

(1959)



**SONDERDRUCK**

aus

**13. SONDERHEFT**

zur Zeitschrift »Landwirtschaftliche Forschung«

zugleich Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher  
Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Herausgegeben von: G. Bredemann, Hamburg; L. Meyer, Stuttgart-Hohenheim; F. Scheffer, Göttingen;  
L. Schmitt, Darmstadt; W. Wöhlbier, Stuttgart-Hohenheim

**5:B 1701**

XII

# Magnesium - Boden - Pflanze



J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

~~Januar? (nr 1959)~~

## Beziehungen zwischen Magnesium-Gehalt und Ertrag belgischer Böden

Von D. F. Stenuit (Leuven — Belgien)

Seit 1951 werden vom Bodenkundigen Dienst von Belgien in Heverlee ausgedehnte Untersuchungen über das Magnesium in Boden und Pflanze durchgeführt.

Das erste Ziel dieser Forschungen war die Erzeugung von Mg-Mangel bei den verschiedenen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Gewächsen. Die typischen Mangelerscheinungen wurden beschrieben und die fotografischen Aufnahmen zu einem Farbatlas zusammengestellt.

Das zweite Ziel war die Auffindung von Analysenmethoden, die am besten zur Mg-Mangelbestimmung mittels Bodenanalyse geeignet sind; für jede Methode wurden die vorläufigen Grenzzahlen festgestellt, unterhalb deren in den belgischen Sandböden normalerweise starker Mg-Mangel bei Hafer erwartet werden kann, nämlich für die Acetat-Methode 0,6 mg MgO/100 g Boden und für die Aspergillus niger-Methode 5,0 mg MgO. Als obere Grenzzahlen, oberhalb deren kein Mg-Mangel mehr auftritt, haben wir 2,5 bzw. 9,0 mg MgO angesetzt. Arbeiten hierzu findet man in den

Veröffentlichungen der „Revue de l'Agriculture“ (Brüssel).

Die dritte Aufgabe umfaßte die Prüfung dieser vorläufigen Grenzzahlen in Feldversuchen und das Ausfindigmachen von Nebenfaktoren, die das Auftreten von Mg-Mangel beeinflussen.

Mg-Mangel tritt in Belgien am häufigsten auf Sandböden und besonders bei Hafer, Gerste, Kartoffeln, in der Baumschule und im intensiven Obstbau auf. Auch auf Sandlehm Böden ist er relativ häufig. Auf Lehmböden wird bei den gewöhnlichen Feldfrüchten weniger Mg-Mangel beobachtet, mehr jedoch im intensiven Obstbau. In Tonböden tritt Mg-Mangel nur ausnahmsweise auf, in marinen Tonböden kommt er nie vor.

Wir werden uns auf eine kurze Besprechung des Einflusses von Mg-Mangel auf die Ernterträge beschränken. In diesem Zusammenhang

erwähnen wir hier einige allgemeine Feststellungen, die wir sowohl in Gefäßversuchen als auch auf unseren Versuchsfeldern machen konnten.

1. *Mg-Mangel* verursacht in der Pflanze eine *Abnahme des Kohlenhydratgehaltes*, so daß das Korn ein geringeres *spezifisches Gewicht* aufweist. Im Durchschnitt erhöht eine *Mg-Düngung* auf *Mg-armen Feldern* das spezifische Gewicht von Hafer um etwa 5,5%.

2. Bei *Getreide* ist der Einfluß von *Mg* auf das *Korn* immer erheblich *größer* als auf *Stroh*. Auf gewissen *Mg-armen Feldern* übte eine *Mg-Düngung* sogar einen *negativen Einfluß* auf den *Strohertrag* aus.

3. Auf allen Feldern, auf denen eine *Mg-Düngung* eine *Ertragssteigerung* verursachte, wurden auch immer *Mg-Mangelerscheinungen* bei *Hafer* beobachtet. Umgekehrt verursachte eine *Mg-Düngung* nicht immer eine *Ertragssteigerung*, wo *Mg-Mangelerscheinungen* vorhanden waren. Die Erfahrung hat uns seitdem gelehrt, daß bei einer *leichten Tigerung* des Hafers der *Ertrag* meist kaum auf eine *Mg-Düngung* reagiert.

### I. Die Mg-Düngung auf Sandböden

Während der Jahre 1953—1955 wurden auf höhergelegenen und ziemlich trockenen *Sandböden* 75 Versuchsfelder angelegt, um den Einfluß des *Mg-Gehaltes* des Bodens auf die Wirkung einer *Mg-Düngung* zu ermitteln. Diese Versuchsfelder umfaßten 4 Wiederholungen mit *Hafer* und *Kartoffeln* als Versuchspflanzen.

#### 1. Einfluß auf Hafer

In Tab. 1 geben wir die relativen *Getreideerträge* an, die wir auf Parzellen, die 500 kg *MgSO<sub>4</sub>* empfangen, erhalten haben (ausgedrückt in % der *Nullparzellen* ohne *Mg*). Wenn wir die *Felder* nach dem *Mg-Gehalt* einteilen, so stellt sich heraus, daß die durch eine *Mg-Düngung* erhaltene *Ertragserhöhung* in indirektem Verhältnis zum *Mg-Gehalt* des Bodens steht. Bei geringem *Mg-Gehalt* (d. h. weniger als 0,6 mg *MgO*) wird im Durchschnitt eine *Ertragserhöhung* des *Getreides* um mehr als 23% erhalten.

Hier soll aber auch gesagt werden, daß alle Versuchsfelder etwa 18 to *Stalldünger*/ha

empfangen; dadurch ist der Einfluß der *Mineral-Düngung* sicher vermindert worden.

Tabelle 1

*Einfluß einer Mg-Düngung auf den Getreideertrag von Hafer bei verschiedenen Mg-Gehalten des Bodens (Na-Acetat-Methode)*

MgO-Gehalt mg/100 g Boden	Anzahl Felder	Durchschnittlicher relativer Ertrag (Nullparzelle, ohne Mg = 100)
< 0,6	9	123,4
0,6 — 1,0	17	110,2
1,0 — 2,0	6	103,0
> 2,0	7	96,9

Um die Beziehung zwischen dem *pH* und dem Einfluß einer *Mg-Düngung* zu untersuchen, haben wir die Erträge von 26 Feldern mit ungefähr gleichem *Mg-Gehalt* in 4 *pH-Klassen* eingeordnet. Tab. 2 zeigt deutlich, daß eine *Mg-Düngung* im *stark sauren* Milieu einen beträchtlich *größeren* Einfluß auf den *Ertrag* ausübt als im *leicht sauren* oder *alkalischen* Milieu. Die Wirkung einer *Mg-Düngung* auf *Sandböden* wird also sowohl durch den *pH-Wert* als auch durch den *Mg-Gehalt* des Bodens beeinflusst. Wie dies erklärt werden kann, bleibt vorläufig noch offen; wir nehmen diese Frage jetzt in Angriff. In diesem Zusammenhang haben wir weiter festgestellt, daß zwischen dem *pH-Wert* und dem Vorkommen von *Mg-Mangelerscheinungen* eine *Korrelation* vorhanden ist.

Tabelle 2

*Einfluß einer Mg-Düngung auf den Getreideertrag von Hafer bei verschiedenen pH-Werten, aber gleichem Mg-Gehalt des Bodens (< 1,0 mg MgO nach der Na-Acetat-Methode)*

pH (KCl)	Relative Erträge
< 4,0	124,3
4,0 — 4,5	107,9
4,5 — 5,0	102,8
> 5,0	94,3

*Mg-Mangel* tritt also hauptsächlich auf *stark sauren* Böden auf und in geringerem Maße

auch auf sehr kalkreichen, bei normalen pH-Werten im Boden kommt Mg-Mangel am seltensten vor.

gung. Selbst auf Böden mit einem Mg-Gehalt unter 0,6 mg MgO/100 g Boden bekamen wir nur durchschnittlich 0,9% Ertragssteigerung.

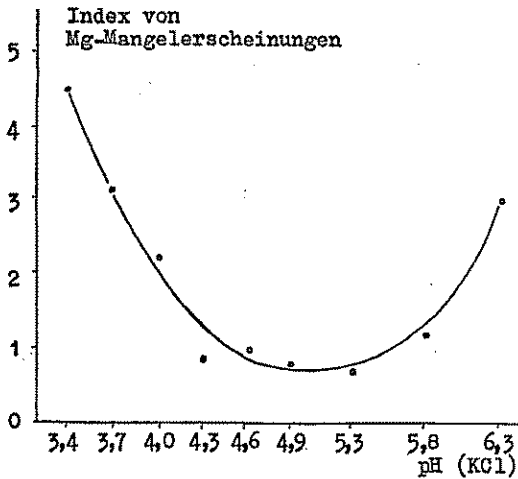


Abb. 1

Beziehung zwischen pH und Mg-Mangelerscheinungen bei Hafer auf Sandböden

In Abb. 1 ist der Grad des Mg-Mangels von 209 Feldern angegeben; der Grad wird durch den Index 0—5 gekennzeichnet, wobei 5 „starke Vergilbung bei 100% der Pflanzen“ und 0 „keine Mangelerscheinungen, nicht einmal Tigerung“ bedeutet. 1—4 sind Zwischenstadien. In Abb. 1 sind die durchschnittlichen Indexe einer pH-Gruppe dargestellt.

Die Mg-Mangelerscheinungen sind also auf haferbestandenen Sandböden bei stark saurer Reaktion am stärksten, und eine Mg-Düngung hat auf diesen Böden die größte Wirkung.

Auf Grund von Feldversuchen über die Höhe der Mg-Düngung können wir folgern, daß für haferbestandene, Mg-arme belgische Sandböden eine Düngergabe von 100—250 kg MgO/ha optimal ist.

## 2. Einfluß auf Kartoffeln

Auf 35 zweijährigen Kartoffelversuchsfeldern wurde der Einfluß einer Düngung mit 500 kg MgSO<sub>4</sub>/ha auf den Knollenertrag untersucht. Wenn wir diese Felder nach ihrem Mg-Gehalt einteilten (s. Tab. 3), fanden wir nur eine sehr geringe Korrelation zwischen diesem Mg-Gehalt und der Wirkung einer Mg-Dün-

Tabelle 3

Einfluß einer Mg-Düngung auf den Kartoffelertrag bei verschiedenen Mg-Gehalten des Bodens (Na-Acetat-Methode)

MgO-Gehalt mg/100 g Boden	Anzahl Felder	Durchschnittlicher relativer Ertrag (Nullparzelle, ohne Mg = 100)
< 0,6	7	100,9
0,6 — 1,0	11	99,8
1,0 — 2,0	5	95,7
> 2,0	12	101,3

Man kann sich mit Recht fragen, wie es möglich ist, daß eine Mg-empfindliche Pflanze wie die Kartoffel auf diesen Mg-armen Böden nicht stärker auf eine Düngung reagiert. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß die Versuchsfelder die ortsübliche Stalldüngergabe von 40 to/ha erhielten, die 200—400 kg MgSO<sub>4</sub>/ha entspricht. Außerdem muß die angebaute Varietät „Bintje“ nach Sluysmans als wenig empfindlich angesehen werden.

## II. Die Mg-Düngung auf Lehm Böden

Obwohl die Kulturen auf belgischen Lehm Böden (Löß) nur wenig Mg-Mangelerscheinungen zeigen, haben wir auch hier auf 29 Haferversuchsfeldern und 21 Rübenversuchsfeldern den Einfluß einer Mg-Düngung untersucht. Auch diese Böden wurden regelmäßig mit Stallmist gedüngt.

### 1. Einfluß auf Hafer

Bei keinem von den 29 Feldern konnten wir hohe Ertragsunterschiede feststellen: die höchste Ertragssteigerung betrug 8,1% und die größte Ertragsabnahme 7,4%. Die durch eine Mg-Düngung mit 500 kg MgSO<sub>4</sub>/ha erzielte durchschnittliche Ertragssteigerung betrug nur 0,9%.

Aus dem Mg-Gehalt des Bodens allein können wir nicht ersehen, ob der Hafer auf Lehm-böden eine Zusatzdüngung braucht oder nicht. Dies geht aus Tab. 4 hervor.

Diese Mg-Gehalte sind in *Na-Acetat-Auszügen* bestimmt, aber die Werte nach der *Aspergillus niger-Methode* liefern dasselbe Ergebnis.

Tabelle 4

*Einfluß einer Mg-Düngung auf den Haferertrag auf Lehm Böden (LÖB)*

MgO-Gehalt mg/100 g Boden	Anzahl Felder	Durchschnittliche Ertrags- steigerung oder Abnahme in %
< 5	4	-2,1
5—10	8	-0,8
10—15	3	+1,8
> 15	4	+1,9

Aus den Daten dieser Versuchsfelder haben wir folgende Schlüsse ziehen können:

1. Alles scheint darauf zu deuten, daß bei einem höheren Gehalt an *austauschbaren Basen* im Boden auch ein *höherer Mg-Gehalt* notwendig ist.

2. Bei *höheren pH-Werten* (die mit einem größeren Basenreichtum und höherem Ca-Gehalt verbunden sind) ist auch ein *höherer Mg-Gehalt* notwendig.

Über die Wirkung einer Mg-Düngung auf den Haferertrag auf stark sauren Lehm Böden liegen mangels einer genügenden Anzahl saurer Böden keine Daten vor. Die Untersuchungen über eine Mg-Düngung von Lehm Böden werden aber noch fortgeführt.

### 2. Einfluß auf Zuckerrüben

Eine Düngung mit 600 kg MgSO<sub>4</sub>/ha hatte auf diesen *Lehmversuchsfeldern* keinen oder nur *geringen* Einfluß auf *Wurzel-ertrag* und *Zuckergehalt* von Zuckerrüben (Tab. 5). Hier soll bemerkt werden, daß unter den untersuchten Böden keine echten Mg-armen Böden waren. Der Boden mit dem niedrigsten Mg-Spiegel hatte noch einen Gehalt von 5 mg MgO, was im Vergleich zu den Sandböden hoch ist. Im Gegensatz zu den Sandböden gibt es hier keine stark Mg-armen Böden.

Von den beiden Böden, die stark auf die Mg-Düngung ansprachen, war einer stark mit *Nematoden* infiziert (Nr. 217) und der andere (Nr. 220) *stark sauer*,

Es besteht also die Möglichkeit, daß auch Böden mit hohem Ca- und anderem Basen-Gehalt auf Mg-Düngung ansprechen; unsere Untersuchungen werden in dieser Richtung weitergeführt.

Zusammenfassend hat sich ergeben, daß *kein* Zusammenhang zwischen dem *Mg-Gehalt* des Bodens und dem Vorkommen von *Mg-Mangelerscheinungen* bei *Rüben* auf Lehm Böden festzustellen war. Die Untersuchungen über die Mg-Düngung von Lehm Böden werden aber noch fortgeführt.

Tabelle 5

*Beziehungen zwischen dem MgO-Gehalt von Lehm Böden und dem Einfluß einer Mg-Düngung auf die Zuckerrübe*

Feld Nr.	MgO-Gehalt mg/100 g Boden	Relativer Ertrag	
		Pro Feld	Mittel
229	4,95	95,9	102
216	5,78	106,9	± 3,2
233	6,00	103,1	
215	6,72	102,6	
225 a	6,85	96,9	
226	7,35	113,6	101,7
225 b	8,15	103,7	± 2,4
227	8,93	95,0	
219	9,43	95,8	
221	9,88	104,1	
230	10,22	103,9	
228	11,02	103,1	
224	11,37	106,0	
213	12,30	101,7	
223	12,50	100,3	101,4
232	12,60	98,8	± 0,8
214	12,73	103,2	
218	13,45	100,7	
231	13,48	96,8	
222	14,10	101,1	
220	15,57	149,8	129,8
217	22,83	109,8	± 2,0

### III. Mg-Mangel im intensiven Obstbau

In den Jahren 1955, 1956 und besonders 1957 wurden Bodenproben von 64 *Apfel-*(Buschbaum-) *Plantagen* auf *Sandböden* untersucht und die Ergebnisse mit dem Grad der *Mg-Mangelerscheinungen* an Bäumen verglichen,

Die Empfindlichkeit gegen Mg-Mangel ist je nach Unterlage und Varietät verschieden; die empfindlichsten Varietäten sind: Lombardscalville, Golden Delicious, Jonathan. Wenig empfindlich sind Transparente Blanche, Schöne van Boskop, James Grieve.

Aus den Untersuchungen in diesen 64 Apfelplantagen konnten wir folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Zwischen dem Mg-Gehalt des Bodens und dem Vorkommen von Mg-Mangelercheinungen an Obstbäumen besteht eine Korrelation (s. Tab. 6). In dem hier verwendeten Index für Mg-Mangelercheinungen bedeutet 5: Mangelercheinungen kommen auf allen Blättern vor, die Blätter fallen frühzeitig ab, ausgenommen die obersten Blätter; Index 0 deutet auf einen normalen Wuchs und Blattstand, Index 1—4 sind Zwischenstadien. Für jede Gruppe wurde der durchschnittliche Index der Mangelercheinungen berechnet.

Auf Sandböden mit einem MgO-Gehalt < 5 mg (Na-Acetat) ist das Auftreten von starkem Mg-Mangel sehr wahrscheinlich, bei einem

Tabelle 6

Beziehung zwischen dem MgO-Gehalt eines Bodens und dem Vorkommen von Mg-Mangelercheinungen im intensiven Obstbau auf Sandböden

MgO-Gehalt in mg/100 g Boden	Durchschnittlicher Index
< 1	5,00
1 — 5	2,57
5 — 10	1,68
10 — 15	1,31
15 — 20	1,16
> 20	1,16

MgO-Gehalt < 1 mg praktisch sicher. Bei Böden, die mehr als 5 mg MgO enthalten, ist kein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Mg-Gehalt und dem Auftreten von Mg-Mangel mehr vorhanden.

2. Außer dem Mg-Gehalt gibt es also noch andere Faktoren, die für das Auftreten von Mg-Mangel wichtig sind, nämlich der Gehalt an austauschbaren Basen. Tatsächlich konnten

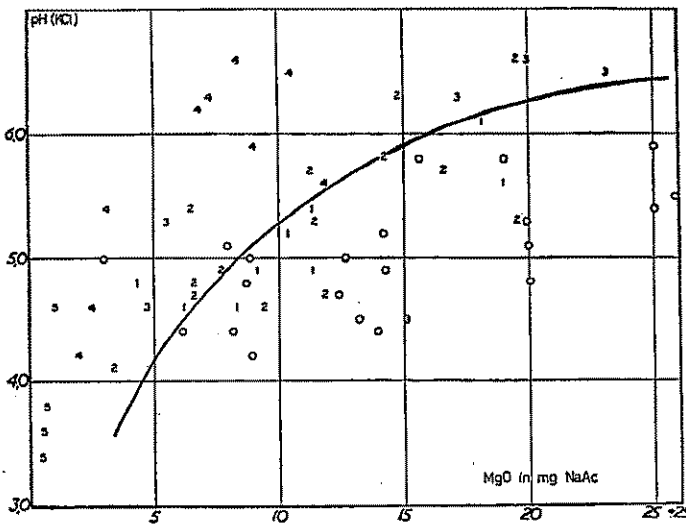


Abb. 2

Einfluß des Mg-Gehaltes von Sandböden auf das Vorkommen von Mg-Mangelercheinungen an Äpfeln und pH-Wert (KCl)

wir feststellen, daß trotz hohen Mg-Gehaltes noch Mg-Mangel vorkommt, wenn der Boden relativ reich an anderen Basen ist. Das pH eines Bodens ist, wenigstens teilweise, ein Ausdruck des Basenzustandes, und zwar besonders

stark in unseren Sandböden. Man kann also wohl erwarten, daß ein Mg-Gehalt sowohl nach dem pH-Wert wie auch nach dem Gesamtgehalt an austauschbaren Basen beurteilt werden kann. Dies geht aus Abb. 2 hervor.

Die Kurve von Abb. 2 ist empirisch gezogen: oberhalb dieser Linie besteht starke Mg-Mangel-Gefahr, und zwar um so stärker, je weiter der Punkt von der Linie entfernt ist. Unterhalb der Linie ist die Gefahr des Auftretens von starkem Mg-Mangel geringer, und zwar um so geringer, je weiter der Punkt von der Linie entfernt ist.

3. Ein letzter Punkt, den wir berücksichtigen

wollen, ist das *Kalium/Magnesium-Verhältnis* (Gewichtsverhältnis).

In Abb. 3 wird das  $K_2O/MgO$ -Verhältnis im Boden wiedergegeben. Bei einem  $K_2O/MgO$ -Verhältnis  $> 3$  tritt nahezu allgemein starker Mg-Mangel an Apfelbäumen auf. Bei einem  $K_2O/MgO$ -Verhältnis  $< 1,5$  ist die Gefahr des Auftretens von Mg-Mangel gering.

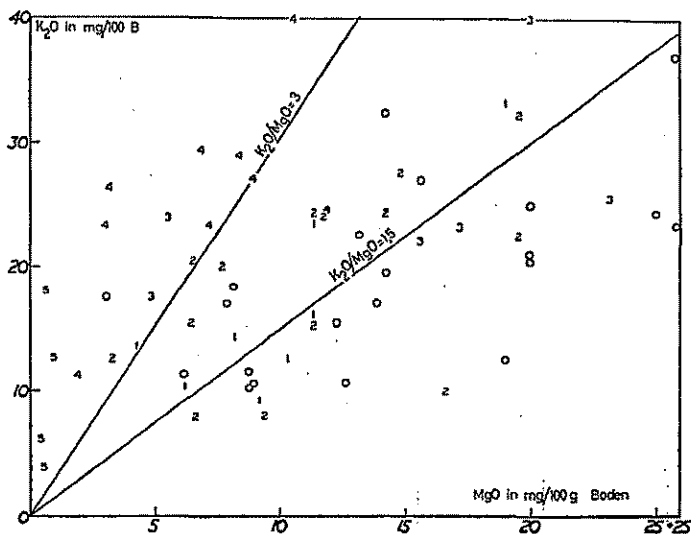


Abb. 3

Einfluß des  $K_2O/MgO$ -Verhältnisses auf das Vorkommen von Mg-Mangelercheinungen an Äpfeln auf Sandböden

### Schlussfolgerungen

Obwohl die Untersuchungen noch fortgeführt werden, können wir doch jetzt schon folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Wir haben für die belgischen Sandböden die Grenzzahlen für Mg-Mangel bei gleichzeitiger Düngung mit Stallmist feststellen können. Normalerweise kann man bei Hafer bei einem  $MgO$ -Gehalt unter  $0,6 \text{ mg}/100 \text{ g}$  Boden (*Na-Acetat-Methode*) bzw.  $5 \text{ mg}$  (*Aspergillus niger-Methode*) Mg-Mangel erwarten. Bei Werten von mehr als  $2,5 \text{ mg}$  (*Na-Acetat-Methode*) bzw.  $9 \text{ mg}$   $MgO$  (*Aspergillus niger-Methode*) ist kein Mg-Mangel zu befürchten. Es ist möglich, daß die Mg-Werte (*Titangelb-Methode*) mittels Extraktion durch Na-Acetat-Lösung infolge Anwesenheit von Störionen (Al, Fe, Mn) zu niedrig liegen. Dies könnte daraus gefolgert werden, daß die mittels Flammenphotometer bestimmten Werte höher liegen als die mit

Titangelb bestimmten Werte. Dies würde auch die großen Unterschiede erklären, die zwischen den Na-Acetat-Werten und den Aspergillus-Werten vorhanden sind.

2. Auf Sandböden wirkt eine Mg-Düngung am stärksten auf Böden mit einem Mg-Gehalt (*Na-Acetat*)  $< 0,6 \text{ mg}$   $MgO$  und auf den am stärksten sauren Böden. Bei normaler Düngung mit Stalldünger ist der Einfluß der Mg-Düngung auf den Kartoffelertrag sehr gering.

3. Auf Lehm Böden (Löß) kommt sehr wenig Mg-Mangel vor. Aus dem Mg-Gehalt des Bodens allein kann man keine Schlüsse auf die Düngebedürftigkeit des Lehm Bodens ziehen. Bei einem höheren Gehalt des Bodens an austauschbaren Basen ist auch ein höherer Mg-Gehalt notwendig.

4. Im Obstbau soll der Mg-Zustand nicht nur nach dem Mg-Gehalt, sondern auch nach dem pH und dem Kalizustand des Bodens beurteilt

werden. Für den intensiven Apfelanbau auf belgischen Sandböden soll das  $K_2O/MgO$ -Verhältnis immer  $\leq 2$  sein.

#### Schrifttum

1. Stenuit, D., et Piot, R.: Symptômes de carence en magnésie chez les plantes agricoles et horticoles. Service Pédologique de Belgique, Héverlé 1954.
2. Stenuit, D., en Piot, R.: Magnesium, hoofdelement voor de plantenvoeding. Landbouwtijdschrift, Brüssel  
eerste deel: Nr. 7-8, 1957  
tweede deel: Nr. 3, 1958  
derde deel: Nr. 6, 1958.
3. Ferrari, Th. J., en Sluysmans, C. M.: Factoren bepalend voor het optreden van tijgering bij haver. Landbouvoorlichting 2, 1955.
4. Schachtschabel, P.: Der Magnesiumversorgungsgrad nordwestdeutscher Böden und seine Beziehungen zum Auftreten von Mangelsymptomen an Kartoffeln. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 74, 3, 1956.
5. Schijen, J. M.: Welk advies bij magnesiumgebrek. Landbouvoorlichting 4, 1955.
6. Borgmann, H. M.: Kali-magnesiumverhoudingen in grond en blad en de invloed van enkele appelonderstammen op het optreden van K- en Mg-gebrek. Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, Februari 1954.
7. Sluysmans, C. M. J.: Enkele voorbeelden van visuele waarnemingen, in het bijzonder bij het magnesiumonderzoek en de magnesiumadviesgeving. Landbouvoorlichting, 1, 1955.
8. De Groot, J. C.: De invloed van de K- en Mg-voorziening op de aardappelopbrengst op zandgronden in Noord-Brabant. Landbouvoorlichting 3, 1956.
9. Schachtschabel, P.: Der Magnesium-Versorgungsgrad norddeutscher Böden und das Auftreten von Magnesiummangelsymptomen an Kartoffeln. Landwirtsch. Forsch. Sonderheft 9, 1957.
10. Michael, G., und Schilling, G.: Über den Magnesiumversorgungsgrad mitteldeutscher Ackerböden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 79, 1, 1957.
11. Sluysmans, C. M. J.: De behoefte van zomergerst aan magnesium. Landbouwdocumentatie 12/1958.

1959