

DE INVLOED VAN ZUURWERKENDE  
EN ALKALISCHWERKENDE FOSFOR-  
EN STIKSTOFMESTSTOFFEN OP DE  
OPBRENGST VAN ZANDGRONDEN  
MET MANGAANGEBREK (8) \*

door

D. STENUIT, Directeur en R. PIOT, Assistent  
bij de Bodemkundige Dienst van België te Heverlee.

---

-----  
UITTREKSEL UIT AGRICULTURA

Juni 1963

Band XI - 2° reeks - n° 2

---

## INHOUD

- I. Invloed van de verschillende fosformeststoffen op het optreden van mangaangebrek bij de gewassen op mangaanarme overberekalkte zandgronden.
    - § 1. Potproef
    - § 2. Veldproeven
      - A. Proefveld nr. 235
      - B. Proefveld nr. 240
      - C. Proefveld nr. 250
    - § 3. Bespreking
  - II. Invloed van de verschillende stikstofmeststoffen op het optreden van mangaangebrek op mangaanarme overberekalkte zandgronden.
    - § 1. Potproef-zandkultuur met voedingsoplossingen ter vergelijking van ammoniakale en nitrische stikstof in mangaanarm midden (teelt mergkolen).
    - § 2. Potproef ter vergelijking van ammoniaksulfaat en calciumnitraat op kalkrijke zandgrond.
    - § 3. Meerjarige proefvelden op kalkrijke mangaanarme zandgrond ter vergelijking van de verschillende stikstofmeststoffen uit de handel.
      - A. Proefveld 239a
      - B. Proefveld 256
      - C. Proefveld 257
    - § 4. Bespreking
- Samenvatting — Résumé — Summary — Zusammenfassung
- Bibliografie

---

\* Deze opzoekingen werden uitgevoerd met steun van het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (I.W.O.N.L.) te Brussel.

In de Belgische zandgronden bestaat er een uitgesproken verband tussen de pH van deze gronden en het optreden van mangaangebrek bij graangewassen (6). Voor haver vonden wij voor deze zandgronden volgend verband :

pH KCl < 5,7 : geen mangaangebrek  
5,7-6,1 : mogelijkheid tot optreden van mangaangebrek  
> 6,1 : gevaar voor sterk mangaangebrek.

Op deze zandgronden heeft de vorm, waarin het mangaan zich bevindt, blijkbaar meer belang dan de hoeveelheid mangaan in de grond aanwezig. Een gewone pH-bepaling karakteriseert de mangaan-toestand van de grond dan ook beter dan de mangaanbepaling zelf.

Op meerjarige proefvelden werden verschillende middelen om de pH te verlagen vergeleken met de klassieke middelen om mangaangebrek te bestrijden, namelijk bespuitingen en bemestingen met mangaansulfaat. De invloed van solfer en van ruwe zure turf ter bestrijding van mangaangebrek werd reeds in een vroegere publikatie behandeld (7). Het gebruik van solfer, in voldoende hoeveelheid, is zeer doeltreffend, doch heeft het nadeel duur te zijn. Het dient daarenboven in geval van een aanzienlijke calciumcarbonaat-reserve in de grond ook herhaald te worden. Daar alle percelen toch geregeld met scheikundige meststoffen bemest worden en daar er ook talrijke percelen bestaan waar slechts in lichte mate mangaangebrek optreedt, stelde zich de vraag in hoeverre het herhaald aanwenden van zuurwerkende meststoffen nuttig kan zijn bij de bestrijding van mangaangebrek. Voor de fosformeststoffen bestond er ook nog het vraagstuk van de metaalslakken die alkalisch reageren maar anderzijds toch ook 4 % mangaan bevatten. De tot hiertoe bekende uitslagen van potproeven wezen op een gunstige invloed van metaalslakken inzake bestrijding van mangaangebrek (1).

Om al deze redenen heeft de Bodemkundige Dienst van België sedert 1955 een aantal pot- en veldproeven uitgevoerd met het doel uit te maken welke de waarde is van de verschillende fosfor- en stikstofmeststoffen voor de bestrijding van mangaangebrek op mangaanarme kalkrijke zandgronden.

Deze publikatie handelt dan ook enkel over de invloed van de verschillende fosfor- en stikstofmeststoffen op de bodemzuurheid, het

mangaangehalte van de grond en plant, het optreden van mangaangebrek en de opbrengst der gewassen.

Een eerste deel van dit artikel behandelt de fosformeststoffen, terwijl het tweede deel uitsluitend aan de stikstofmeststoffen gewijd is.

## I. - INVLOED VAN DE VERSCHILLENDE FOSFORMESTSTOFFEN OP HET OPTREDEN VAN MANGAANGEBREK BIJ DE GEWASSEN OP MANGAANARME OVERBEKALKTE ZANDGRONDEN

De proeven in verband met dit onderwerp uitgevoerd, omvatten zowel pot- als veldproeven. In de veldproeven werden volgende meststoffen bestudeerd :

- metaalslakken (met ongeveer 4 % mangaan) als een alkalisch-werkende meststof,
- superfosfaat met slechts sporen van mangaan als een zuurwerkende meststof,
- dicalciumfosfaat met eveneens slechts sporen van mangaan als een neutraalwerkende meststof.

In de potproeven werden enkel superfosfaat en metaalslakken beproefd.

### § 1. Potproef.

De potproef had enkel betrekking op de vergelijking superfosfaat met metaalslakken. De proef ging door met een kalkrijke zandgrond afkomstig van een veld waar mangaangebrek steeds in sterke mate optrad bij granen. De ontleding van deze grond gaf volgende uitslagen (\*): pH H<sub>2</sub>O = 7,1; pH KCl = 6,6; uitwisselbare Ca = 180 mg/100 g grond; gemakkelijk reduceerbaar Mn = 4,7 ppm; C = 3,0 %.

---

(\*) Het mangaan werd op de grondstalen bepaald volgens de methode Sherman (4). Het omvat: 1) het water oplosbaar Mn; 2) het uitwisselbaar Mn (in een extract met n-NH<sub>4</sub> acetaat pH 7); 3) het gemakkelijk reduceerbaar Mn (in een extract met n-NH<sub>4</sub> acetaat pH 7 + 0,2 % hydrochinon); 4) het actief Mn wat de som is van 1,2 en 3. In deze publikatie gebruiken wij voor deze vier vormen volgende afkortingen: H<sub>2</sub>O, uitw, g. red, actief  $\alpha$ .

In iedere pot werd een mengsel gebracht van 2,5 kg van hoger vermelde zandgrond en 7,5 kg gezuiverd wit kwartszand. De minerale bemesting bedroeg 1,26 g  $P_2O_5$  onder vorm van superfosfaat of metaalslakken, 1,44 g  $K_2O$  onder vorm van kaliumsulfaat, 0,70 g N onder vorm van calciumnitraat en 0,34 mg  $MgO$  onder vorm van magnesiumsulfaat. Als gewas werd haver, variëteit « Zeegold » gebruikt. Tot einde juni was de groei in alle potten normaal, daarna kwamen de eerste verschijnselen van mangaangebrek te voorschijn in de met superfosfaat bemeste potten. Begin juli, 2 maanden na het aanzetten van de proef, werden uit iedere pot grondstalen genomen voor een onderzoek naar de pH en de mangaantoeestand (tabel 1).

TABEL 1

Mangaangehalte en pH van de potgrond twee maanden na het aanzetten van de proef

Meststof	pH $H_2O$	pH $KCl$	Mn (ppm)			
			$H_2O$	uitw.	g. red	aktief
superfosfaat	6,75	6,25	1,23	1,38	1,79	4,40
metaalslakken	7,25	6,65	1,19	1,55	4,02	6,76

Bij het einde van de proef was het gewas van de haver met metaalslakken ongeveer 10 cm langer dan bij de superfosfaatbemesting. Enkel de planten die met superfosfaat bemest waren kregen licht mangaangebrek. In tabel 2 worden de graanopbrengsten vermeld.

TABEL 2

Graanopbrengst van haver na bemesting met metaalslakken en superfosfaat

Meststof	g droog graan per pot
superfosfaat	29,0 ± 1,4
metaalslakken	34,7 ± 2,0

Samenvattend kan men besluiten dat op deze kalkrijke zandgrond de metaalslakken in potproeven hogere opbrengsten gaven dan superfosfaat ; de met superfosfaat bemeste planten vertoonden lichte verschijnselen van mangaangebrek. De pH van de grond daalde na bemesting met superfosfaat gevoelig, het mangaangehalte veranderde praktisch niet. Na bemesting met metaalslakken steeg de pH en het gehalte aan licht reduceerbaar mangaan nam gevoelig toe.

## § 2. Veldproeven.

Daar potproeven sterk verschillen van de werkelijke toestand op het veld, werden drie meerjarige vergelijkende fosforproefvelden aangelegd op kalkrijke zandgronden met mangaangebrek. Twee van deze proefvelden, namelijk de nrs. 235 en 240 werden aangezet in 1957, terwijl met proefveld 259 pas in 1958 werd gestart. De proefvelden 240 en 259 werden aangelegd op percelen met  $\text{pH KCl} > 6,0$ . Proefveld 235 had daarentegen slechts een  $\text{pH KCl} = 5,5$  en kan als grensgeval beschouwd worden.

Op elk proefveld kwamen 5 verschillende behandelingen voor :

- 1) dicalciumfosfaat + mangaansulfaat (100 kg/ha)
- 2) superfosfaat
- 3) metaalslakken
- 4) dicalciumfosfaat
- 5) zonder fosfor.

De fosforbemesting bedroeg 150 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  per jaar en per ha op de objecten 1-4. Er werd geen gebruik gemaakt van stalmest of enige andere organische mest. De minerale bemesting werd steeds toegediend onder vorm van ammoniaknitraat, chloorkali en magnesiumsulfaat.

### A. Proefveld nr. 235.

Dit proefveld werd aangelegd op een humusrijke zwarte zandgrond met een humushoudende laag van 80 cm dikte. Granulaire samenstelling van de bouwlaag :  $< 2 \text{ mu} = 2 \%$  ;  $2-10 \text{ mu} = 1 \%$  ;  $10-20 \text{ mu} = 5,5 \%$  ;  $20-50 \text{ mu} = 16 \%$  ;  $> 50 \text{ mu} = 75,5 \%$ .

TABEL 3

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef (\*)

Diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T- waarde mval	S- waarde mval
				(mg/100 g grond)					
0-20	6,4	5,5	3	21	24	6	146	7,5	6,1
20-40	6,5	5,6	2,5	8	6	4	85	10,0	6,5
40-80	5,2	4,1	2,8	9	2	1	30	6,5	2,5

\* P, K, Mg en Ca werden steeds bepaald op het AL-extrakt van de grond (metode Egnér-Riehm).

Deze grond bevatte bij het begin van de proef volgende hoeveelheden mangaan : 0,90 ppm water oplosbaar Mn ; 2,53 ppm uitwisselbaar Mn ; 9,06 ppm gemakkelijk reduceerbare Mn en 12,49 ppm actief Mn.

In tab. 4 staan de relatieve gemiddelde graanopbrengsten van de vijf opeenvolgende proefjaren vermeld. De opbrengsten bekomen met een mangaanbemesting werden gelijkgesteld aan 100.

TABEL 4

Relatieve graanopbrengsten (met Mn = 100)

Behandeling	1957 haver	1958 zomer- gerst	1959 rogge	1960 haver	1961 zomer- gerst	gemid- delde waarde
Dicalciumfosfaat + 100 kg MnSO <sub>4</sub> /ha	100 ± 2,0	100 ± 7,9	100 ± 3,9	100 ± 2,3	100 ± 2,2	100
Superfosfaat	92,7 ± 4,9	95,5 ± 2,8	96,2 ± 4,1	97,0 ± 5,6	94,4 ± 4,6	95,2
Metaalslakken	100,3 ± 5,9	73,2 ± 3,8	100,6 ± 1,4	99,0 ± 2,5	83,5 ± 2,9	91,3
Dicalciumfosfaat	89,9 ± 5,8	85,6 ± 5,9	99,6 ± 2,0	107,3 ± 3,7	93,9 ± 4,9	95,3
Zonder fosfor	87,5 ± 7,2	76,3 ± 3,9	96,7 ± 1,5	97,7 ± 6,1	88,5 ± 4,1	89,3

In tabel 5 wordt aangegeven hoeveel voedende bestanddelen door het gewas van het vijfde proefjaar (haver 1961) werden uitgevoerd.

TABEL 5

Uitvoer aan voedende bestanddelen door het gewas van het 5<sup>e</sup> proefjaar (gerst : graan + stro) in kg/ha

<i>Behandeling</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Mn</i>	<i>N</i>
Dicalciumfosfaat + 100 kg MnSO <sub>4</sub> /ha	13,1	98,0	6,0	14,2	0,11	67,1
Superfosfaat	14,4	89,5	4,8	15,2	0,09	70,9
Metaalslakken	14,8	97,5	4,4	14,0	0,05	75,5
Dicalciumfosfaat	14,4	92,6	4,8	13,6	0,09	83,2
Zonder fosfor	12,0	86,6	4,8	12,4	0,08	61,6

Tabel 6 geeft de pH en het gehalte aan voedende bestanddelen van de grond na het vijfde proefjaar.

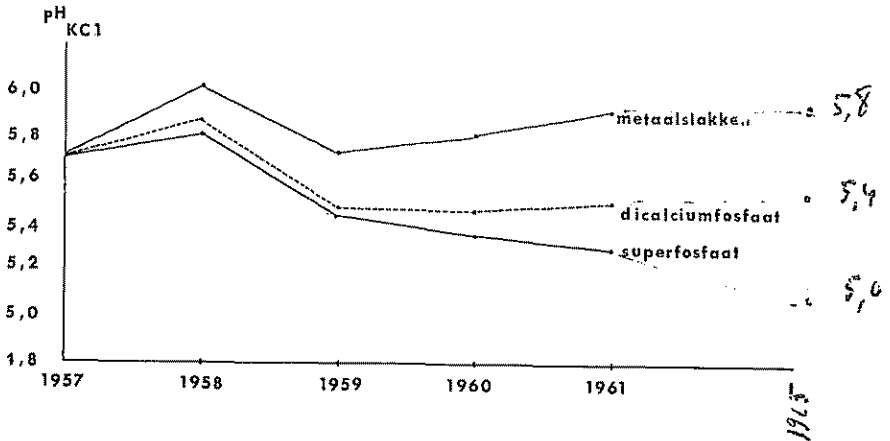
TABEL 6

pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vijfde proefjaar (1961)

<i>Behandeling</i>	<i>pH</i> <i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>pH</i> <i>KCl</i>	<i>mg/100 g grond</i>				<i>Mn (ppm)</i>			
			<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>Uitw.</i>	<i>g. red.</i>	<i>Akt.</i>
Dicalciumfosfaat + Mn	6,2	5,4	26,5	5,5	4,0	130	1,2	5,6	32,3	39,1
Superfosfaat	6,1	5,3	27,0	6,0	5,0	130	1,0	4,3	7,9	13,1
Metaalslakken	6,6	5,9	26,0	6,0	5,0	185	1,1	4,2	7,4	12,7
Dicalciumfosfaat	6,25	5,5	26,5	6,0	4,5	130	1,4	2,6	6,5	10,5
Zonder fosfor	6,2	5,4	17,0	7,0	5,2	115	2,0	2,3	6,2	10,5



Fig. 1.  
Evolutie van de pH-toestand op proefveld 235.



B. Proefveld nr. 240.

Dit proefveld werd aangelegd op een humusrijke zwarte zandgrond met een humuslaag van 30 à 40 cm dikte rustend op een geelachtig zand (vroeger podsolprofiel). Waterstand in de winter :  $\pm$  30 cm ; in de zomer :  $\pm$  1,5 m. Granulaire samenstelling : < 2 mu = 1,5 % ; 2-10 mu = 0,5 % ; 10-20 mu = 2,0 % ; 20-50 mu = 3,2 % ; > 50 mu = 92,8 %.

TABEL 7

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef

diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T- waarde (mval)	S- waarde (mval)
				(mg/100 g grond)					
0-30	7,1	6,3	3,0	14	12	5,5	180	19,5	17,5
30-60	6,1	5,7	0,3	1	3	1,5	30	4,5	3,5
70	7,0	6,2	0,1	1	3	1,0	30	3,0	2,5

Mangaantoeestand van de bouwlaag vóór het aanleggen van het proefveld : 1,1 ppm wateroplosbaar Mn ; 1,5 uitwisselbaar Mn ; 5,0 ppm gemakkelijk reduceerbaar Mn en 7,6 ppm actief Mn.

In tabel 8 worden de relatieve gemiddelde opbrengsten voor de

verschillende proefjaren aangegeven. De opbrengst met een jaarlijkse bemesting van 100 kg  $MnSO_4$  per ha wordt gelijkgesteld met 100.

TABEL 8  
 Relatieve opbrengst (met  $MnSO_4 = 100$ )

<i>Behandeling</i>	1957 <i>haver graan</i>	1958 <i>zomer- gerst graan</i>	1959 <i>rogge graan</i>	1960 <i>haver graan</i>	1961 <i>voeder- beten wortels</i>	<i>gemiddel- de waarde</i>
Dicalciumfosfaat + 100 kg $MnSO_4$ /ha	100 ± 6,0	100 ± 2,5	100 ± 2,8	100 ± 7,0	100 ± 4,5	100
Superfosfaat	35,2 ± 3,7	47,2 ± 4,8	68,3 ± 4,7	75,4 ± 3,9	95,9 ± 3,0	64,4
Metaalslakken	34,8 ± 7,8	31,2 ± 2,9	69,6 ± 4,9	11,0 ± 3,4	93,2 ± 5,7	48,0
Dicalciumfosfaat	23,8 ± 3,7	26,4 ± 2,0	67,5 ± 1,5	28,8 ± 4,2	93,6 ± 6,9	48,0
Zonder fosfor	26,4 ± 5,2	22,9 ± 4,3	60,9 ± 6,0	11,7 ± 2,2	92,6 ± 3,8	42,9

Tabel 9 geeft de hoeveelheid voedende bestanddelen aan die het gewas van het 5e proefjaar per ha uit de grond haalde.

TABEL 9  
 Uitvoer aan voedende bestanddelen door het gewas van het vijfde proefjaar (beten-  
 wortels + loof) in kg/ha

<i>Behandeling</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Mn</i>	<i>N</i>
Dicalciumfosfaat + 100 kg $MnSO_4$ /ha	48	538	47	139	0,54	238
Superfosfaat	46	558	33	110	0,51	147
Metaalslakken	41	514	37	104	0,32	172
Dicalciumfosfaat	46	578	41	122	0,42	150
Zonder fosfor	36	495	49	130	0,43	143

Tabel 10 vermeldt de pH en de voedingstoestand van de grond na het vijfde proefjaar.

TABEL 10

pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vijfde proefjaar

Behandeling	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K	Mg	Ca	H <sub>2</sub> O	Uitw.	G. red.	Aktief
			mg/100 g grond				Mn (ppm)			
Dicalciumfosfaat + 100 kg MnSO <sub>4</sub> /ha	7,1	6,5	18	10	5,2	162	1,9	2,7	17,0	21,6
Superfosfaat	7,0	6,5	17	7	5,0	150	1,3	1,5	3,7	6,5
Metaalslakken	7,1	6,5	16	6	5,2	162	1,3	1,5	4,6	7,4
Dicalciumfosfaat	7,1	6,5	17	6	5,0	185	1,3	1,5	3,2	5,7
Zonder fosfor	7,1	6,5	12	7	5,0	150	1,5	1,3	4,8	7,6

C. Proefveld nr. 259.

Dit proefveld werd aangelegd op een humusarme bruinigrijze zandgrond. In feite is het een onthoofde podsol. De humuslaag is slechts 25 cm dik. Granulaire samenstelling van de bouwlaag : < 2 mu = 1 % ; 2-10 mu = 1 % ; 10-20 mu = 1,5 % ; 20-50 mu = 8,5 % ; > 50 mu = 88 %.

Bij de aanleg van het proefveld bevatte de grond volgende hoeveelheden mangaan : 0,5 ppm H<sub>2</sub>O oplosbaar Mn ; 0,4 ppm uitwissel-

TABEL 11

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef

diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T- waarde (mval)	S- waarde (mval)
				mg/100 g grond					
0-25	7,2	6,6	1,6	18	8	3,5	150	7,5	7,0
25-35	7,3	6,6	0,1	1	5	1,0	55	3,5	2,5
+ 35	7,3	6,7	0,1	1	8	1,5	55	2,5	2,0

baar Mn ; 2,2 ppm gemakkelijk reduceerbaar Mn en 3,1 ppm actief Mn.

In tabel 12 geven we de gemiddelde relatieve opbrengsten voor de vier proefjaren. De opbrengst voor het object met mangaan-sulfaat is gelijkgesteld aan 100.

TABEL 12  
Relatieve graanopbrengst (met  $MnSO_4 = 100$ )

<i>Behandeling</i>	<i>1958 haver</i>	<i>1959 z.gerst</i>	<i>1960 rogge</i>	<i>1961 haver</i>	<i>gemiddelde waarde</i>
Dicalciumfosfaat + 100 kg $MnSO_4$ /ha	100 ± 4,0	100 ± 4,2	100 ± 3,9	100 ± 6,0	100
Superfosfaat	58,1 ± 6,0	37,7 ± 4,8	99,5 ± 8,1	15,3 ± 3,9	52,6
Metaalslakken	43,8 ± 3,9	19,1 ± 3,1	91,7 ± 5,6	13,4 ± 1,5	42,0
Dicalciumfosfaat	43,3 ± 5,5	11,5 ± 2,6	91,1 ± 3,5	14,8 ± 3,2	40,2
Zonder fosfor	44,1 ± 4,1	10,3 ± 3,1	92,4 ± 6,5	13,4 ± 4,8	40,0

De hoeveelheid voedende bestanddelen door het gewas van het vierde proefjaar uit de grond gehaald per ha staat aangegeven in tabel 13.

TABEL 13  
Uitvoer aan voedende bestanddelen door het gewas van het vierde proefjaar (haver :  
graan + stro) in kg/ha

<i>Behandeling</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Mn</i>	<i>N</i>
Dicalciumfosfaat + 100 kg $MnSO_4$ /ha	13,4	130,5	5,1	12,6	0,049	44,0
Superfosfaat	4,5	66,1	2,8	9,6	0,013	22,6
Metaalslakken	6,2	83,1	3,9	12,4	0,009	31,1
Dicalciumfosfaat	4,8	61,8	3,3	10,0	0,012	24,1
Zonder fosfor	4,1	51,9	2,1	7,1	0,012	13,8

TABEL 14

pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vierde proefjaar

Behandeling	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	mg/100 g grond				Mn (ppm)			
			P	K	Mg	Ca	H <sub>2</sub> O	Uitw.	G. red.	Aktief
Dicalciumfosfaat + 100 kg MnSO <sub>4</sub> /ha	7,5	6,75	18	6	5,0	115	1,9	2,6	8,5	13,0
Superfosfaat	7,5	6,75	19	6	5,2	115	1,3	1,6	3,9	6,8
Metaalslakken	7,75	6,95	18	7	5,2	115	1,5	1,3	3,1	5,9
Dicalciumfosfaat	7,55	6,8	17	7	5,5	115	1,5	1,5	3,2	6,2
Zonder fosfor	7,65	6,9	14	8	5,2	115	1,5	1,4	3,9	6,8

### § 3. Bespreking.

In een potkultuur met een kalkrijke mangaanarme zandgrond gaven metaalslakken voor de teelt van haver een betere uitslag dan superfosfaat. Dit kwam tot uiting in de opbrengst, het optreden van mangaangebreksverschijnselen op het gewas en het mangaangehalte van de grond.

Op drie meerjarige proefvelden, eveneens op kalkrijke zandgrond aangelegd, werden gans andere uitslagen bekomen en gaf superfosfaat een duidelijk betere uitslag dan metaalslakken. De invloed op de opbrengst voor de drie proefvelden en over de verschillende proefjaren wordt samengevat in tabel 15.

Men zou kunnen veronderstellen dat de meeropbrengst door superfosfaat veroorzaakt een gevolg is van de sulfaten in het superfosfaat en dus meer aan een solfertekort van de grond zou moeten toegeschreven worden. Zulks is evenwel uitgesloten daar de proefvelden jaarlijks een sulfaatbemesting kregen onder vorm van magnesiumsulfaat. Anderzijds is het ook zeker dat het niet gaat om solfergebrek maar wel om mangaangebrek, zoals blijkt uit het verschil in opbrengst tussen de objecten dicalciumfosfaat + mangaan en dicalciumfosfaat (zonder mangaanbemesting).

TABEL 15

Gemiddelde relatieve opbrengsten van de verschillende proefvelden over de ganse proefperiode (met  $MnSO_4 = 100$ )

<i>Behandeling</i>	<i>n<sup>r</sup> 235</i>	<i>n<sup>r</sup> 240</i>	<i>n<sup>r</sup> 259</i>	<i>Gemiddelde relatieve opbrengst</i>
Dicalciumfosfaat + mangaansulfaat	100	100	100	100
Superfosfaat	95,2	64,4	52,6	70,7
Metaalslakken	91,3	48	42	60,4
Dicalciumfosfaat	95,3	48	40,2	61,1
Zonder fosfor	89,3	42,9	40	57,1

Bij de veldwaarnemingen werd eveneens vastgesteld dat de verschijnselen van mangaangebrek merklijk minder uitgesproken voorkwamen op de perceeltjes met superfosfaat dan op deze die metaalslakken of dicalciumfosfaat ontvingen.

TABEL 16

Mangaanuitvoer door de teelt van 1961 in g Mn per ha

<i>Behandeling</i>	<i>nr. 235 zomergerst</i>	<i>nr. 240 v. beten</i>	<i>nr. 259 haver</i>	<i>totale Mn- uitvoer voor proeven 235, 240 en 259 (per 3 ha)</i>
Dicalciumfosfaat + mangaansulfaat	108	546	49	703
Superfosfaat	95	517	13	625
Metaalslakken	60	312	9	381
Dicalciumfosfaat	100	418	12	530
Zonder fosfor	78	441	12	531

De mangaanuitvoer per ha, zoals aangegeven in tabel 16, wijst er eveneens op dat het inderdaad gaat om mangaan en dat de mangaanopname door superfosfaat bevorderd en door metaalslakken benadeeld wordt en dit door het verschil in pH dat in de grond tot stand komt waardoor de mangaan meer of minder opneembaar wordt.

Op proefveld 235 met matig hoge pH en zonder calciumcarbonaat-reserve hebben bepaalde onderzochte fosformeststoffen de pH van de grond duidelijk beïnvloed. Superfosfaat verzuurde de grond en metaalslakken verhoogde enigszins de pH.

Op de proefvelden 240 en 259 met hogere pH en met een voorraad aan calciumcarbonaat hadden de verschillende fosformeststoffen na vier of vijf jaren eenzijdig gebruik praktisch nog weinig invloed op de pH van de grond. De zeer geringe invloed op het pH-cijfer bleek echter reeds voldoende om de opneembaarheid van het mangaan en de opbrengst te doen stijgen.

Het gemakkelijk reduceerbaar mangaangehalte van de grond schijnt door de verschillende fosformeststoffen weinig beïnvloed te worden, zoals blijkt uit tabel 17. Het mangaan in metaalslakken vervat heeft dus blijkbaar geen invloed op het gemakkelijk reduceerbaar mangaangehalte van de grond en moet in deze kalkrijke zandgronden dan ook als praktisch niet opneembaar beschouwd worden.

TABEL 17

Gehalte aan gemakkelijk reduceerbaar mangaan in ppm Mn (einde 1961).

<i>Behandeling</i>	<i>Proefveld nr</i>			<i>Gemiddelde</i>
	<i>235</i>	<i>240</i>	<i>259</i>	
Dicalciumfosfaat + 100 kg mangaansulf.	32,3	17,0	8,5	19,3
Superfosfaat	7,8	3,7	3,9	5,1
Metaalslakken	7,4	4,6	3,1	5,0
Dicalciumfosfaat	6,5	3,7	3,2	4,5
Zonder fosfor	6,2	4,8	3,9	5,0

Het verschil van de uitslag tussen de pot- en veldproeven is niet te wijten aan een verschil van grond, want de grond voor potproeven gebruikt was afkomstig van proefveld 240 zelf. Dit bewijst evenwel dat het uiterst gevaarlijk is vaststellingen, aan de hand van potproeven opgedaan, zonder meer voor praktijkdoeleinden te veralgemenen. De uiterst intensieve beworteling en de ideale vochtigheidstoestand in potproeven verschillen trouwens zeer sterk van de werkelijke praktijkomstandigheden te velde. Deze stelling wordt trouwens door de proeven van SCHACHTSCHABEL (3) bevestigd, die vaststelde dat na verzadiging van de grond door water, veel van het vier- en drie-waardig mangaan snel omzet tot de opneembare vorm.

## II. - INVOED VAN DE VERSCHILLENDE STIKSTOFMESTSTOFFEN OP HET OPTREDEN VAN MANGAANGEBREK OP MANGAANARME OVERBEKALKTE ZANDGRONDEN

Deze studie omvat :

- 1) Een potproef zonder grond maar in wit zand met voedingsoplossingen ter vergelijking van ammoniakale en nitrische stikstof in mangaanarm midden.
- 2) Een potproef met kalkrijke mangaanarme zandgrond ter vergelijking van een bemesting met  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  en  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .
- 3) Drie meerjarige proefvelden op kalkrijke mangaanarme zandgrond ter vergelijking van de verschillende stikstofmeststoffen uit de handel.

### § 1. Potproef-zandkultuur met voedingsoplossingen ter vergelijking van ammoniakale en nitrische stikstof in mangaanarm midden (teelt mergkolen).

Deze potkultuur werd uitgevoerd volgens de techniek beschreven door HEWITT (2). In totaal werden 12 potten van 6 l inhoud in proef genomen. De potten waren gevuld met gezuiverd wit kwartszand en werden dagelijks begoten met een voedingsoplossing. Drie objecten kwamen voor, elk in 4 herhalingen t.t.z. :



- 1 - volledige bemesting
- 2 - zonder mangaan, stikstof onder ammoniakale vorm
- 3 - zonder mangaan, stikstof onder nitrische vorm.

Samenstelling van de volledige voedingsoplossing per 100 l.

$\text{NaNO}_3$	85 g
$\text{KHCO}_3$	33,5 g
$\text{CaCl}_2$ 2 aq	49,5 g
$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 2 aq	41,4 g
$\text{MgSO}_4$ 7 aq	73,8 g
$\text{FeCl}_3$ 6 aq	2,2 g
$\text{MnSO}_4$ 1 aq	845 mg
$\text{CuSO}_4$ 5 aq	24 mg
$\text{H}_3\text{BO}_3$	186 mg
$\text{ZnSO}_4$ 7 aq	29 mg
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ 4 aq	3,5 mg
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 18 aq	18,6 mg

Voor het objekt « zonder mangaan - nitrische stikstof » werd de volledige voedingsoplossing genomen doch zonder  $\text{MnSO}_4$  1 aq. Voor het objekt « zonder mangaan - ammoniakale stikstof » werd eveneens  $\text{MnSO}_4$  1 aq weggelaten en de  $\text{NaNO}_3$  werd vervangen door 66 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Al de objecten hadden zodoende 10 mval N per liter voedingsoplossing onder vorm van  $\text{NO}_3^-$  of  $\text{NH}_4^+$ .

De pH van de drie voedingsoplossingen was dezelfde namelijk 5,8. Dit werd speciaal beoogd om pH-invloeden uit te schakelen. Dezelfde pH werd bekomen door, daar waar nodig,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  of  $\text{NaOH}$  toe te voegen.

Tijdens de groeiperiode tekende zich een duidelijk verschil af tussen de drie objecten. Verschil in kleur, stand en opbrengst zoals blijkt uit de gegevens van tabel 18.

Het onderscheid tussen de planten met en deze zonder mangaanbemesting was zeer groot en tekende zich af zowel in ontwikkeling als in bladkleur en chlorofylgehalte. Bij de ammoniakale stikstofbemesting, in afwezigheid van mangaan, was opbrengst, bladkleur en het chlorofylgehalte merkkelijk beter dan bij de nitrische stikstofbemesting. In de gegeven proefomstandigheden is de ammoniakale stikstof duidelijk te verkiezen boven de nitrische stikstof.

TABEL 18

Kleurbeschrijving van het gewas, chlorofylgehalte en oogstuitslagen - teelt mergkolen.

<i>Objekt</i>	<i>Kleur van het gewas</i>	<i>Chlorofylgehalte in het vers mater. voll. bemest. = 100</i>	<i>Opbrengst in g vers gewicht per pot</i>
volledige bemesting	blauw-groen	100	1392
zonder Mn-ammoniakale N	licht groen	20,2	98
zonder Mn-nitrische N	wit-geel	6,8	17

## § 2. Potproef ter vergelijking van ammoniaksulfaat en calciumnitraat op kalkrijke zandgrond.

Voor deze potproef werd een kalkrijke zandgrond genomen afkomstig van een veld waar de graangewassen regelmatig sterk lijden aan mangaangebrek. Wij wensten te weten of men er voordeel aan heeft op zulke gronden zuurwerkende meststoffen te gebruiken. In dit geval ging het om een vergelijking tussen het fysiologisch zuurwerkende ammoniaksulfaat en het licht-alkalisch werkende calciumnitraat.

De proefpotten werden gevuld met een mengsel bestaande uit 2,5 kg van hogervermelde kalkrijke zand en 7,5 kg witte kwartszand. De ontleding van de grond gaf volgende uitslagen: pH H<sub>2</sub>O = 7,1; pH KCl = 6,6; Ca = 180 mg/100 g grond. Aktief Mn = 6,1 ppm; C% = 2,1 %. De scheikundige bemesting per pot bedroeg: 8 g Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; 3 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2 g MgSO<sub>4</sub> 7 aq; 0,475 g N; plus een mengsel van sporenelementen zonder mangaan.

Tijdens de groeiperiode traden geen duidelijke verschijnselen van mangaangebrek bij de planten op. Wel bleek de groei beter te zijn bij de ammoniaksulfaatbemesting dan bij calciumnitraat, wat ook in de opbrengst tot uiting kwam (tab. 19).

Ammoniaksulfaat gaf hier 19,7 % meer opbrengst dan calciumnitraat.

Tijdens de groeiperiode (begin juli) werd de grond van de potten uit de proef bemonsterd en ontleed (tab 20).

TABEL 19

Graanopbrengst van haver na bemesting met ammoniaksulfaat en calciumnitraat.

<i>Meststof</i>	<i>Opbrengst aan droog graan in g/pot</i>
met calciumnitraat	34 ± 1,9
met ammoniaksulfaat	41 ± 1,1

TABEL 20

Mangaangehalte en pH van de potgrond twee maanden na het aanzetten van de proef.

<i>Meststof</i>	<i>pH H<sub>2</sub>O</i>	<i>pH KCl</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>uitw.</i>	<i>g. red</i>	<i>aktief</i>
			<i>Mn (ppm)</i>			
calciumnitraat	6,65	6,35	1,31	2,03	2,84	6,18
ammoniaksulfaat	6,1	5,8	1,28	2,22	2,53	6,03

De grond verzuurde in beide gevallen, evenwel veel sterker bij gebruik van ammoniaksulfaat dan bij calciumnitraat. De lagere pH komt hier overeen met een hogere opbrengst. In de mangaantoeestand van de grond werden door ontleding geen neemenswaardige verschillen gevonden.

### § 3. Meerjarige proefvelden op kalkrijke mangaanarme zandgrond ter vergelijking van de verschillende stikstofmeststoffen uit de handel.

In 1958 werden hierover drie meerjarige proefvelden aangelegd namelijk de proefvelden nrs. 239a, 256 en 257. Op deze proefvelden werden volgende meststoffen met elkaar vergeleken : ammoniaknitraat, ammoniaksulfaat, perlamide, ureum en sodanitraat. Om uit te maken in welke mate mangaangebrek optrad werden ook perceeltjes met een jaarlijkse mangaanbemesting ingeschakeld.

De drie proefvelden waren aangelegd op zandgronden die bekend stonden als zeer mangaanbehoefstig. Ze hadden een pH KCl > 6,0. Gedurende gans de proefperiode (1958-1961) werd geen organische bemesting toegediend. Volgende scheikundige meststoffen werden gebruikt : dicalciumfosfaat als fosformeststof, chloorkali 40 en 60 % als kalimeststof, bitterzout en kieseriet als magnesiumbemesting. Voor beten werd borax toegediend tegen 20 kg/ha. Eénmaal gedurende de 4 proefjaren werd een koperbemesting gegeven tegen 25 kg kopersulfaat per ha.

### A. Proefveld 239a.

Dit proefveld werd aangelegd op een zwarte kalkrijke zandgrond met humusrijke laag van ongeveer 30 cm dikte rustend op overblijfselen van de B-horizont van een podsol. Granulaire samenstelling van de bouwlaag : < 2 mu = 3,8 % ; 2-20 mu = 1,7 % ; 20-50 mu = 11,8 % > 50 mu = 82,7 %.

TABEL 21

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef

Diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T- waarde mval	S- waarde mval
0 — 30	7,3	6,4	3,0	14	12	5,5	180	19,5	17,5
30 — 50	6,1	5,7	0,3	1	3	1,5	30	4,5	3,5
+ 50	7,0	6,2	0,1	1	3	1,0	30	3,0	2,5

Deze grond bevatte bij het begin van de proef volgende hoeveelheden mangaan : 1,4 ppm wateroplosbaar Mn ; 1,9 ppm uitwisselbaar Mn ; 6,42 ppm gemakkelijk reduceerbaar Mn en 9,72 actief mangaan.

Volgende teelten werden verbouwd : 1958 zomergerst var. Herta ; 1959 rogge var. Korte Vlaamse ; 1960 haver var. Zeegold ; 1961 voederbeten var. Barres Ceres.

TABEL 22

Scheikundige bemesting gedurende de 4 proefjaren in kg/ha

<i>Jaar</i>	<i>Teelt</i>	<i>N</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>MgO</i>	<i>Borax</i>	<i>Kopersulfaat</i>
1958	zomergerst	80	60	60	0	0	0
1959	rogge	50	60	40	0	0	0
1960	haver	60	80	80	34	0	0
1961	voederbeten	240	150	240	100	20	25

TABEL 23

Relatieve opbrengsten aan graan of betenwortels (met mangaan = 100)

<i>Behandeling</i>	<i>1958 z. gerst</i>	<i>1959 rogge</i>	<i>1960 haver</i>	<i>1961 v. beten</i>	<i>Gemiddelde waarde voor de granen</i>
Ammoniaknitraat + 100 kg MnSO <sub>4</sub> / ha	100 ± 3,4	100 ± 9,1	100 ± 4,5	100 ± 4,6	100
Ammoniaksulfaat	88,6 ± 5,5	76,6 ± 6,4	94,7 ± 1,1	99,9 ± 2,9	86,6
Ammoniaknitraat	26,1 ± 1,2	66,8 ± 5,1	54,1 ± 6,4	96,6 ± 1,3	49,0
Sodanitraat	15,6 ± 2,3	50,1 + 4,8	26,9 ± 11,4	110,4 ± 1,6	30,9

Op graangewassen kwam zeer sterk mangaangebrek voor. Het optreden van mangaangebrevksverschijnselen en de opbrengst werden bij granen in aanzienlijke mate door de soort stikstofmeststof beïnvloed. Het fysiologisch zuurwerkende ammoniaksulfaat gaf hier veruit de beste uitslagen. Dit komt overeen met een lichte verzuring van de grond (tab. 24). Bij voederbeten kwam in het jeugd stadium

ook duidelijk mangaangebrek voor. De perceeltjes met sodanitraat leden hieronder het sterkste. Naarmate de groei vorderde verdwenen de verschijnselen van mangaangebrek en liep sodanitraat zijn achterstand in. Naar het einde van de groeiperiode toe kwamen bij alle behandelingen verschijnselen van sodiumgebrek voor, uitgenomen bij sodanitraat. Bij de oogst van de beten werd, in tegenstelling met de granen, duidelijk de beste uitslag bekomen met sodanitraat.

TABEL 24

pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vierde proefjaar (augustus 1961)

Behandeling	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K	Mg	Ca	Mn (ppm)			
							H <sub>2</sub> O	Uitw.	G. red.	Aktief
Ammoniaknitraat + jaarl. 100 kg MnSO <sub>4</sub> per ha	6,9	6,3	17	4	4,0	185	1,6	4,1	18,6	24,3
Ammoniaknitraat	6,9	6,4	16	5	5,0	200	1,6	1,9	6,1	9,6
Ammoniaksulfaat	6,5	6,0	15	4	3,7	217	2,1	2,6	6,7	11,4
Sodanitraat	7,3	6,6	17	4	5,0	200	1,9	2,0	5,6	9,5

### B. Proefveld 256.

Het is een grond met een onthoofd podsolprofiel die slechts sedert een vijftigtal jaren in kultuur is — arm aan humus — sterk overbekt — zeer sterk onderhevig aan mangaangebrek. Granulaire samenstelling van de bouwlaag : < 2 mu = 1 % ; 2-10 mu = 1 % ; 10-20 mu = 1,5 % 20-50 mu = 8,5 % ; > 50 mu = 88 %.

Deze grond bevatte bij het begin van de proef volgende hoeveelheden mangaan : 1,3 ppm water oplosbaar Mn ; 3,9 ppm uitwisselbaar Mn ; 7,6 ppm gemakkelijk reduceerbaar Mn ; 12,8 ppm actief Mn.

TABEL 25

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef

Diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T- waarde mval	S- waarde mval
				mg/100 g grond					
0 — 25	7,2	6,6	1,6	18	8	3,5	150	7,5	7,0
25 — 60	7,3	6,6	0,1	1	5	1,0	55	3,5	2,5
+ 60	7,3	6,7	0,1	1	8	1,5	55	2,5	2

Volgende teelten werden verbouwd : 1958 : haver ; 1959 : zomergerst ; 1960 ; rogge ; 1961 : haver.

TABEL 26

Scheikundige bemesting gedurende de 4 proefjaren in kg/ha

Jaar	Teelt	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Koper- sulfaat
1958	haver	60	150	80	—	—
1959	zomergerst	41	80	80	—	—
1960	rogge	60	80	80	—	—
1961	haver	80	100	100	50	25

Op haver en gerst kwam zeer sterk mangaangebrek voor. Rogge leed, zoals op de andere proefvelden, veel minder onder mangaan-tekort. Tussen de stikstofmeststoffen kwam ook hier ammoniaksulfaat op de eerste plaats en sodanitraat op de laatste plaats. Dit komt tevens overeen met kleine pH-verschillen (tab. 28).

TABEL 27

Relatieve graanopbrengsten (met mangaan = 100)

<i>Behandeling</i>	<i>1958 haver</i>	<i>1959 z. gerst</i>	<i>1960 rogge</i>	<i>1961 haver</i>	<i>Gemiddelde waarde voor de granen</i>
Ammoniaknitraat + mangaansulfaat	100 ± 5,8	100 ± 2,9	100 ± 2,8	100 ± 3,4	100
Ammoniaknitraat	31,9 ± 4,3	6,8 ± 1,5	95 ± 3,1	9,7 ± 2,1	35,9
Ammoniaksulfaat	53,6 ± 1,4	19,2 ± 3,8	98,9 ± 1,5	21,5 ± 4,2	48,3
Perlamide	29,2 ± 4,9	11,1 ± 3,2	81,7 ± 1,8	11,8 ± 3,0	33,4
Sodanitraat	28,4 ± 2,6	6,0 ± 1,2	83,5 ± 1,5	4,6 ± 1,5	30,6
Ureum	29,9 ± 3,2	11,4 ± 2,1	91,1 ± 3,7	14,3 ± 3,8	36,7

TABEL 28

pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vierde proefjaar (augustus 1961)

<i>Behandeling</i>	<i>pH H<sub>2</sub>O</i>	<i>pH KCl</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Mn (ppm)</i>			
							<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>Uitw.</i>	<i>G. red.</i>	<i>Aktief</i>
Ammoniaknitraat + mangaansulfaat	7,5	6,9	16	3	5,0	115	1,3	3,1	13,8	18,2
Ammoniaknitraat	7,35	6,75	15	7	4,7	115	0,6	1,9	5,8	8,3
Ammoniaksulfaat	7,3	6,7	15	7	5,0	115	1,1	2,3	5,6	9,0
Perlamide	7,45	6,9	16	6	5,3	115	1,3	2,1	6,2	9,6
Sodanitraat	7,55	7,0	16	5	5,3	115	1,9	2,3	6,1	10,3
Ureum	7,5	6,9	16	5	5,0	115	1,2	1,9	7,8	10,9



C. Proefveld 257.

Dit proefveld werd aangelegd op een podsolgrond met een zwarte humusrijke zandlaag van 35 à 40 cm, zeer rijk aan schelpen en overblijfselen van massale hoeveelheden straatmest vóór 50 jaar toegevend. Granulaire samenstelling van de bouwlaag : < 2 mu = 1 % ; 2-10 mu = 0 % ; 10-20 mu = 2,5 % ; 20-50 mu = 3 % ; > 50 mu = 93,5 %.

TABEL 29

Scheikundige toestand van de grond bij de aanleg van de proef.

diepte in cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C %	P	K	Mg	Ca	T-waarde (mval)	S-waarde (mval)
				mg/100 g grond					
0-25	7,1	6,3	2,8	9	16	3,5	165	10,5	9,5
25-40	6,6	5,8	2,3	4	4	2,5	130	11	7
40-60	5,0	4,1	2,6	27	3	1,0	55	10,5	3

Deze grond bevatte bij de aanleg van het proefveld volgende hoeveelheden mangaan : 3,6 ppm water oplosbaar Mn ; 4,6 ppm uitwisselbaar Mn ; 2,8 ppm gemakkelijk reduceerbaar Mn ; 11,0 ppm actief Mn.

TABEL 30

Scheikundige bemesting gedurende de 4 proefjaren in kg/ha.

Jaar	teelt	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	kopersulfaat
1958	haver	60	150	80	—	—
1959	zomergerst	41	80	80	—	—
1960	rogge	60	80	80	—	—
1961	haver	80	100	100	50	25

TABEL 31  
 Relatieve graanopbrengsten (met mangaan = 100).

<i>Behandeling</i>	1958 <i>haver</i>	1959 <i>z. gerst</i>	1960 <i>rogge</i>	1961 <i>haver</i>	<i>gemiddelde</i>
Ammoniaknitraat + mangaansulfaat	100 ± 4,2	100 ± 1,5	100 ± 2,7	100 ± 2,5	100
Ammoniaknitraat	37,7 ± 4,4	20,9 ± 4,5	82,6 ± 4,3	11,7 ± 3,2	38,2
Ammoniaksulfaat	73,3 ± 6,6	44,7 ± 4,9	96,9 ± 3,4	66,7 ± 19,0	70,4
Perlamide	34,0 ± 5,8	18,2 ± 4,4	77,0 ± 3,6	10,2 ± 2,7	34,8
Sodanitraat	31,0 ± 2,9	11,2 ± 2,0	69,4 ± 2,9	7,7 ± 3,8	29,8
Ureum	42,6 ± 5,8	26,1 ± 5,0	80,2 ± 7,0	24,2 ± 10,2	44,3

Ook hier kwam op haver en gerst zeer sterk mangaangebrek voor. De invloed van de verschillende stikstofmeststoffen op het optreden van mangaangebrek en opbrengst ligt volledig in dezelfde lijn als voor de proefvelden 239a en 256. Na vier jaar proef was de pH van de grond nog maar in lichte mate door de stikstofmeststoffen beïnvloed (tab. 32).

TABEL 32  
 pH en gehalte aan voedingselementen van de grond na het vierde proefjaar (augustus 1961)

<i>Behandeling</i>	<i>pH</i> <i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>pH</i> <i>KCl</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Mn (ppm)</i>			
							<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>Uitw.</i>	<i>G. red.</i>	<i>Aktief</i>
Ammoniaknitraat + mangaansulfaat	7,1	6,55	13	5	5,5	140	2,0	1,9	10,6	14,5
Ammoniaknitraat	7,2	6,5	16	4	5,3	140	1,7	2,3	4,2	8,2
Ammoniaksulfaat	6,95	6,35	15	2	5,3	130	2,0	2,3	4,9	9,2
Perlamide	7,15	6,5	15	5	5,3	150	2,4	2,0	4,1	8,5
Sodanitraat	7,3	6,65	16	6	4,5	130	2,1	2,1	3,2	7,4
Ureum	7,15	6,55	14	5	4,5	140	2,1	1,8	2,6	6,5

## § 4. Bespreking.

Om na te gaan in welke mate en hoe de verschillende stikstofmeststoffen het optreden van mangaangebrek op kalkrijke zandgronden beïnvloeden, werden twee verschillende potproeven uitgevoerd en drie meerjarige proefvelden gedurende minstens vier jaren gevolgd.

De potproeven lieten ons toe uit te maken dat zowel de vorm onder dewelke de stikstof wordt toegediend als de invloed van de meststof op de bodemreactie van belang zijn (tab. 18, 19 en 20). In het geval van mangaangebrek is ammoniakale stikstof gunstiger dan nitrische stikstof en zijn zuurwerkende meststoffen te verkiezen boven neutraal- of alkalischwerkende meststoffen. Ammoniaksulfaat voldoet aan deze beide eisen terzelfdertijd en gaf dan ook, in verband met mangaangebrek, tussen de stikstofmeststoffen die wij vergeleken, duidelijk de beste uitslagen. Dit kwam tot uiting op al onze proefvelden, gedurende al de proefjaren en voor al de geteste graangewassen (haver, gerst en rogge). In tabel 33 wordt per teelt de invloed van de verschillende stikstofmeststoffen op de graanopbrengst vergeleken. Wij beperken ons in deze tabel tot ammoniaknitraat, ammoniaksulfaat en sodanitraat omdat enkel deze drie meststoffen op de drie verschillende proefvelden voorkwamen.

TABEL 33

Gemiddelde relatieve opbrengst met verschillende stikstofmeststoffen 'op overbekalkte mangaanarme zandgrond (met mangaansulfaat = 100).

<i>Behandeling</i>	<i>zomergerst</i>	<i>haver</i>	<i>rogge</i>
Ammoniaknitraat + jaarl. 100 kg mangaansulfaat	100	100	100
Ammoniaksulfaat	50,2	62	90,8
Ammoniaknitraat	17,9	29	81,4
Sodanitraat	10,9	19,7	67,7

Deze gemiddelde uitslagen zijn gesteund op 5 oogsten voor haver en 3 oogsten voor rogge en gerst.

Zomergerst en haver blijken zeer gevoelig te zijn voor mangaan-

gebrek. Rogge daarentegen is merkelyk minder gevoelig al veroorzaakt mangaangebrek ook hier nog een duidelyke opbrengstvermindering.

Sodanitraat versterkt het mangaangebrek, dit gaat samen met een lichte stijging van de pH (tab. 35). Ammoniaknitraat neemt een plaats in gelegen tussen ammoniaksulfaat en sodanitraat. Volgens de uitslagen van de twee meerjarige proefvelden (nrs. 256 en 257) bekwamen we volgende gemiddelde opbrengstuitslagen bij granen (tab 34).

TABEL 34

Gemiddelde invloed van de verschillende stikstofmeststoffen op de graanopbrengst van kalkrijke zandgronden (proefvelden 256 + 257: opbrengst bij 100 kg mangaansulfaat jaarlijks = 100).

<i>Soort meststof</i>	<i>relatieve graanopbrengst (haver, gerst en rogge)</i>
Ammoniaksulfaat	59,3
Ureum	40,5
Ammoniaknitraat	37
Perlamide	34,2
Sodanitraat	30,2

In welke mate de bijzonderste stikstofmeststoffen de pH en de mangaantoestand van de grond hier beïnvloed hebben, staat vermeld in tabel 35.

Na vier jaar eenzijdige bemesting met verschillende stikstofmeststoffen op kalkrijke zandgronden bleek ammoniaksulfaat duidelyk de grond te verzuren en sodanitraat daarentegen de bodem pH te verhogen.

Het mangaangehalte van de grond werd praktisch niet gewijzigd door de verschillende stikstofmeststoffen. Mangaansulfaat daarentegen verhoogde in aanzienlyke mate de voorraad gemakkellyk reduceerbaar en aktief mangaan.

Voederbeten vertoonden op proefveld 239a eveneens mangaangebreksverschijnselen. Deze verschijnselen waren evenwel duidelyk sterker bij sodanitraat dan bij de andere stikstofmeststoffen. De ver-

TABEL 35

Gemiddelde pH en Mn-toestand van de grond na vier jaar eenzijdige bemesting met verschillende stikstofmeststoffen (proefvelden 239a, 256 en 257).

Behandeling	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	H <sub>2</sub> O	uitw.	g/red.	aktief
			Mn in ppm			
Ammoniaknitraat + jaarl. 100 kg mangaan- sulfaat/ha	7,17	6,58	1,6	3,0	14,3	18,9
Ammoniaknitraat	7,15	6,53	1,3	2,0	5,4	8,7
Ammoniaksulfaat	6,92	6,35	1,7	2,4	5,7	9,8
Sodanitraat	7,38	6,75	2,0	2,1	5,0	9,1

schijnselen waren vooral sterk uitgesproken in het jeugd stadium. Naarmate de groei vorderde, verdwenen ze geleidelijk. De opbrengst van voederbeten, zelfs als deze duidelijke verschijnselen van mangaangebrek vertoonden, schijnt hieronder maar weinig te lijden. Dit hebben we reeds meermaals bij andere gelegenheden kunnen vaststellen.

Bij de oogst gaf sodanitraat hier zelfs een wiskundig betrouwbare meeropbrengst aan betenwortels. Daar de beten bij de andere stikstofsoorten tekens van natriumgebrek vertoonden was deze meeropbrengst klaarblijkelijk het gevolg van het natrium in sodanitraat vevat.

### SAMENVATTING

Uit onze vorige opzoekingen is gebleken dat mangaangebrek op zandgrond in sterke mate samenhangt met de zuurgraad of pH van de grond. Bij een te hoge pH wordt de aanwezige mangaanvoorraad minder oplosbaar of bijna volledig onoplosbaar volgens de graad van overbekalking en de aard van de grond zelf (verluchting, humusgehalte enz.).

Tot hertoe werd op deze gronden door de landbouwers alleen de methode toegepast van het toedienen van mangaan op grond of gewas, dat jaarlijks moest herhaald worden. Daarom werden proefvelden aangelegd met verschillende stoffen met de bedoeling een blijvende uitwerking te bekomen t.t.z. de verzuring van de grond. Hierbij bleek het toedienen van solfer een zeer degelijke methode. Al deze uitslagen werden in vorige publikaties bekend gemaakt.

Het in éénmaal verzuren van de grond door solfer bv, is echter tamelijk duur. Daarom stelde zich de vraag of dit voor lichte gevallen niet geleidelijk kan bereikt worden door het aanwenden van zuurwerkende meststoffen. Anderzijds doen zich, buiten de gevallen van sterk mangaangebrek, ook vele grensgevallen voor waar de overbekalking of mangaangebrek merkkelijk minder uitgesproken is, en waar het toedienen van zuurwerkende meststoffen wellicht reeds voldoende verbetering zou geven. Tenslotte bestond er voor de fosformeststoffen het vraagstuk van de metaalslakken die alkalisch reageren maar anderzijds 4 % mangaan bevatten. De tot hiertoe bekende uitslagen in potproeven wezen hierbij op een gunstige werking van metaalslakken inzake mangaangebrek.

Om deze vragen op te lossen werden niet alleen zuurwerkende en alkalischwerkende fosformeststoffen doch ook stikstofmeststoffen met elkaar vergeleken zowel langs potproeven als langs meerjarige proefvelden. Wat de proefvelden betreft, werden deze meststoffen vergeleken met een meststof met ongeveer neutrale reactie en die op andere percelen aangevuld werden met een bemesting met mangaan-sulfaat als vergelijkingspunt.

Wat de fosformeststoffen betreft, gaven metaalslakken in de potproef op een grond met mangaangebrek betere uitslagen dan superfosfaat zowel wat de opbrengst betreft als wat het mangaangehalte van de grond aangaat. In de meerjarige veldproeven daarentegen lag de opbrengst van superfosfaat boven deze van metaalslakken met een lichte pH-stijging van de grond voor metaalslakken en een zeer lichte pH-daling voor superfosfaat. Dit bewijst dat men met de uitslagen van potproeven zeer voorzichtig moet omspringen om deze in de praktijk toe te passen. In dit geval werd het mangaan uit metaalslakken in de potproeven gemobiliseerd door de regelmatige begietingen terwijl ditzelfde mangaan in de veldproeven zeer snel werd vastgelegd.

De stikstofmeststoffen gaven uitslagen in dezelfde zin voor de potproeven als de proefvelden : duidelijk betere opbrengsten met ammoniaksulfaat tegenover deze met sodanitraat. Hier was de invloed op de pH van de grond zeer duidelijk : verzuring met ammoniaksulfaat en hogere pH met sodanitraat wat ook in de opbrengst tot uiting kwam door een groter verschil dan voor de fosformeststoffen tussen zuurwerkende en alkalischwerkende meststoffen. Alleen voederbeten maakten hierop uitzondering.

De gemene faktor in deze proeven met fosfor- en stikstofmeststoffen was hun zuurwerkend of alkalischwerkend karakter. De reactie van de opbrengst op deze faktor lag in dezelfde zin zelfs in het geval van metaalslakken met 4 % Mn. Daaruit blijkt nogmaals dat in geval van mangaangebrek het verzuren van de grond in de eerste plaats moet nagestreefd worden en dat zuurwerkende meststoffen hierbij reeds een kostbaar hulpmiddel zijn, bijzonder wanneer het niet over acute maar over grensgevallen gaat. Het samenvoegen van zuurwerkende stikstof- en fosformeststoffen om een cumulerend effect te bekomen, is in dergelijke gevallen ongetwijfeld aan te raden.

## RESUME

De nos recherches antérieures, il est apparu que, dans les sols sablonneux belges, la carence en manganèse est liée dans de larges proportions au pH ou degré d'acidité du sol. Lorsque le pH est trop élevé, le manganèse dans le sol devient moins soluble ou presque totalement insoluble suivant le degré de surchaulage et suivant la nature du sol (aération, teneur en humus, etc.).

Jusqu'à présent la méthode de lutte employée par les cultivateurs contre cette carence consistait en une application de manganèse sur le sol ou sur la plante. Cette application devait être répétée chaque année. Aussi nos champs d'essai avaient-ils pour but de trouver un produit dont l'action, c.à.d. l'acidification du sol, serait plus durable. L'utilisation de soufre parut à ce point de vue une méthode très efficace. Tous ces résultats ont été traités dans nos publications antérieures.

L'acidification du sol par une seule opération (au moyen de soufre, par exemple) s'avère toute fois assez onéreuse. Le problème se posait si l'on pourrait obtenir une acidification suffisante du sol dans certains cas par l'emploi d'engrais acidifiants. Outre les cas de forte carence en manganèse, il existe également de nombreux cas limite où le surchaulage et la carence en manganèse sont moins prononcés et où l'emploi d'engrais acidifiants pourrait déjà donner des améliorations satisfaisantes. Il y avait en outre le problème des scories Thomas qui ont une action alcalinisante mais qui contiennent d'autre part 4 % de manganèse. Les résultats connus jusqu'à ce jour avaient trait à des essais en vases de culture et révélaient une action favorable des scories Thomas en ce qui concerne la lutte contre la carence en manganèse.

Afin de trouver une réponse à toutes ces questions, nous avons comparé non seulement des engrais phosphatés acidifiants et alcalinisants mais également des engrais azotés. Ces essais ont été effectués en vases de cultures et en champs d'expérimentation pendant plusieurs années. En ce qui concerne les champs d'essai, nous avons comparé ces fumures à un engrais dont l'action était pratiquement neutre ; comme point de comparaison nous avons joint à cet engrais une fumure de sulfate de manganèse.

En ce qui concerne les engrais phosphatés, les scories Thomas employées en vases de culture sur sol carencé en manganèse, donnèrent de meilleurs résultats que le superphosphate tant au point de vue du rendement qu'en ce qui concerne la teneur en manganèse du sol. Par contre, en champs d'expérimentation, les rendements obtenus après traitement au superphosphate furent supérieurs à ceux récoltés sur les parcelles traitées aux scories Thomas ; le superphosphate provoque une légère diminution du pH du sol, les scories une légère augmentation. Ceci prouve qu'il faut être très prudent quand il s'agit de transposer dans la pratique les résultats obtenus en vases de culture. Dans le cas qui nous occupe, le manganèse des scories

fut mobilisé dans les vases de culture par les arrosages répétés, tandis que ce même manganèse fut rapidement fixé dans les champs d'expérimentation.

Les engrais azotés donnaient des résultats analogues tant dans les vases de cultures que dans les champs d'expérimentation, c.à.d. les rendements obtenus après l'application de sulfate d'ammoniaque furent supérieurs à ceux obtenus après traitement au nitrate de soude. Dans cette expérience l'influence de ces engrais sur le pH du sol fut assez sensible : acidification due au sulfate d'ammoniaque et augmentation du pH du sol par l'application de nitrate de soude. Les différences de rendements y furent plus grandes que pour les engrais phosphatés. Seules les betteraves fourragères firent exception à cette règle.

Le facteur commun de ces essais effectués au moyen d'engrais phosphatés et azotés fut leur caractère acidifiant ou alcalinisant. L'influence de ce facteur sur les rendements fut le même pour les deux espèces d'engrais, nonobstant la teneur de 4 % de manganèse des scories Thomas. Ceci prouve de nouveau qu'en cas de carence en manganèse, il faut tendre en premier lieu vers une acidification du sol ; les engrais acidifiants sont à ce point de vue d'une aide précieuse, surtout quand il ne s'agit que de cas-limite. Il est certainement à conseiller d'employer dans ces cas simultanément des engrais azotés et phosphatés acidifiants en vue d'obtenir un effet cumulatif.

### SUMMARY

For manganese deficient sandy soils in the North of Belgium (too high pH), the acidifying of the soil by sulfur applications gave the best results to recover the manganese deficiency (Agricultura X, 2, 1962).

Pot experiments and field experiments, which have lasted five years, were carried through with the aim of examining the influence of acidifying and alkaline phosphate and nitrogen fertilizers on the yield of the plants and on the soil pH. For the phosphate fertilizers moreover, there was the problem of Thomas phosphate with alkaline reaction and on the other hand a content of 4 % Mn.

In the pot experiments, the effect of Thomas phosphate was better than the effect of superphosphate. But in the three field experiments, superphosphate proved to have a much better effect than Thomas phosphate. The yield difference between superphosphate and Thomas phosphate was parallel with their influence on the pH of the soil.

For the nitrogen fertilizers, the pot experiment results as well as the field experiment results went in the same direction. The yield of the plants was much better in the case of acidifying ammonium sulphate than in the case of the alkaline sodanitate and the yield difference was still more pronounced than in the case of the phosphate



fertilizers. Also here too the yield difference depends on the influence of the fertilizers on the acidity of the soil.

These experiments obviously proved that serious improvements can be obtained by application of acidifying fertilizers on highly manganese deficient sandy soils.

The use of both acidifying phosphate and acidifying nitrogen fertilizers can be recommended on these soils to get a cumulative effect.

## ZUSAMMENFASSUNG

Auf Sandböden mit Manganmangel (zu höher pH-Wert) aus Nordbelgien war die Versauerung des Bodens durch Schwefelanwendung ein gutes Mittel zu Manganmangelverbesserung (*Agricultura*, X, 2, 1962).

In Gefäßversuchen und fünfjährigen Feldversuchen ist der Einfluss sauerwirkender und alkalischwirkender Düngemittel auf den Ertrag untersucht, sowie auch der Einfluss auf die Bodenazidität. Für die Phosphordüngemittel stellte sich ausserdem das Problem des alkalischwirkenden Thomasphosphates mit 4 % Mn.

In einem Gefäßversuch war Thomasphosphat besser als Superphosphat. In den drei Feldversuchen hat Superphosphat eine bessere Auswirkung auf den Ertrag gehabt als Thomasphosphat. Für beide Düngemittel war der Ertragsunterschied parallel mit dem Einfluss auf den pH-wert.

Was den Stickstoffdüngemitteln anbetrifft, waren die Ergebnisse der Gefäß — und Feldversuche übereinstimmend. Hier war der Einfluss auf den Ertrag des sauerwirkenden Ammoniumsulfats dem alkalischwirkenden Natronsalpeter gegenüber noch stärker als für die Phosphordüngemittel. Auch hier war der Ertragsunterschied abhängig von dem Einfluss dieser Düngemittel auf den pH des Bodens.

Aus diesen Versuchen tritt klar hervor dass sauerwirkende Düngemittel eine deutliche Verbesserung für Sandböden mit leichten Manganmangelerscheinungen bedeuten können.

Es ist empfehlenswert gleichzeitig sauerwirkende Phosphor- und Stickstoffdüngemittel anzuwenden, sodass ein kumulierender Effekt bekommen wird.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ATANASIU, N. : *Les éléments-traces dans les engrais et leur signification pour les végétaux et les animaux*. Ann. Gembloux. 1, 33 (1961).
2. HEWITT, E.J. : *Sand and waterculture methods used in the study of plant nutrition*. Commonwealth Agricultural Bureaux (1952).
3. SCHACHTSCHABEL, P. : *Das Mangan im Boden*. Phosphorsäure 15, 3 (1955).
4. SHERMAN, G., MCHARGUE, J.S., and HODGKISS, W.S. : *Determination of active manganese in soil*. Soil Sci 54, 4 (1942).

5. STENUIT, D., en PIOT, R. : *De oplosbaarheid van mangaan in de grond*. Agricultura V, 2 (1957).
  6. STENUIT, D., PIOT, R., et BOON, R. : *Relation entre le pH et la teneur en manganèse des sols sablonneux et l'apparition des symptômes de carence en manganèse chez l'avoine*. Pédologie 7, 259 (1957).
  7. STENUIT, D., en PIOT, R. : *Bestrijding van mangaangebrek op zandgrond*. Agricultura X, 2 (1962).
  8. STENUIT, D. : *Beziehung zwischen der Phosphatform und dem Ertrag auf Sandböden mit Manganmangel*. Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde 100, I (1963).
-