

# Manganmangel und dessen Beseitigung

(Aus dem Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen)

Von CH. H. HENKENS

*Manganmangel* erscheint, wenn der *pH-Wert* des Bodens eine bestimmte Grenze überschreitet. Deswegen können wir die Manganmangelböden in den *Niederlanden* in zwei Gruppen einteilen, und zwar:

1. Calciumcarbonathaltige Ton- und Tonsandböden mit von Natur aus hohen pH-Werten,
2. diluviale Sandböden mit ursprünglich niedrigem pH-Wert, wo Manganmangel durch Überkalkung stellenweise auftreten kann.

Bei *diluvialen Sandböden* kann man dem Manganmangel vorbeugen, indem man eine Überschreitung des pH (KCl)-Wertes von 5,4 verhindert. Einmal eingetretener Manganmangel kann hier beseitigt werden entweder durch Düngung mit *physiologisch sauren Düngemitteln*, wodurch der pH-Wert dauerhaft herabgesetzt wird, oder durch Spritzung der Kulturen mit *Mangansulfat*.

Auf *calciumcarbonathaltigen* Böden kann der pH-Wert nicht vermindert werden. Im allgemeinen wird daher auf diesen Böden Manganmangel durch Spritzung mit *Mangansulfat* beseitigt.

Wenn Spritzungen zur Beseitigung von Mangelkrankheiten durchgeführt werden, dann ist die Frage wichtig, ob das Element von einem Blatt zum anderen transportiert wird. Wenn dies nicht der Fall ist, dann muß die Spritzung in dem Augenblick stattfinden, in dem die Pflanzen das Element benötigen. Die nach einer Spritzung gebildeten Blätter werden davon nicht profitieren, und eine wiederholte Spritzung wird notwendig.

Zur Untersuchung des *Transportes* des verspritzten Mangans von *Blatt zu Blatt* wurden Rübenblätter und Teile derselben mit radioaktivem Mangan ( $^{54}\text{Mn}$ ) bestrichen. Nach einigen Wochen wurde geprüft, ob in den nicht bestrichenen Blättern radioaktives Mangan vorhanden war. Daraus ergab sich, daß das auf die Blätter gebrachte Mangan leicht in apikaler, aber nicht oder schwer in basaler Richtung transportiert wird.

Hieraus folgt, daß:

1. falls die Manganzufuhr vom Boden aus während der ganzen Vegetationszeit nicht genügt, eine wiederholte Spritzung notwendig ist,
2. eine prophylaktische Spritzung sinnlos ist.

Diese Folgerungen konnten in Feldversuchen bestätigt werden. Auf einem Feld mit *Winterweizen* wurde untersucht, wann und wie oft man spritzen muß. Die erste Spritzung ( $S_1$ ) wurde am 13. April durchgeführt, und die folgenden immer je eine Woche später. Bei der Spritzung am 6. Mai ( $S_4$ ) waren die Mangelercheinungen deutlich und allgemein verbreitet. Wie Tabelle 1 zeigt, war die Spritzung zu diesem Zeitpunkt am zweckmäßigsten. Wurde eine Woche später ( $S_5$ ) gespritzt, dann erzielte man eine um 400 kg geringere Ertragssteigerung als bei  $S_4$ .

Einige Teilparzellen wurden am 9. Juni zum zweiten Mal gespritzt. Das hatte eine weitere Ertragssteigerung um 400 kg zur Folge. Eine Spritzung bei Erscheinen der Mangelsymptome und eine Wiederholung nach 4 Wochen ( $S_4 + 4$ ) ergab insgesamt eine Ertragssteigerung um 1450 kg/ha.

Tab. 1:

Einfluß der Spritzung mit einer Lösung von 1,5%igem Mangansulfat (1000 l/ha)  
auf den Kornertrag von Winterweizen

Behandlung	Kornertrag (kg/ha)
unbehandelt	2930
S <sub>1</sub> = Spritzung am 13. April	3640
S <sub>2</sub> = " " 20. April	3740
S <sub>3</sub> = " " 26. April	3930
S <sub>4</sub> = " " 6. Mai (Mangelerscheinungen deutlich und allgemein verbreitet)	3940
S <sub>5</sub> = " " 14. Mai	3560
S <sub>2</sub> + 6 = " " 20. April und 9. Juni	4220
S <sub>4</sub> + 6 = " " 6. Mai und 9. Juni	4380
S <sub>5</sub> + 6 = " " 14. Mai und 9. Juni	3750

Ein Nachteil der Spritzung von Getreide ist die *Verbrennungsgefahr*. Der Ertrag kann durch die Verbrennung sehr stark vermindert werden\*).

Bei Versuchen mit Rüben zeigte sich deutlich, daß die nach einer Spritzung gebildeten Blätter von dem hinzugefügten Mangan nicht profitierten. Das ergab sich bei Zählungen der Manganmangelsymptome aufweisenden Pflanzen zu verschiedenen Zeitpunkten. Auf einem Versuchsfeld wurde die erste Spritzung am 25. Mai durchgeführt, die zweite am 22. Juni. Am 20. Juni (also fast einen Monat nach der ersten Spritzung) wurde die Anzahl der Pflanzen mit Manganmangel ermittelt. Aus Tabelle 2 ergibt sich, daß auf den unbehandelten Teilparzellen an diesem Tage 50% der Pflanzen Manganmangel zeigten, auf den einmal gespritzten Teilparzellen dagegen nur 11%. Am 20. Juli (einen Monat nach der zweiten Spritzung) wurde die Anzahl von kranken Pflanzen aufs neue ermittelt. Sie war nun auf den ein-

Tab. 2:

Einfluß der Spritzung mit einer Lösung von 1,5%igem Mangansulfat auf die Manganmangelerscheinungen an Rüben einen Monat nach der Spritzung

Parzelle	Datum der Spritzung	Prozentsatz der Pflanzen mit Manganmangel	
		am 20. Juni	am 20. Juli
0	—	50	38
S <sub>1</sub>	25. Mai	11	26
S <sub>1</sub> + 2	25. Mai und 22. Juni	11	1,5
S <sub>1</sub> + 2 + 3	25. Mai, 22. Juni und 20. Juli	11	1

\*) Die Blattverbrennung ist abhängig von der Aufnahmegeschwindigkeit des Mangans und damit auch von der Wetterlage. Die Mn-Aufnahme ist am intensivsten, wenn die Lösung einige Zeit auf dem Blatt verbleibt, also nicht zu schnell verdunstet; aus diesem Grunde sollte man nicht an heißen und sonnigen Tagen spritzen. Mit steigender Aufnahmegeschwindigkeit steigt aber auch die Verbrennungsgefahr, so daß man nicht bei zu hoher Wasserdampfsättigung der Luft spritzen sollte. Nach CALDWELL (N.A.A.S. Quarterly Review 241—252, 1955) ist es am günstigsten, wenn das Blatt nach etwa 15 Minuten abgetrocknet ist. An heißen und sonnigen Tagen spritzt man deshalb am besten in den frühen Morgenstunden oder am späten Nachmittag. Die Aufnahmegeschwindigkeit und damit die Verbrennungsgefahr kann auch durch Zufügung von Zucker, Kalk oder Magnesiumsulfat verringert werden. Die Spritzlösung soll gleichmäßig auf der Blattoberfläche verteilt werden (keine großen Tropfen).

malig gespritzten Teilparzellen (S<sub>1</sub>) nahezu dieselbe wie auf den unbehandelten Teilparzellen, während die zweimal gespritzten Teilparzellen (S<sub>1+2</sub>) nur wenige kranke Pflanzen hatten. Die neu gebildeten Blätter hatten auch hier wenig von der ersten Spritzung profitiert, so daß auf neue Manganmangel entstand.

Die Erträge entsprachen diesen Ergebnissen. Einmaliges Spritzen beeinflusste den Ertrag kaum. Zweimaliges erhöhte den Rüben-ertrag um 4,4 to oder gut 9%, während der Zuckerertrag um 767 kg oder gut 10% erhöht wurde.

Trotzdem sind die Ergebnisse der Bekämpfung bei Rüben nicht immer befriedigend. Auf Feldern, auf denen der Manganmangel nur in den ersten Wochen der Entwicklung auftritt, erhöhen Spritzungen den Ertrag nicht. Aber auch auf Versuchsfeldern, bei denen auf den unbehandelten Teilfeldern die Symptome des Manganmangels bis zur Ernte sichtbar blieben, haben wir vielfach keine Ertragssteigerungen beobachtet, obwohl die Mangelsymptome durch Spritzung beseitigt wurden.

Es fragt sich, ob Rüben Manganmangel zuweilen ertragen können, oder ob die Bekämpfungstechnik unvollkommen ist. Wenn die Ansicht einiger Forscher, daß Mangan eine wichtige Rolle in den Wurzeln spielt, richtig ist, wird man das am ehesten bei Rüben erkennen, wo es sich um den Wurzel-ertrag handelt. Es ist daher zu erwarten, daß die Spritzung von Rüben weniger Wirkung hat als die von Getreide, weil das auf die Blätter gespritzte Mangan schwer bis in die Wurzel vordringt.

Auf Versuchsfeldern mit Erbsen wurde gezeigt, daß eine vorbeugende Spritzung keinen Zweck hat. Bekanntlich verursacht Manganmangel bei Erbsen *Braunherzigkeit*. Bei unseren Versuchen haben wir Spritzungen vor und während der Blüte sowie Kombinationen miteinander verglichen. Beim Dreschen wurde von jedem Teilstück eine Probe entnommen und je 100 Erbsen wurden auf Braunherzigkeit untersucht.

Auf allen 3 Versuchsfeldern hat die Spritzung vor der Blüte den Gehalt an braunherzigen Erbsen nicht vermindert. Die Ergebnisse eines der Versuche sind in Tabelle 3 angeführt. Die Spritzung z. Z. voller Blüte (S<sub>3</sub>) hat den Gehalt an braunherzigen Erbsen am stärksten vermindert. Durchschnittlich sind die Parzellen, die bei voller Blüte (S<sub>3</sub>) gespritzt worden sind, nur zu 16,5% befallen gegenüber 44,5% auf den Parzellen, die zu anderen Zeiten gespritzt worden sind. Auf diesem Versuchsfeld genügte die Spritzung bei voller Blüte allein aber nicht, da der *Braunherzigkeitsgehalt* danach noch 23% war, was in den Niederlanden nach den Anforderungen des Warengesetzes unzulässig ist. Eine Spritzung bei voller Blüte kombiniert mit einer Spritzung am Ende der Blüte (S<sub>34</sub>) hatte den besten Erfolg. Der Befall war auf den Parzellen mit S<sub>34</sub> (S<sub>34</sub>, S<sub>134</sub>, S<sub>234</sub> und S<sub>1234</sub>) durchschnittlich 9,5% im Gegensatz zu 23,5% auf den Parzellen, bei denen S<sub>3</sub> nicht kombiniert war mit S<sub>4</sub> (S<sub>3</sub>, S<sub>13</sub>, S<sub>23</sub> und S<sub>123</sub>).

Die Ergebnisse der anderen Versuchsfelder stimmten größtenteils mit denen des oben erwähnten überein. Nur genügte hier einmalige Spritzung z. Z. voller Blüte; der Braunherzigkeitsgehalt war jedoch bei diesen Versuchen viel geringer.

Nach unserer Meinung empfiehlt es sich auf Grund dieser Versuche, gegen Braunherzigkeit zu spritzen, wenn die Pflanze in voller Blüte steht, und die Spritzung am Ende der Blüte zu wiederholen. Letzteres unbedingt, wenn es sich um ein Feld handelt, auf dem ein schwerer Befall erwartet wird. Genauere Betrachtung der Braunherzigkeit einzelner Teilparzellen ergibt aber, daß auch bei wiederholten Spritzungen der gewünschte Effekt nicht immer erreicht wird.

Wegen der Schwierigkeiten bei den Spritzungen mit *Mangansulfat* (Verbrennung, wiederholte Spritzungen, zuweilen mangelhafter Erfolg) ist es erwünscht, eine andere Methode zur Beseitigung von Manganmangel zu ermitteln.

Tab. 3:

Einfluß der Spritzung mit einer Lösung von 1,5%igem Mangansulfat (1000 l/ha) auf das Auftreten von Braunherzigkeit bei Erbsen (Var. Zelka)

Parzelle und Behandlung	Prozentsatz der Braunherzigkeit			
	1	2	3	Durchschnitt
unbehandelt	75	83	76	78
S <sub>1</sub> = Spritzung am 28. Mai	84	90	76	83
S <sub>2</sub> = Spritzung am 11. Juni (einige Blüten offen)	49	49	37	43
S <sub>12</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> und S <sub>2</sub>	18	67	46	44
S <sub>3</sub> = Spritzung am 19. Juni (in voller Blüte)	26	28	16	23
S <sub>13</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> und S <sub>3</sub>	41	39	26	35
S <sub>23</sub> = Kombination von S <sub>2</sub> und S <sub>3</sub>	17	23	17	19
S <sub>123</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> und S <sub>3</sub>	7	14	31	17
S <sub>4</sub> = Spritzung am 9. Juli (noch einige Blüten offen)	42	6	44	31
S <sub>14</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> und S <sub>4</sub>	53	39	41	44
S <sub>24</sub> = Kombination von S <sub>2</sub> und S <sub>4</sub>	19	15	17	17
S <sub>124</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> und S <sub>4</sub>	6	26	17	16
S <sub>34</sub> = Kombination von S <sub>3</sub> und S <sub>4</sub>	3	7	0	3
S <sub>134</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> , S <sub>3</sub> und S <sub>4</sub>	7	4	21	11
S <sub>234</sub> = Kombination von S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> und S <sub>4</sub>	38	5	12	18
S <sub>1234</sub> = Kombination von S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> und S <sub>4</sub>	9	7	3	6

Die Untersuchungen von DE GROOT zeigen, daß der Gehalt an *reduzierbarem* Mangan auf vielen Böden maßgebend ist für den Manganzustand und daß dieser Gehalt im Laufe von einigen Jahren ziemlich konstant ist.

Im allgemeinen wird angenommen, daß eine Düngung mit *festem* Mangansulfat wenig Sinn hat, da das Mangan schon bald oxydiert wird und dann nicht mehr pflanzenaufnehmbar ist. Zu dieser Auffassung ist man gekommen, weil die Mangelerscheinungen nach einer Düngung mit 100 kg Mangansulfat oft schon im selben Jahr wieder auftreten.

Auf Grund dieser Ergebnisse von DE GROOT mußte die Frage gestellt werden, ob dem Boden nicht soviel Mangansulfat zugefügt werden sollte, bis das erwünschte Niveau erreicht wird. Diese Bekämpfungsweise würde besonders bedeutungsvoll sein, wenn der durch die Düngung erreichte Gehalt an *reduzierbarem* Mangan, ähnlich wie der des natürlichen, nicht zurückgehen würde.

Wir haben im August 1955 einen Gefäßversuch angestellt mit einem *kalkreichen* Boden mit einem Gehalt an organischer Substanz von 1,8% und einem Gehalt an *reduzierbarem* Mangan von 30 ppm. Je drei Gefäße wurden mit 0, 100, 200, 400 und 600 kg Mangansulfat/ha (also 0, 13, 26, 52 und 78 mg Mn/kg Boden) gedüngt. Im Jahre 1955 standen die Töpfe *ohne* Pflanzen draußen und erhielten normale (tägliche) Wassergaben. 1957 wurden sie mit *Gerste* besät. Stroh und Kornertrag wurden durch die Düngung stark gesteigert (Abb. 1). Die mit 400 und 600 kg Mangansulfat gedüngten Pflanzen wiesen keine Manganmangelerscheinungen auf, die mit 200 kg/ha gedüngten noch in schwachem Maße. Durch eine Düngung mit 400 oder 600 kg/ha wurde der Ertrag um 8,1 g oder um 75% gesteigert.

Im Januar, März, Mai, Juli und Oktober 1956 und im September 1957 wurde der Gehalt an *reduzierbarem* Mangan im Boden ermittelt. Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, daß der Gehalt an *reduzierbarem* Mangan im Laufe der Zeit nahezu konstant war und das erreichte Niveau erhalten blieb. Hieraus ergibt sich, daß der Gehalt an *reduzierbarem* Mangan durch *Düngung erhöht* werden kann.

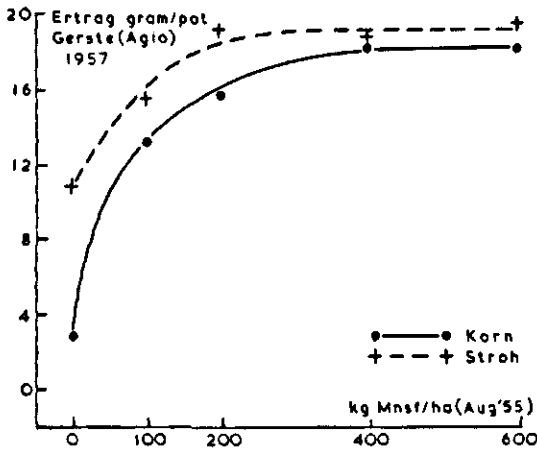


Abb. 1  
Einfluß einer Düngung mit Mangansulfat (abgekürzt Mnsf) im Jahre 1955 auf den Stroh- und Kornertrag von Gerste (Var. Agio) im Jahre 1957 (g je Gefäß)

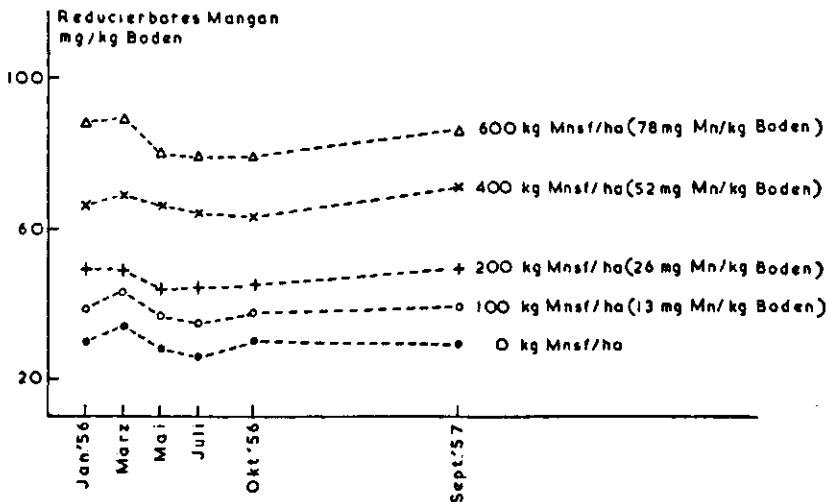


Abb. 2

Schwankungen des durch Düngung erreichten Gehaltes an reduzierbarem Mangan im Laufe der Zeit (Mnsf = Mangansulfat)

Diese Ergebnisse veranlaßten uns, Feldversuche im *Wieringermeerpolder* durchzuführen. Obgleich die *Kartoffeln* auf einem der Versuchsfelder keine Mangelsymptome zeigten, gab die Düngung mit Mangansulfat (100—600 kg) durchschnittlich doch eine gesicherte Ertragssteigerung von 12%. Auf einem anderen Versuchsfeld mit *Rüben* steigerten 400 kg Mangansulfat den Ertrag an Zucker um 1390 kg/ha oder gut 24% (Abb. 3). Eine zweimalige Spritzung erhöhte den Ertrag um 21%.

Ein *Nachteil* solcher hohen Gaben von Mangansulfat ist die große *Investition*. Darum wird die *Tauglichkeit* dieser Bekämpfungsweise für die Praxis von der *Dauerwirkung* abhängen. Auf Böden, bei denen der Gehalt an reduzierbarem Mangan nicht maßgebend für den Manganzustand ist, wird eine Düngung mit Mangansulfat weniger zweckmäßig sein.

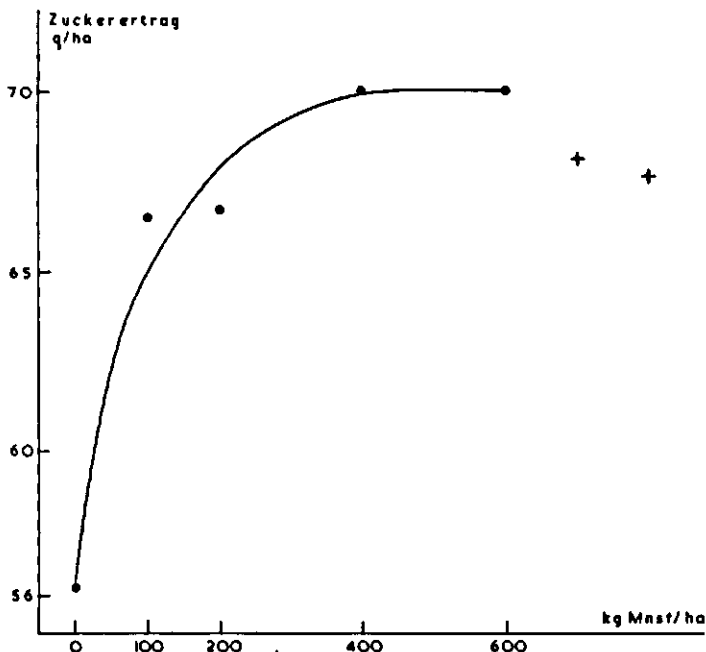


Abb. 3  
 Einfluß einer Düngung  
 des Bodens bzw.  
 einer Spritzung  
 der Pflanzen mit  
 Mangansulfat (Mnsf)  
 auf den Zuckerertrag  
 der Rüben  
 (q = 100 kg).  
 ● = Düngung  
 des Bodens,  
 + = Spritzung  
 der Pflanzen.  
 Links = 2mal gespritzt,  
 rechts = 3mal gespritzt

Wie es scheint, ist die Düngung mit Mangansulfat zur Vorbeugung gegen Braunherzigkeit bei Erbsen nicht geeignet. In unseren Versuchen wurde der Braunherzigkeitsanteil durch die Düngung mit Mangansulfat nicht gesenkt.

### Zusammenfassung

Solange die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind und es nicht sicher ist, daß die Manganvorratsdüngung lohnt, sind wir der Meinung, daß es für die Praxis empfehlenswert ist, mit Mangansulfat zu spritzen, wenn die Mangelercheinungen auftreten, und die Spritzung nachher zu wiederholen. Durch diese Maßnahme erzielt man bei Rüben nicht immer einen Mehrertrag. Die Spritzung darf bei Rüben unterbleiben, wenn durch Erfahrung bekannt ist, daß die Mangelsymptome auf dem betreffenden Feld immer von selbst bald wieder verschwinden.

Zur Vorbeugung gegen Braunherzigkeit bei Erbsen ist die Spritzung der Pflanzen zur Zeit voller Blüte und eine Wiederholung dieser Spritzung am Ende der Blüte empfehlenswert. Diese zweite Spritzung ist jedenfalls notwendig, wenn ein starkes Auftreten von Braunherzigkeit erwartet wird.

### Schrifttum

1. GROOT, A. J. DE: Grondonderzoek over de beschikbaarheid van mangaan. Het chemisch bodemvruchtbaarheidsonderzoek. 's-Gravenhage 1956, 117—126.
2. GROOT, A. J. DE: Influence of the age and organic matter on the availability of manganese in marine and estuary soils. 6. Congr. Int. Sci. Sol Paris 1956, Rapports 2, 531—539.
3. GROOT, A. J. DE: Mangaangebrek in Nederland. Landbk. T. 69, 564,—574, 1957.
4. HENKENS, CH. H.: Enkele resultaten van onderzoek over de sporenelementen, molybdeen en mangaan. Landbk. T. 68, 109—112, 1956.
5. HENKENS, CH. H.: Voorkomen van kwade harten in erwten door bespuiting met mangaansulfaat. Landbouwwoorl. 15, 262—265, 1958.
6. HENKENS, CH. H.: Bestrijding van mangaangebrek door bemesting van de grond. Landbk. T. 71, 17—21, 1959.