende temperatuurbehandelingen ontvingen, door 3, 6 of 12 uur te verhitten bij 70, 85 of 100°C. De verhitting vond plaats in gesloten potten. In tabel 2 is het gehalte uitwisselbaar mangaan van een zandgrond en een kleigrond na de verschillende temperatuurbehandelingen weergegeven. Het gehalte actief mangaan van deze gronden was respectievelijk 32 en 133. De invloed van het temperatuurniveau is eveneens door Dawson [3] geconstateerd bij gebruik van stoom-luchtmengsels. De mangaanomzetting bij het stomen blijft beperkt tot de gemakkelijk reduceerbare mangaanverbindingen. Zelfs door zeer zwaar stomen blijkt het gehalte actief mangaan namelijk niet te stijgen; vaak wordt juist een iets lager gehalte gevonden. In tabel 3 zijn van enkele gronden de gehalten uitwisselbaar en actief mangaan voor en na het stomen weergegeven.

De hoeveelheid actief mangaan in de grond kan sterk variëren en hangt onder meer af van de herkomst van de sedimenten waaruit de grond is gevormd. Binnen dezelfde sedimentatie is vaak een nauwe samenhang met het slibgehalte aanwezig [7]. Dientengevolge zijn de zwaardere gronden doorgaans rijker aan mangaan dan de lichte gronden.

Tabel 3. Het gehalte uitwisselbaar en actief mangaan (d.p.m. Morgan-extract) van enkele gronden voor en na stomen. (De bepalingen werden in de veldvochtige grond uitgevoerd).

Grondsoort	Uitwisselbaar Mn		Actief Mn	
	voor	na	voor	na
Zand	2	32	54	42
Zand	2	29	44	35
Klei	16	64	70	66
Klei	10	70	100	84
Veen	15	66	81	68
Veen	12	34	40	34

Op zuivere duinzandgronden is het gehalte actief mangaan 10 tot 20. Op sterk humeuze zandgronden is het vaak wat hoger. Op klei- of slihboudende veengronden wordt wel 100 tot 150 d.p.m. in het Morgan-extract gevonden.

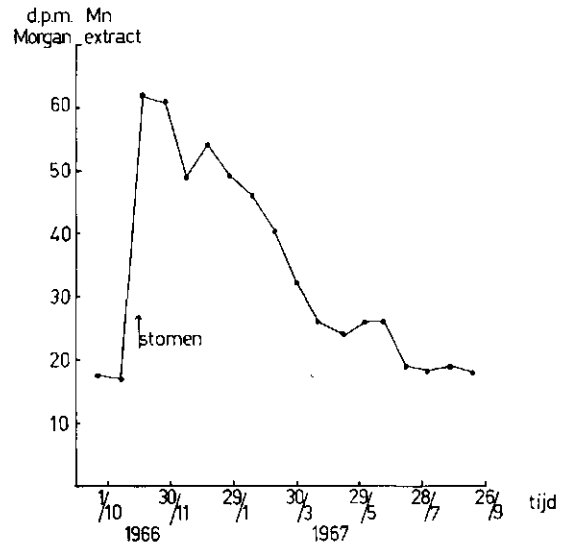
Vastlegging na het stomen

Uitwisselbaar mangaan dat bij het stomen is vrijgekomen, wordt weer omgezet tot reduceerbaar mangaan. Dit proces verloopt vaak zeer langzaam; soms is het gehalte uitwisselbaar mangaan een jaar na het stomen nog niet op het oorspronkelijke niveau teruggekomen (zie figuur 3).

De vastlegging van mangaan verloopt op niet gestoomde gronden veel sneller dan op gestoomde. Dit bleek onder meer uit een incubatieproef waarbij mangaansulfaat werd toegediend aan een zavelgrond die niet gestoomd was in vergelijking met dezelfde grond nadat deze wel was gestoomd. Uit de resultaten van het grondonderzoek dat na de mangaantoeiening werd uitgevoerd, bleek dat het mangaan op de niet gestoomde grond na enkele dagen volledig was vastgelegd. Op de gestoomde grond verliep dit proces veel langzamer (zie tabel 4).

De relatief langzame vastlegging van mangaan na stomen berust wellicht op een verstoring van het micro-biologisch leven in de grond. Bepaalde micro-

Fig. 3. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan van een kleigrond onder invloed van stomen (bepaling in luchtdroge grond).



organismen zijn van invloed op de mangaanoxydatie [1, 6, 12]. Voorts kan worden gedacht aan de versnelde afbraak van organisch materiaal na het stomen. De hoeveelheid en de aard van de organische verbindingen die in de grond aanwezig zijn, kunnen van invloed zijn op de mangaanhuishouding [13, 18]. Indien de grond veel – voor micro-organismen gemakkelijk af te breken – organisch materiaal bevat, kan een gereduceerd milieu ontstaan en de oxydatie van mangaan worden belemmerd [5].

Het verschil in het gehalte uitwisselbaar mangaan tussen de veldvochtige en de luchtdroge grond, zoals dit bij de analysemethodieken is omschreven, wordt direct na het stomen niet gevonden. Dit blijkt uit de in tabel 5 vermelde onderzoekresultaten. De dehydratatie die bij het drogen plaats heeft, is zichtbaar bij het stomen reeds opgetreden. In de periode dat het bij het stomen vrijgekomen mangaan wordt vastgelegd, kan de invloed van het drogen op het gehalte uitwisselbaar mangaan juist groot zijn (zie figuur 4). De pas vastgelegde mangaanverbindingen zijn blijkbaar weinig stabiel.

Tabel 4. De invloed van het toedienen van mangaansulfaat (400 mg $MnSO_4 \cdot H_2O$ per kg droge grond) op de mangaan-gehalten van een zavelgrond in niet gestoomde en gestoomde toestand. Het mangaansulfaat werd op 7 maart door de grond gemengd.

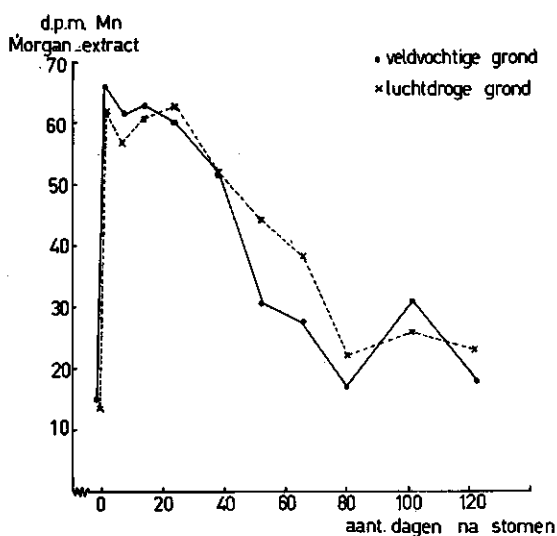
(De gehalten zijn uitgedrukt in d.p.m. van het Morgan-extract; de bepalingen werden in de luchtdroge grond uitgevoerd).

Data	Niet gestoomd				Gestoomd			
	Geen $MnSO_4$		Met $MnSO_4$		Geen $MnSO_4$		Met $MnSO_4$	
stering	uitw.	actief	uitw.	actief	uitw.	actief	uitw.	actief
10/3	8	32	11	71	17	31	54	68
29/3	11	30	17	73	14	34	36	72
28/4	8	30	12	66	9	30	16	66
26/5	8	32	10	73	9	34	13	74

Tabel 5. Het gehalte uitwisselbaar mangaan (d.p.m. Morgan-extract) van enkele gronden direct na het stomen, bij uitvoering van de bepaling in de veldvochtige en in de luchtdroge grond.

Grondsoort	Uitwisselbaar Mn	
	Veldvochtig	Luchtdroog
Zand	32	36
Zand	29	32
Klei	64	58
Klei	70	62
Veen	66	62
Veen	34	22

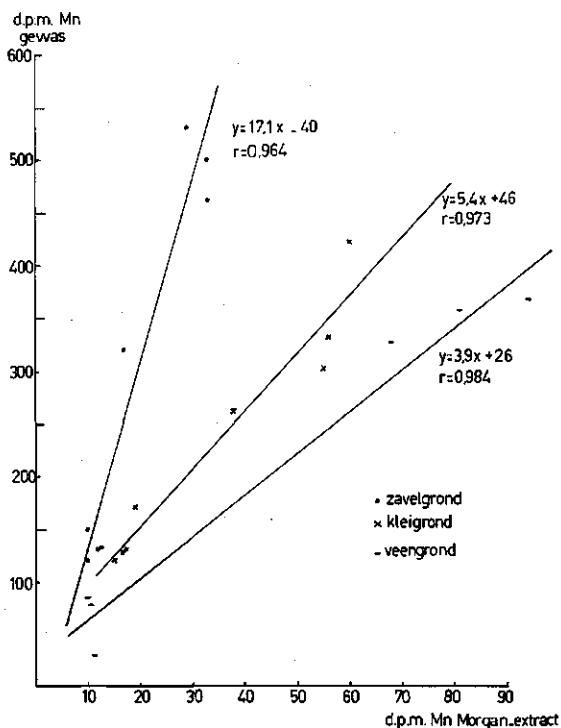
Fig. 4. Het verloop van het gehalte uitwisselbaar mangaan op een gestoomde grond bij uitvoering van de bepaling in de veldvochtige en in de luchtdroge grond.



Mangaanopname van sla

Uit de resultaten van verschillende pottenproeven is gebleken, dat de mangaanopname van sla sterk af-

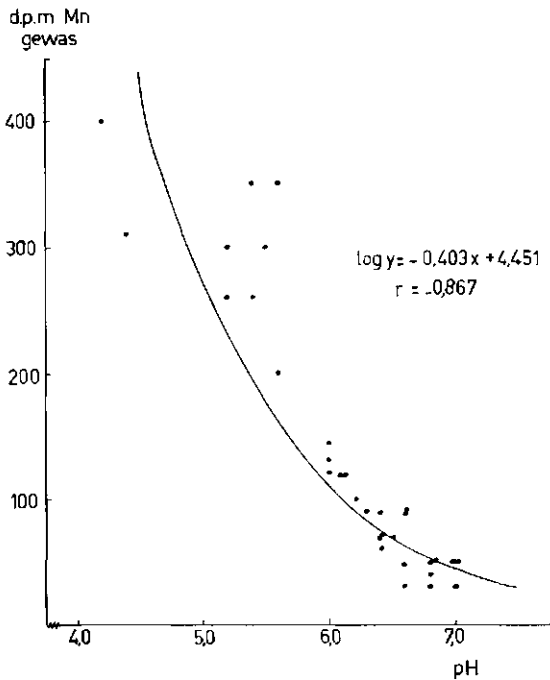
Fig. 5. Het verband tussen het gehalte uitwisselbaar mangaan van de grond en het mangaangehalte van sla op verschillende grondsoorten (De bepalingen werden in de luchtdroge grond uitgevoerd).



hankelijk is van de hoeveelheid uitwisselbaar mangaan in de grond. Tussen het gehalte uitwisselbaar mangaan in de grond en het mangaangehalte van het gewas werd doorgaans een nauw gecorreleerd lineair verband gevonden.

Naast de hoeveelheid uitwisselbaar mangaan is ook de aard van de grond van grote invloed op de mangaanopname van de plant. Bij een gelijk mangaangehalte is de opname van mangaan op gronden met een gering adsorptiecomplex belangrijk groter dan op gronden met een groot adsorptiecomplex (figuur 5).

Fig. 6. Het verband tussen de pH van de grond en het mangaangehalte van sla.



Uitwisselbaar mangaan is op laatstgenoemde gronden sterker aan het adsorptiecomplex gebonden dan op eerstgenoemde, waardoor de beschikbaarheid geringer is.

Ook de pH beïnvloedt de mangaanopname. Bij een lage pH blijkt bij veel gewassen de mangaanopname zeer groot te zijn [2, 9, 14]. Voor sla kan dit worden gedemonstreerd met de resultaten van een bepalingsproef op verschillende grondsoorten. In figuur 6 is het verband weergegeven, dat werd gevonden tussen het mangaangehalte van het gewas en de pH van de grond. Het verband tussen genoemde grootheden is lineair niet goed te benaderen. Na logaritmische transformatie van de mangaangehalten van

het gewas werd een vrij goede benadering verkregen. Bij lager wordende pH neemt het mangaangehalte van het gewas blijkbaar steeds sneller toe.

De mangaanopname van verschillende gewassen wordt beïnvloed door fosfaattoediening aan de grond. De invloed van het fosfaat is niet steeds gelijk: soms wordt de mangaanopname van de gewassen door het toedienen van fosfaat vergroot en soms juist vermindert [14]. Daar voor het toedienen van fosfaat doorgaans mono-calciumfosfaat wordt gebruikt, is het mogelijk dat de invloed van het fosfaat op de mangaanopname geen direct gevolg is van de aanwezigheid van de grotere hoeveelheid fosfaat, maar voortvloeit uit veranderingen van de pH bij toediening van deze meststof. Het onderzoek van Messing met sla op gestoomde grond [10] wijst hierop.

De opname van mangaan kan voor de verschillende slarassen vrij sterk uiteenlopen. Zo vond Messing [11] bij een slateelt in zandcultuur vrij grote verschillen tussen de mangaangehalten van diverse rassen. In een pottenproef op het Proefstation te Naaldwijk werden tussen de rassen Profos en Resistent bij verschillende mangaantrappen geen duidelijke verschillen gevonden (tabel 6). Andere in Nederland gebruikelijke rassen zijn in dit opzicht nog niet in proeven vergeleken.

Tabel 6. Het mangaangehalte in het gewas (d.p.m. van de droge stof) bij twee verschillende slarassen.

Ras	mg $MnSO_4 \cdot H_2O$ /l grond			
	0	200	400	800
Profos	130	180	260	720
Resistent	120	200	260	930

Mangaanovermaat

Door een te grote opname van mangaan kan de ontwikkeling van diverse gewassen nadelig worden beïnvloed. Tussen de gewassen bestaan grote verschillen in gevoeligheid voor een te grote mangaanopname.

Door Joham en Amin [8] werd de volgende indeling gemaakt:

Gevoelig : schade bij 500 d.p.m. of minder
 Matig gevoelig : schade bij 500 d.p.m. tot 1000 d.p.m.
 Weinig gevoelig: geen schade bij 1000 d.p.m.

De vermelde gehalten zijn uitgedrukt op de droge stof. Tot de minder gevoelige gewassen behoort o.a. de tomaat. Bonen en sla behoren tot de gevoelige gewassen. Messing [10] constateerde bij sla reeds lichte overmaatsymptomen bij een mangaangehalte in het gewas tussen 200 en 500 d.p.m. Op het Proefstation te Naaldwijk zijn soortgelijke ervaringen opgedaan. In sla die mangaanovermaat vertoonde, bleek op het droge materiaal 300 d.p.m. mangaan of meer aanwezig te zijn [17].

De verschijnselen van mangaanovermaat bij sla zijn niet altijd gelijk. Afhankelijk van de ouderdom van het gewas, de teeltomstandigheden en het ras kan het beeld variëren. Messing [10] beschreef bij lichte aantasting het beeld als zwak chlorotische randen met verspreid voorkomende necrotische plekken op de oudere bladeren. Bij proeven op het Proefstation te Naaldwijk werd bij het ras Profos in een jong stadium door mangaanovermaat ook chlorose waargenomen. Op de bladeren vertoonden zich dan chlorotische plekken. Het meest kenmerkende beeld was echter bruinkleuring van de nerven van de ouderen bladeren in later stadium.

Door groeiremming die optreedt als gevolg van te grote mangaanopname, wordt het kroggewicht nadelig beïnvloed. Mogelijk is de invloed op het kroggewicht relatief groter, naarmate de omstandigheden voor de groei ongunstiger zijn. Deze indruk werd verkregen uit de resultaten van een pottenproef met sla waarin het effect van vier mangaantrappen werd nagegaan onder zowel normale als gereduceerde lichthoeveelheid. De lichtintensiteit werd bij de behandelingen met de gereduceerde lichthoeveelheid teruggebracht tot ongeveer één derde. In tabel 7 zijn de proefresultaten weergegeven. De invloed van het mangaan op het kroggewicht is bij de gereduceerde lichthoeveelheid relatief groter dan bij de normale lichthoeveelheid.

Tabel 7. De invloed van mangaan op het kroggewicht van sla.

MnSO ₄ .H ₂ O mg/l grond	Normale licht- hoeveelheid			Gereduceerde licht- hoeveelheid		
	d.p.m. Mn		kroggewicht relatief	d.p.m. Mn		kroggewicht relatief
	gewas	g/stuk		gewas	g/stuk	
0	90	189	100	80	56	100
200	290	182	96	330	53	94
400	540	181	96	440	44	78
800	1360	165	87	1402	42	75

Naast een lager kroggewicht wordt onder lichtarme omstandigheden als gevolg van groeiremming vaak ook een slechte kropvorming verkregen. De buitenste bladeren sluiten zich dan over de nog onvoldoend ontwikkelde krop: het zogenaamde 'tuiten'.

Voortzetting van het onderzoek

In het besproken onderzoek werd de invloed van enkele factoren, die van invloed zijn op de mangaanhuishouding nagegaan. Het onderzoek wordt voortgezet. Hierbij zal in de eerste plaats aandacht worden besteed aan de oorzaak van de zeer langzame vastlegging van mangaan na het grondstomen. Voorts zal worden nagegaan welke middelen de mangaanvastlegging kunnen bevorderen.

Samenvatting

Het stomen van grond heeft grote invloed op de beschikbaarheid van de daarin aanwezige mangaanverbindingen. Gemakkelijk reduceerbaar mangaan wordt omgezet tot uitwisselbaar mangaan. De hoeveelheid uitwisselbaar mangaan in de grond kan na het stomen zo groot zijn, dat bij sla mangaanovermaat kan optreden.

Uitwisselbaar mangaan dat bij het stomen is vrijgekomen wordt slechts zeer langzaam vastgelegd. Dit

is één van de oorzaken, waardoor de stateelt op mangaanrijke gronden na het stomen minder goede resultaten geeft.

Literatuur

1. Anderson, O. E.: Manganese. Georgia Agricultural Experiment Stations. Bulletin N.S. 126, (1964): 33-44.
2. Beer, K. Einfluß von Kalkung und Düngen auf die Dynamik der Manganfraktionen in Thüringer Bentsandsteinverwitterungsböden und auf die Manganaufnahme von *Solanum tuberosum* L. Albrecht Thaer Archiv, 10 (1966): 909-926.
3. Dawson, J. R., R. A. H. Johnson, P. Adams and F. T. Last: Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that effect seedling growth. Ann. App. Biol., 56, (1965): 243-251.
4. Dekker, P. A. den en P. A. van Dijk: Analysemethoden in gebruik op het bodemkundig laboratorium van het Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk. (niet gepubliceerd).
5. Fujimoto, C. K. and G. D. Sherman: Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Science, 66, (1948): 131-145.
6. Gerritsen, F. C.: Manganese deficiency of oats and its relation to soil bacteria. Ann. Bot., 1, (1937): 207-230.
7. Groot, A. J. de: Mangaantoeestand van Nederlandse en Duitse holocene sedimenten in verband met silttransport en bodemgenese. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen, 69.7, (1963).
8. Joham, H. E. and J. V. Amin: The influence of foliar and substrate application of manganese on cotton. Plant and Soil, 26, (1967): 369-379.
9. Lingle, R. H., R. H. Sciaroni, B. Lear and J. R. Wight: The effect of soil liming and fumigation on the manganese content of Brussels sprouts leaves. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 78, (1961): 310-318.
10. Messing, J. H. L.: The effects of lime and superphosphate on manganese toxicity in steam-sterilized soil. Plant and Soil, 23, (1965): 1-16.
11. Messing, J. H. L.: Some differences in the growth of lettuce varieties at a high manganese level in sand culture. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst., 1964, (1965): 142-148.
12. Motomura, S.: Studies on the oxidative sediments in paddy soils I. Occurrence of manganese sediments in paddy soils. J. Sci. S. Man., 35, (1964): 431-437. S. Sci. Pl. Nutr., 11, (1966): 139.
13. Motomura, S.: Studies on the oxidative sediments in paddy soils II. Estimation of the amount of manganese oxidizing bacteria in paddy soils. J. Sci. S. Man., 37, (1966): 263-268. S. Sci. Pl. Nutr. 12, (1966): 124.
14. Page, E. R., E. K. Schofield-Palmer and A. J. Macgregor: Studies in soil and plant manganese. Plant and Soil, 19, (1963): 255-264.
15. Saxena, S. N. and B. L. Baser: Studies on manganese fractions and their utilization in Mewar soils of Rajasthan. J. Ind. Soc. S. Sci., 12, (1964): 399-403.
16. Sherman, G. D.: Manganese and soil fertility. U.S.D.A., The 1957 yearbook of agriculture (Soil): 135-139.
17. Sonneveld, C.: Mangaanovermaat bij sla als gevolg van grondstomen. Jaarverslag van het Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas 1966: 37-39.
18. Tsypanova, A. N.: Seasonal dynamics of mobile manganese in some soils of the sub-zone of the central taiga in the Komi A.S.S.R. Pochvovedenie, 3, (1967): 121-127.

Summary

The manganese condition of the soil and the fixation of manganese in lettuce on steam-sterilized soil - C. Sonneveld, Research Station for Fruit and Vegetable Growing under Glass, Naaldwijk.

Soil steaming greatly influences the available manganese compounds in the soil. Easily reducible manganese is converted into exchangeable manganese. The quantity of exchangeable manganese in the soil can, after steaming, be so great that it may cause an excess of manganese in lettuce.

Exchangeable manganese which has been released during steaming, is fixed but very slowly. This may be one of the reasons for the not quite favourable results of lettuce cultivation on soils rich in manganese after steaming.