Ueber die sogenannte „Urbarmachungskrankheit“ als dritte Bodenkrankheit

Von J. Hudig und C. Meyer
unter Mitwirkung von J. Goodyk

(Mitteilung aus dem Laboratorium für Sand- und Moorkultur
der Versuchsstation Groningen-Holland)

1 9 2 6

VERLAG CHEMIE, G. m. b. H., Corneliusstraße 3, BERLIN W 10

Druck von G. Reichardt, Groitzsch (Bez. Leipzig).

I.

Seit 1905 lernten wir die von uns mit dem Namen „Moorkoloniale Krankheit“ [1]) benannte als erste Bodenkrankheit kennen.

Die zweite studierten wir seit 1913, es ist die sogenannte „Hooghalensche“ Krankheit [2]). Beide Uebel sind von uns wiederholt beschrieben, zuletzt in einem Vortrage zu Würzburg 1924 [3]). Wir möchten nur daran erinnern, daß diese beiden Bodenkrankheiten durch bestimmte Düngungsmaßnahmen bekämpft werden können und auch bekämpft werden. Die moorkoloniale Krankheit wird durch Anwendung von chemisch bezw. physiologisch alkalischen Düngemitteln stark nachteilig und von sauren Düngemitteln günstig beeinflußt; die Hooghalensche Krankheit gerade umgekehrt. Sie sind also als richtige Gegenfüßler zu betrachten. Die Ursache beider Krankheiten liegt vermutlich auf dem biologischen Gebiete, ist jedoch in ihrem Wesen unbekannt. Es steht also fest, daß die Reaktion bei den ursächlichen Faktoren eine Rolle spielt, obgleich die praktisch in Betracht kommenden Reaktionsänderungen an und für sich den Pflanzen gegenüber keine überwiegende Rolle spielen.

Die dritte Bodenkrankheit, die hier zur Besprechung gelangen soll, steht, soweit wir feststellen konnten, in keiner Beziehung zu den beiden vorigen. Obgleich vielleicht auch hier die Ursache auf biologischem Gebiete liegt, sind wir aber geneigt, vorläufig die Ursache in der Art der Humusbestandteile zu suchen, und wir könnten von diesem Gesichtspunkte aus vielleicht von einer Humuskrankheit sprechen. Der Name wurde von Elema [4]) angegeben und ist sehr bezeichnend, weil man der Hauptsache nach das gefährliche Uebel auf Neukulturen findet, wo es die Kultur manchmal jahrelang bedroht. Die Krankheit hat in den Sandgegenden der Niederlande, wo in den letzten 20 Jahren Tausende von Hektaren Oedland, durch Entwässerung und Straßenbau, zu Kulturland erschlossen wurden, bisweilen auf den sehr humusreichen Stellen zu solchen Schwierigkeiten Anlaß gegeben, daß manchmal daran gedacht werden mußte, das Land als Kulturland wieder aufzugeben.

---

[1]) Deutsch: Dörrfleckenkrankheit. Dänisch: Lyse Plettsyge.
[2]) Deutsch: Sauerkrankheit.
[3]) S. Mitt. d. D. L. G. St. 21, 1925, und d. Landw. Presse Nr. 20, 1924.
[4]) In der Landw. Zeitung für Drenthe (Niederlande).

Sie kommt nicht allein auf Sandböden vor, sondern auch auf stark anmoorigen Tonböden, also dort, wo ziemlich starke Humusanreicherung stattgefunden hat.

Es war schon ziemlich lange bekannt, daß auf Heideböden, wo sich „Heidemoor“ oder schwarzer Heidehumus von „speckigem“ Aussehen gebildet hat, gerade dieser Humus für die Kultur gefährlich war, wenn nicht eine Ackerkrume mit starker Sandbeimischung hergestellt werden konnte. Leider war diese Ansicht nicht allgemein genug verbreitet, sodaß man öfters diesen schwarzen Heidehumus aus rein theoretischen Gründen mit dem so wertvollen schwarzen Humus unserer alten Kulturböden gleichstellte.

Dieser gefährliche Heidehumus oder dieses „Heidemoor“ [5]), wie man in den Niederlanden sagt, ist eine Anreicherung von Resten von Calluna vulgaris, Erica tetralix, welche einer Art Vertorfungsprozeß unterworfen sind, indem die betreffenden Stellen im Winter entweder dauernd unter Wasser stehen oder durchnäßt sind und im Sommer austrocknen. Ueberwiegend trifft man diese Bildung an den Rändern der Hochmoore, an den Ufern der Heideseen und Tümpeln und bei Niederungsmoor an. Auch auf hoher Heide, welche auf lehmhaltigem Sande gebildet ist, haben wir manchmal diesen schwarzen speckigen Humus angetroffen.

Nicht nur allein kann man die Krankheit beobachten auf den Humus-Sandmischungen, deren Humus aus den Pflanzenresten obengenannter Gegenden gebildet wurde, sondern man trifft sie auch dort an, wo der Humus der Neukulturen aus Waldtorf oder aus reinem Niederungsmoor herstammt. Besonders aber hat solcher Waldhumus, der teilweise zu einer torfartigen Substanz humifiziert wurde, einen sehr schlechten Ruf.

Ueber das quantitative Vorkommen dieses „Schwarzhumus“ — wir wollen sämtliche Humusformen, welche die Urbarmachungskrankheit hervorrufen, kurz diesen Namen geben — kann noch folgendes gesagt werden:

Man trifft bisweilen sehr dicke Schichten an, so daß man diese regelrecht vertorft. Der aus diesem Material hergestellte Torf gibt einen ziemlich brauchbaren, öfters stark der Zerkrümelung unterworfenen Brenntorf ab, der eine reichliche Menge Asche bildet. Weiter findet man alle Uebergänge bis zu ganz dünnen, einige wenige Zentimeter mächtigen Schichten, ja sogar bis schwarzkörnigem zwischen dem Sande gelagertem Stoff, der in so geringer Menge vorhanden ist, daß von einer Schichtenbildung überhaupt nicht die Rede ist.

Das Aussehen des Schwarzhumus ist ganz typisch strukturlos; im nassen Zustande läßt er sich wie eine Paste schmieren; in trockenem Zustande fällt die Masse in einzelne Körnchen auseinander, welche sehr schwierig zu benetzen sind. Gerade diese

[5]) Oertlich sind verschiedene Bezeichnungen geläufig, die wir hier ruhig überschlagen können.

Eigenschaft ist sehr auffallend und fällt in der Praxis auf „urbarmachungskranken“ Böden sofort ins Auge; besonders im Sommer, wenn nach einer Trockenperiode Regenfall auftritt. Das Regenwasser läuft einfach ab oder bleibt eine Zeitlang in Tümpeln stehen, ohne daß das Wasser in den Boden hineindringt. Unter der Lupe ist der „Schwarzhumus“ sofort zu erkennen durch die eigenartige abgerundete Körnerstruktur der kleinen Teilchen. Es können diese Körnchen in einem Kulturboden jahrelang als Einzelkörner sichtbar bleiben neben den weißen Sandkörnchen im Gegensatz zu normalen Humussandböden, wo der Humus sozusagen sofort in Bewegung kommt und die Sandkörner bald mit einer dünnen Humusschicht überzieht. Wegen der geringen Löslichkeit dieses Schwarzhumus in Wasser und in verdünnten Alkalien dauert es sehr lange, bis der Humussandboden ein bindiger Boden geworden ist und eine Krümelstruktur erhält.

II.

Soweit, was die äußerlichen Erscheinungen des kranken Bodens und des Schwarzhumus betrifft. Jetzt kommt es uns wünschenswert vor, die Krankheitserscheinungen bei den Pflanzen zu beschreiben. Am empfindlichsten ist das Sommergetreide, wie Gerste, Hafer, Weizen und Roggen. Ob von diesen die verschiedenen Gattungen verschieden empfindlich sind, ist im allgemeinen nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Nur ist bekannt, daß Weißhafer sehr viel empfindlicher als Schwarzhafer ist, wie z. B. die schwedische Sorte „Großmogul“, und dieser wieder empfindlicher als die holländische Sorte „Schwarzer President“, eine sehr ertragsreiche alte Landrasse. Auch Schmetterlingsblütler und Rüben fallen dem Krankheitseinfluß anheim. Widerstandsfähig sind Kartoffeln und Spergula, sowie verschiedene Unkräuter, wie Agrostis alba stolonifera.

Die verschiedenen Grasarten sind meist empfindlich. So daß auf „urbarmachungskranken“ Wiesen die meisten guten Gräser verschwunden sind und den widerstandsfähigen Holcusarten Platz machen.

Bei einem starken Krankheitsgrade äußert sich das Uebel bei Getreide erst 4 oder 6 Wochen nach dem Aufkommen der Pflanzen. Es tritt dann eine Verfärbung auf in gelblichem Farbenton wie beim Stickstoffhunger; in der Praxis wird diese Verfärbung stellenweise und unregelmäßig nach den Ungleichmäßigkeiten des Bodens sichtbar. Das Auftreten ist meist plötzlich, d. h. es kann sich innerhalb weniger Stunden vollziehen, besonders bei heißem, warmem Wetter, also bei starkem Wachstum und starker Verdunstung. Kurz nach dem Auftreten dieser Verfärbung scheinen die Blattspitzen einzutrocknen. Bald aber werden die Spitzen so stark angegriffen, daß es schon von weitem auffällt und zwar hauptsächlich durch die weiße Farbe der dürren Spitzen. Uneingeweihte halten die Erscheinung manchmal für Frostbeschädigung und tatsächlich ist sie dieser täuschend ähnlich. Die Abbildung 1

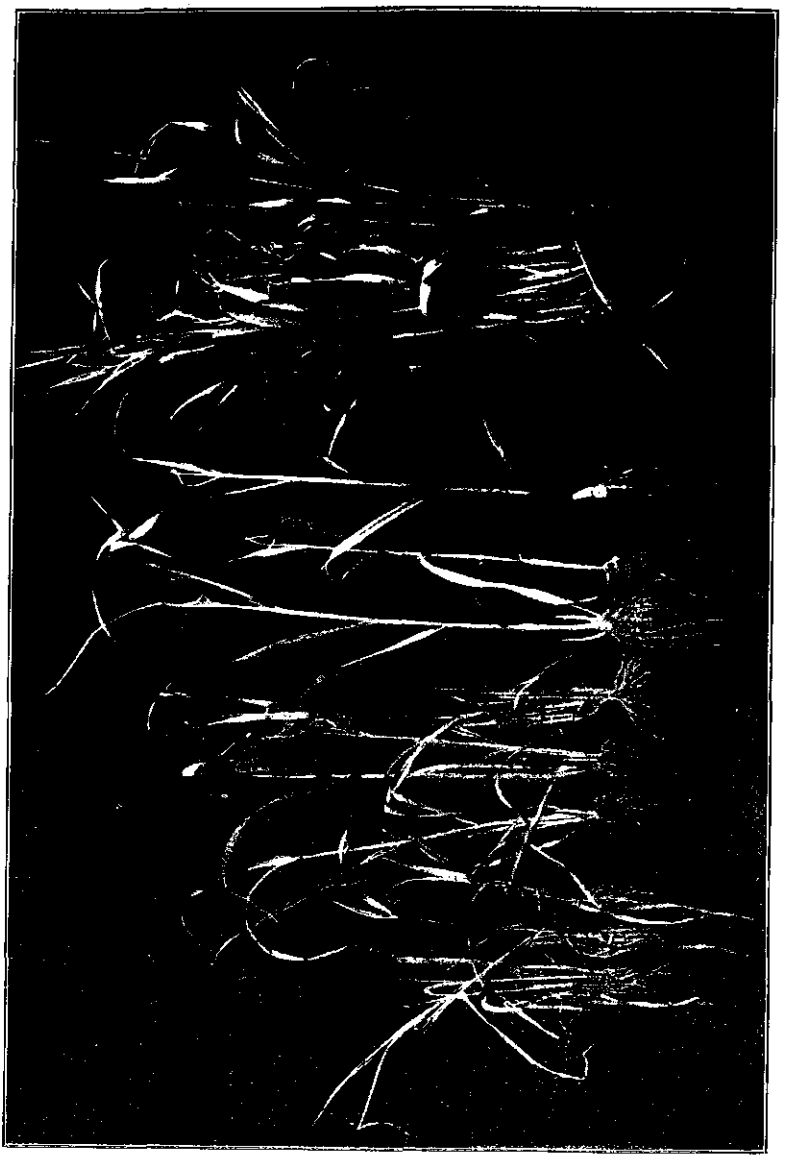

Abb. 1.
Kranker Hafer, im Anfangsstadium, mit den eigentümlich weißen Spitzen.

zeigt die Erscheinung bei Hafer; sie kommt bei Gerste und Weizen (sowohl Winter- als auch Sommergetreide) in derselben Weise vor; bei Roggen ist diese Weißspitzigkeit nicht immer vorhanden. Wenn die dürren Spitzen früh auftreten, kommt es in der Regel nicht einmal zu einer normalen Halmbildung. Die Wachstumshemmung wird bald so stark, daß die Pflanze sich durch fortwährende Bil-

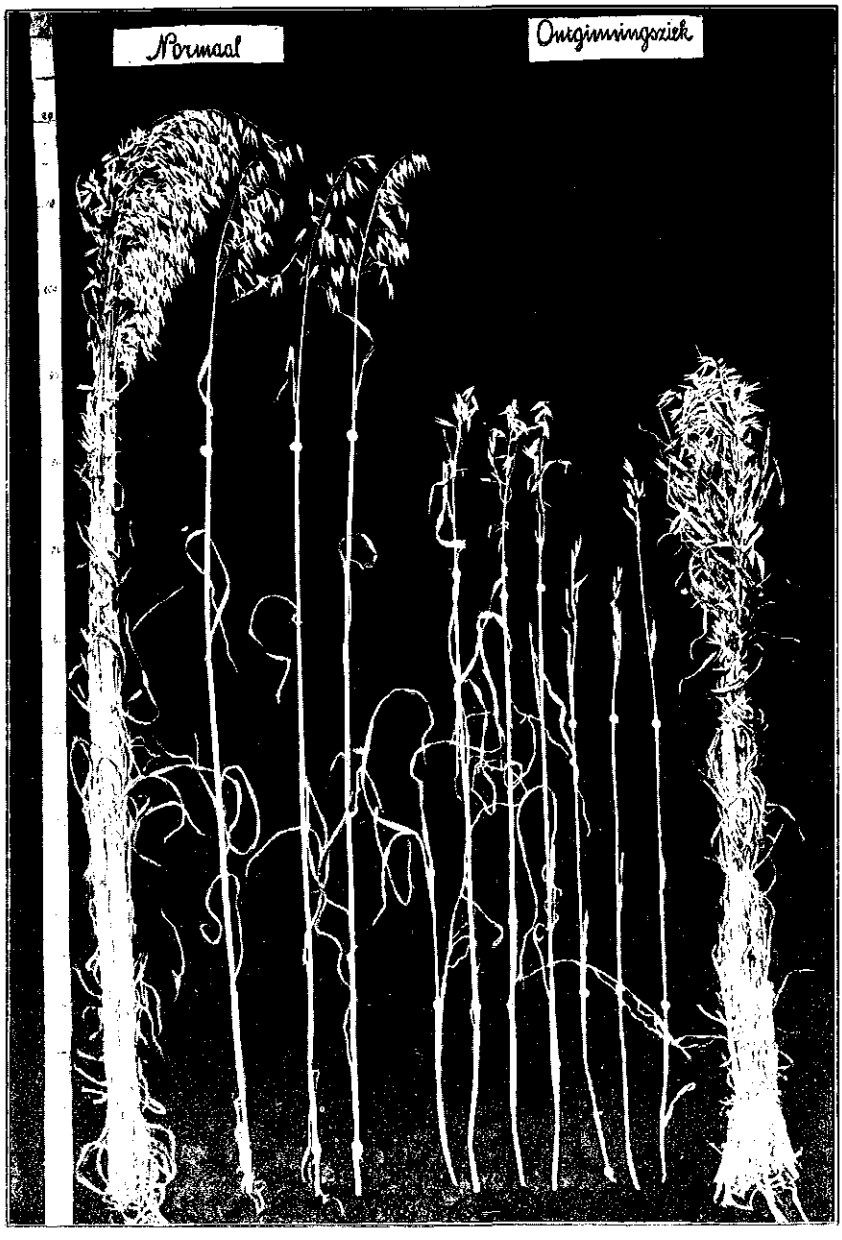

Abb. 2.
Links gesunder Hafer, mit vollen Aehren.
Rechts kranker Hafer mit losen Aehren und abnormalen Seitenhalmbildung.

dung von Seitenhalmen das Leben zu fristen sucht. Und schließlich kommt sie doch nicht weiter als zur Bildung einer abnormen Menge Seitenhalme, die immer grün bleiben und keine ausgebildeten Aehren bilden (Abb. 2). Bisweilen geht die Pflanze, falls sie stark angegriffen wird, ganz zugrunde.

Besonders auffallend für die Praxis ist die Erscheinung, daß nach der Ernte auf „krankem" Lande die Stoppelreste immer wieder grün auflaufen.

Es gibt natürlich auch weniger starke Krankheitsgrade, bei denen es tatsächlich zur Aehrenbildung kommt, aber dann zeigt es sich, daß diese teilweise oder sogar ganz lose bleiben. Es hat einfach keine Befruchtung stattgefunden. Bei Hafer zeigt sich unter den Getreidearten diese lose Aehrenbildung wieder am ausgesprochensten. Auffallend ist dann die weiße Farbe der aufrecht stehenden Aehrchen. Die Abbildung 3 zeigt eine auf diese

Abb. 3.
Typisch kranke Stelle im Haferfeld. Links durch Kompostanwendung genesen.

Weise angegriffene Stelle im Hafer. Es kommt schließlich manchmal vor, daß man das Getreide als vollkommen normal entwickelt beurteilt, aber daß sich beim Dreschen herausstellt, daß der Körnerertrag bei weitem nicht mit der Strohproduktion im richtigen Verhältnisse steht, und das Hektoliter-Gewicht zu niedrig bleibt.

Es ist das Fehlen einer normalen Fruchtbildung für die Krankheit sehr kennzeichnend; besonders bei Schmetterlingsblütlern kommt das zum Ausdruck. Wir erinnern uns eines von Elema beobachteten Falles einer scheinbar vorzüglichen Erbsenernte Die Pflanzen waren kräftig entwickelt, hatten reichlich geblüht

und zeigten ganz normale Hülsenbildung. Als man aber zu dreschen anfing, wurde vom halben Hektar nicht einmal ein einziges Hektoliter Erbsen ausgedroschen! Im allgemeinen zeigen die Schmetterlingsblütler, wenn der Boden sich im richtigen Kalkzustande befindet, nicht wie das Getreide im Anfang der Wachstumsperiode eine sichtbare Krankheitserscheinung. Diese tritt entweder erst spät auf oder manchmal gar nicht.

Wenn eine Abweichung auftritt, besteht dieselbe in einer Wachstumshemmung und einem abnormal langen Grünbleiben der Stengel und des Laubes.

Kranke Kartoffeln sind ebenfalls durch Wachstumshemmung und bei starkem Krankheitsgrade durch eine Dunkelfärbung des Laubes gekennzeichnet. Rüben zeigen bei richtigem Kalkzustande nicht immer eine deutliche Wachstumshemmung. In einzelnen Fällen haben wir sie sehr stark beobachtet, wie später gezeigt werden soll; aber leider fehlen uns noch ausgiebigere Angaben. Diese werden wir uns aber durch eingehende Versuche nächstens verschaffen.

Graslandkultur auf urbarmachungskranken Böden ist fast unmöglich. Nach der Neueinsaat verläuft anfangs alles normal; man ist sogar im zweiten Jahre noch mit dem Grasbestand zufrieden. Dann aber fängt die Verschlechterung an — allmählich verschwinden die guten Gräser, bis schließlich fast nur Weißklee und Holcus lanatus, das sich immer zeigt, übrig bleiben. Der Weißklee blüht ergiebig, doch bildet er wenig grüne Masse. Am Ende verschwindet auch der Weißklee und der Holcus fängt auch an nachzulassen, so daß man in sehr schlimmen Krankheitsfällen fast völliges Nachlassen der Produktion beobachtet und nur ziemlich schlechtes Heu von Holcus und Schafgras erntet. Es ist dieser Gang so typisch, daß man, wenn man so einen Rückschlag mitgemacht hat, sofort an dem äußerlichen Bilde die Krankheitsursache erkennt.

Bevor wir nun zu dem allgemeinen Teil über die Behandlung und Genesung des Bodens und die Bekämpfung der Krankheit in der Praxis übergehen, wollen wir zuerst noch etwas ausführlich über die Beobachtungen der Krankheitserscheinungen bei Hafer mitteilen. Wahrscheinlich enthalten diese Beobachtungen allgemeine Angaben über das Auftreten der so schädlichen Wachstumshemmungen. Wir haben bei vergleichenden Versuchen in dazu geeigneten Vegetationskästchen auf Böden von verschiedenem Krankheitsgrade die Entwicklung der Halme untersucht. Die Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Halmglieder einer gleichen Anzahl (15) kranker Pflanzen einerseits und gesunder Exemplare anderseits. Weil die untersten Halmglieder nicht oder sehr schwierig gemessen werden können (bei Hafer sind meist 9 Halmglieder vorhanden), sind nur fünf zur Messung herangezogen, und es wurde das letztentwickelte als Nr. I[6]) bezeichnet.

[6]) Es ist dies natürlich falsch, da die Anzahl Halmglieder zwischen 9 und 10 abwechselt; aber weil wir nicht die Anzahl für jede Pflanze bestimmten, haben wir bequemlichkeitshalber das letzte 9. oder 10. Glied als I bezeichnet.

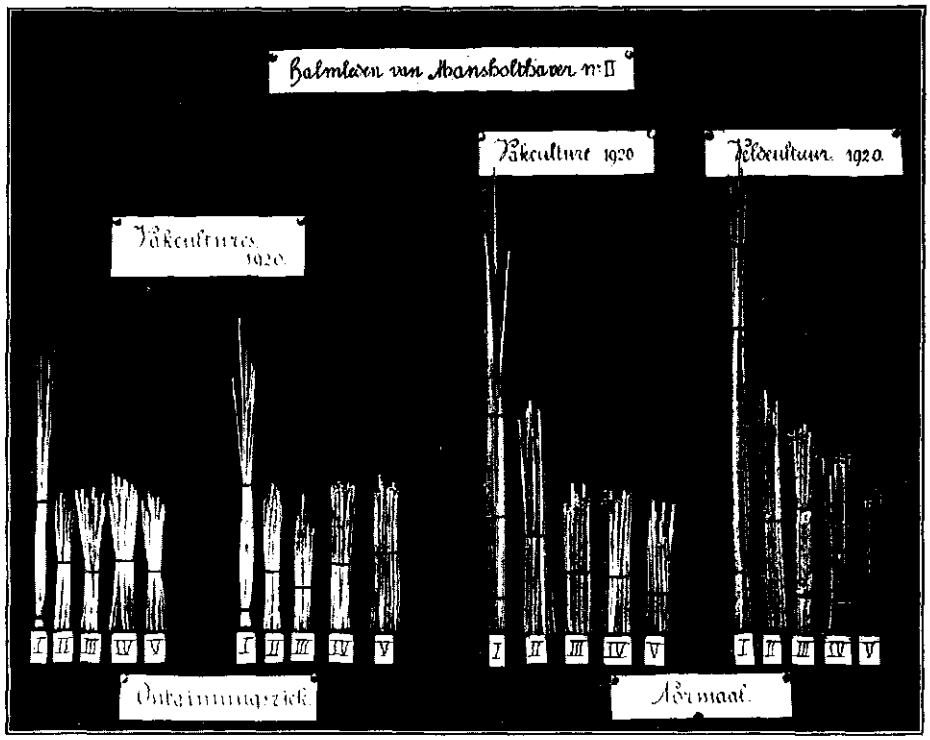

Abb. 4.
Links die Halmglieder zweier kranken Haferkulturen (15 Pflanzen).
Rechts die Halmglieder zweier gesunden Haferkulturen (15 Pflanzen).

Bei den gesunden Pflanzen zeigt sich sofort das normale Längenwachstum, welches ziemlich gut der Nowackischen Formel entspricht. Bei den kranken Pflanzen fällt dagegen die Abweichung sofort ins Auge. Die Halmglieder Nr. V sind noch ohne scheinbare Abweichung ausgewachsen, schon bei Nr. IV setzt eine Hemmung ein, die bei Nr. I am allerstärksten hervortritt. Die Aehrchen sind denn auch kümmerlich entwickelt, wie Abbildung 5 zeigt.

Nun ist es eine bekannte Sache, daß, wenn bei Getreide die Aehrenbildung einhält, sofort die Neigung der Bildung von Seitenhalmen zur Wirkung kommt. Tatsächlich tritt diese Neigung, welche den Praktikern bekannt sein wird, immer auf, und zwar in der Zeit, wenn die gesunden Pflanzen zu schossen anfangen, also etwas vor dem Zumvorscheintreten der Aehren.

Wir haben diese Wachstumshemmungen nur bei Hafer eingehend studiert, doch zweifeln wir nicht daran, daß bei allen andern Getreidearten die Sache sich geradeso verhält. Aus unseren Feldbeobachtungen bekommen wir weiter den Eindruck, daß bei den anderen Kulturpflanzen ebenfalls eine Wachstums-

Abb. 5.
Links die dürftige Entwicklung kranker Aehren (lose).
Rechts die normale gesunde Entwickelung.

hemmung in einer bestimmten Entwickelungsperiode auftritt. Es wäre von Bedeutung nachzuforschen, ob diese Periode in irgend einer Weise zusammenhängt mit der Fruchtbildung.

In dieser Materie ist noch manches zu untersuchen übrig.

Wurde hier die ausgeprägte Erscheinung der Krankheit geschildert, so versteht sich von selbst, daß in der Praxis alle Uebergänge vorkommen. Oefter kommt die Krankheit erst ans Licht beim Dreschen, wenn der Körnerertrag weit unter der Erwartung zurückbleibt, und das Hektolitergewicht zu gering ist.

Die Krankheit ist schon längere Zeit und vielerorts bekannt, aber nicht als eine „Bodenkrankheit" anerkannt worden. Sie wurde meist als „Frostschaden" oder als „Sonnenbrand" bezeichnet.

III.

Im Anfange unserer Mitteilung wurde erwähnt, daß die Urbarmachungskrankheit als Bodenkrankheit nicht mit der moorkolonialen und Hooghalenschen in Verbindung steht.

Im allgemeinen ist das auch richtig; doch gibt es einige Zusammenhänge, die von vornherein zu beachten sind. Die natürlichen urbarmachungskranken Böden sind arm an Kalk, bisweilen sehr arm an Kalk. Ohne Kalkung wachsen auf solchen Böden keine Schmetterlingsblütler und Rüben und vor allen Dingen kein Gras außer Schafgras (Festuca ovina), Agristos alba stolonifera und stellenweise Holcusarten. Falls der Humusgehalt nicht groß ist, kann man bei alkalischer Düngung manchmal normales Wachstum erreichen, wenn nicht die Krankheit zu stark auftritt. Bei humusreicheren Sandgemischen gelingt dies aber nicht, und nun

ist es ganz bemerkenswert, daß in solchen Fällen nie die Hooghalensche Krankheit auftritt, obgleich der Kalkzustand öfter unter — 25 sinkt[7]), also unter eine Grenze, bei welcher man auf älteren Humussandböden die Krankheitserscheinungen der Hooghalenschen Krankheit fast immer vorfindet. Kalkt oder mergelt man nun einen solchen urbarmachungskranken Boden, dann wachsen im allgemeinen die Pflanzen besser, natürlich an erster Stelle die Schmetterlingsblütler und Rüben, aber die Urbarmachungskrankheit selber tritt in bedeutend schlimmerem Maße auf. Also diese Böden vertragen, trotzdem sie sehr kalkarm sind, keinen Kalk! Es mag dies aus Tabelle 1 hervorgehen, wobei es sich um einen Feldversuch handelt auf einem Boden mit etwa 10% Humus. Es ergaben sich bei verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen (nicht in der Tabelle erwähnt) auf gemergelten Parzellen (Kalkzustand — 6) und ungemergelten Parzellen (Kalkzustand — 26) folgende Erträge:

Tabelle 1 (Hafererträge).

Nr.	Korn (kg pro Hektar)		Stroh (kg pro Hektar)	
	Ohne Mergel Kalkzustand — 26.	Mit Mergel Kalkzustand — 6.	Ohne Mergel Kalkzustand — 26.	Mit Mergel Kalkzustand — 6.
1	2250	1500	3890	2660
2	2320	1370	4910	3150
3	1350	630	3770	2190
4	560	nichts	3210	nichts
5	1440	570	5950	4630
11	2650	410	6850	5270
17	1370	210	6760	3810
12	23	nichts	3410	nichts

Der Kalkschaden ist besonders deutlich aus den Körnererträgen zu ersehen.

In dem einen Fall der Parzelle 11, wo ohne Bemergelung fast eine normale Ernte erzielt wurde, schlägt bei der Bemergelung die genesende Maßnahme fast ganz fehl. Daß, soweit es die Quantität betrifft, der Strohertrag im ganzen weniger leidet als der Körnerertrag, erhellt ebenfalls aus den Zahlen. Die Qualität läßt aber sehr stark nach; das Stroh ist grünlich, trocknet fast gar nicht ab und enthält noch eine Menge unausgewachsener Seitenhalme. Obgleich das Gewicht manchmal noch genügend vorkommt, ist die Qualität absolut ungenügend. Die Zahlen für die Parzelle Nr. 12 sind sehr beachtenswert; hier war der Boden so stark erkrankt, daß der Ertrag auf der ungemergelten Parzelle auf 23 kg Korn pro Hektar herunterging, während an Stroh noch 3410 kg geerntet wurde, dessen Qualität aber die denkbar

[7]) D. h., daß an 1000 kg Humus 25 kg reiner kohlensaurer Kalk fehlen, um diesen Humus zu neutralisieren.

schlechteste war. Auf der gemergelten Parzelle gingen sämtliche Pflanzen schon im Mai zugrunde, es wurde nicht einmal Stroh geerntet. Aus den Erträgen läßt sich berechnen, daß im Mittel durch Bemergelung der Körnerertrag auf 39 % und der Strohertrag auf 61 % heruntergedrückt ist.

Es ist dies, wie gesagt, immer der Fall: wenn „kranke" Böden gekalkt werden, nimmt der Krankheitsgrad zu, und die Erträge gehen stark zurück. Diejenigen, welche mit Hilfe der neuen Untersuchungsmethoden die Böden auf Kalkbedürftigkeit untersuchen, mögen gerade bei diesen Böden sehr aufpassen. Besonders unheilstiftend wirken die sogenannten „Reaktionskästchen", welche man in die Hände von Laien gibt, unter denen ich das Comber-Verfahren nenne, das als Kalkbedürftigkeitsbestimmungs-Verfahren propagiert wird. Glücklicherweise kann der Praktiker, der über eine umfangreiche Erfahrung verfügt, die Böden, welche entweder „krank" sind oder die Neigung haben, es bei tieferer Bearbeitung des Bodens zu werden, dies erkennen, erstens durch eine genaue Erkundigung über die Geschichte des Bodens und zweitens über die Erscheinungen während des Wachstums der Pflanzen. Sicherheit erlangt man durch die Untersuchung im Laboratorium und am Ende einen sichtbaren Beleg durch einen einfachen Versuch mit weißem Hafer, welchen man streifenweise mergelt und ungemergelt läßt.

Wenn aber die Krankheit genesen ist, tritt wieder die Wichtigkeit der Kalkfrage in den Vordergrund und merkwürdigerweise tritt dann auch bei Kalkübermaß die moorkoloniale Krankheit sofort auf, welches letzte Uebel sich auf „urbarmachungskranken" Böden bei Kalkübermaß nicht oder ausnahmsweise zeigt. Wenn die Ackerkrume ungleichmäßig mit Sand gemischt wurde, d. h. wenn der Acker stellenweise verschiedenen Humusgehalt aufweist, kann es vorkommen, daß auch die Urbarmachungskrankheit nur stellenweise vorkommt nach einer genesenden Behandlung und daß, je nach dem Vorhandensein einer angemessenen Kalkmenge, die beiden obengenannten Bodenkrankheiten auftreten. In solchen Fällen beobachtet man die Urbarmachungskrankheit mit einer der beiden anderen zu gleicher Zeit.

Dieses gleichzeitige Vorkommen hat manchmal die Forscher irre geführt, aber es ist lediglich immer auf die Ungleichmäßigkeit des Bodens zurückzuführen.

Nun würde man fragen können, wie ist es dann mit der Kalkfrage auf urbarmachungskranken Böden bei unempfindlichen Pflanzen oder auf wenig kranken Böden mit wenig empfindlichen Pflanzen? Wir können darauf glücklicherweise die bestimmte Antwort geben, daß in dem fraglichen Falle die Pflanze geradeso auf den Kalkzustand reagiert als wir es bei der Hooghalenschen und moorkolonialen Krankheit dargetan haben. Zum Beweise führen wir in Tabelle 3 einen Versuch mit Kartoffeln an, der auf demselben Versuchsfelde, wo die Versuche mit Roggen der Tabelle 2 angestellt wurden, vorgenommen wurde.

Tabelle 2.

Nr.	Kartoffelknollen kg/ha		Kartoffelschorf	
	Ohne Mergel Kalkzustand — 26.	Mit Mergel Kalkzustand — 6.	Ohne Mergel Kalkzustand — 26.	Mit Mergel Kalkzustand — 6.
1	16400	252 0	0[8])	8
2	17200	30700	0	7
3	20500	28900	1	6
4	20100	27400	2	6
5	28700	30500	2	8
11	26300	30100	4	7
17	21700	26300	1	7
12	21800	27800	0	6

Hier erblickt man sofort, daß die ungemergelten Parzellen einen geringeren Ertrag ergaben als die gemergelten, hier tritt also, wie gesagt, die Kalkfrage in den Vordergrund. Beachtenswert sind zu gleicher Zeit die Zahlen, welche den Grad des Schorfes angeben. Es versteht sich, daß die kalkreichen Parzellen ziemlich stark, bisweilen sehr stark schorfige Knollen produzierten. Die Parzellen 5 und 11 wurden mit städtischem Kompost behandelt, welcher aus Hausmull, Kehricht und Fäkalien hergestellt wurde. Dieser Dünger ist, wie nachher gezeigt werden wird, ein vorzügliches Heilungsmittel für die Urbarmachungskrankheit, und weil er ziemlich kalkreich ist, hilft er den Kartoffeln, welche einen ziemlich kalkarmen Boden vertragen und sogar bevorzugen, auf bequeme Weise über die „Kalkgrenze" hinüber. Deshalb sind die Kartoffelernten auf den ungemergelten Parzellen 5 und 11 wesentlich höher als auf den anderen ungemergelten Parzellen. Die Mittelwerte des ganzen Versuchsfeldes mit 17 Doppelparzellen betragen für den ungemergelten Teil 21700 kg und für den gemergelten Teil 28000 kg pro ha. Die Zahlen für den Schorf sind 1 resp 7.

Weitere Belegdaten wollen wir an dieser Stelle nicht anführen; bei der Besprechung der verschiedenen Versuche werden wir noch Gelegenheit haben, besonders auf die Schädlichkeit einer Bekalkung zurückzukommen. Die Hauptsache ist, daß man sich klar dessen bewußt ist, daß man, ohne gleichzeitige Genesungsmaßnahmen herbeizuführen, mit einer Bekalkung sehr vorsichtig vorgehen soll, jedenfalls diese nie vorschlagen soll ohne Untersuchung des Bodens im Laboratorium.

Ueber die Genesung wollen wir im nächsten Kapitel sprechen.

IV.

Es versteht sich, daß die Praxis schon manches versucht hat, sich eines so gefährlichen Uebels zu entledigen. Anfangs, als festgestellt wurde, daß die Ursache im Boden zu suchen sei, wurde bei der Neukultur dahin gestrebt, den Schwarzhumus zu beseitigen.

[8]) 0 bedeutet vollkommen glatte Knollen, 10 ganz mit Schorfgewebe bedeckte Knollen.

Es gelang dies ziemlich befriedigend, indem dieser schädliche Humus tief untergepflügt wurde. Aber dabei entstand doch der große Nachteil, daß man den humusarmen Sand in die neue Krume hineinarbeitet und die Sode ganz in den Untergrund versenkt, während Sand und Schwarzhumus aufeinanderliegen. Besser machten es die Kleinbetriebe, wo jährlich im Winter durch Handarbeit neues Kulturland geschaffen wird. Da verfährt man sorgfältiger und zwar derart, daß der Schwarzhumus in den Untergrund versenkt wird, worauf die Sode gelegt wird, während zuoberst schließlich der Sand kommt, welcher mit der in Verwesung begriffenen Sode die wertvolle Ackerkrume bilden soll.

Die Trennung von Sode und Schwarzhumus ist manchmal schwierig und überdies ungenau, weil Sode und Schwarzhumus ineinander übergehen. Man entdeckte bald, daß sogar eine geringe Verunreinigung der Sode, aus der die Krume durch Sandeinmischung hergestellt wird, im Laufe der Zeit nachteilig zu wirken anfängt. Deshalb wurde möglichst viel von der Sode weggeschafft, und man erhielt eine humusarme Krume.

Im allgemeinen wurde denn auch die Erfahrung gemacht, daß die humusärmsten Ackerböden am wenigsten an der Krankheit litten. Es brachte dieser Umstand die Landwirte auf den Gedanken, auch ältere Böden, welche die Krankheit zeigten, mit Sand zu bedecken, eine Arbeit, die ziemlich teuer war, aber anfangs großen Erfolg hatte. Es zeigte sich leider fast immer, daß nach mehreren Jahren, sei es in geringem Grade, doch wieder die Krankheit auftrat, besonders, wenn etwas tiefer gepflügt wurde. Es soll hervorgehoben werden, daß diesen Bekämpfungsmethoden zwei wichtige Nachteile anhaften, und zwar einmal die Kostspieligkeit der benötigten Arbeiten und ferner die „Verdünnung" der Ackerkrume. Statt einer Verminderung des Humusgehaltes sollte man vielmehr eine Bereicherung anstreben, besonders in regenarmen Gegenden.

Mittlerweile wurde nach anderen Mitteln gesucht, welche es den Landwirten ermöglichten, den Schwarzhumus als Humus zu behalten. Der Gedanke, daß gerade solche Böden, welche noch ziemlich viel Rohhumus enthalten, organischen Dünger, d. h. Stallmist, mit Vorteil aufnehmen, war ziemlich allgemein, allein die Richtigkeit wurde niemals bewahrheitet. Es konnte weder mit reichlichem organischen Dünger, noch mit künstlichen Düngemitteln, in welcher Form man dieselben auch zur Verwendung brachte, etwas Günstigeres erreicht werden, im Gegenteil wurde die Erfahrung gemacht, daß eine Kalkdüngung, wie schon hervorgehoben wurde, sogar schädlich war.

Nun stellte sich bei diesen verschiedenen Düngungsmaßnahmen doch etwas sehr Wichtiges heraus, das anfangs nicht beachtet wurde. Es gibt nämlich in Holland verschiedene Städte, welche noch aus den Abfällen als Hausmull, Straßenkehricht und Fäkalien einen Kompost herstellen und als Dünger verkaufen. Es war auffällig, daß in solchen Gegenden, wo dieser Kompost Verwen-

dung fand, die Krankheit weit weniger oft auftrat als in solchen, wo die Herbeischaffung dieses voluminösen Düngers zu teuer wurde und er also nicht oder fast nicht angewendet wurde. Die alte Meinung, daß jede Neukultur eine ein- oder zweimalige Düngung mit städtischen Abfällen unbedingt brauchte, war seit des Aufschwunges der Mineraldüngung vergessen.

Eine bessere Beachtung dieses Punktes hatte die günstigsten Erfolge; die Praxis sowie das Versuchsfeld lieferten wertvolle Beiträge zu einer allgemeinen Besserung der Lage. Tatsächlich stellte sich heraus, daß eine ordentliche Kompostdüngung eine völlige Genesung herbeiführte.

Aus den Bildern 6 und 7 einiger Versuchsresultate, die wir unseren wichtigsten Ergebnissen entnehmen, wird dies ohne weiteres klar. In der Tabelle 3 führen wir einige Erntezahlen an aus dem Jahre 1923, die Tabelle 4 enthält solche aus 1924 und die Tabelle 5 aus dem Jahre 1925.

Tabelle 3 (Ernte 1923, Hafer).

Nr.	Behandlung	Korn kg/ha		Stroh kg/ha	
		Kalkzustand — 26	Kalkzustand — 6	Kalkzustand — 26	Kalkzustand — 6
1	Mit 6 cm Sand bedeckt	2200	1500	3900	2650
2	Mit 4 cm Sand bedeckt	2320	1370	4900	3150
3	Mit 2 cm Sand bedeckt	1350	630	3800	2200
5	Kompost 41000 kg je ha 1921/22	1440	570	5950	4600
11	Kompost 80000 kg je ha 1922/23	2650	410	6850	5270
7	Kuhmist 40000 kg je ha 1922/23	370	220	4200	3300
13	Stalldünger 50000 kg je ha 1922/23	130	105	6850	2620
9	Pferdemist 40000 kg je ha 1922/23	130	160	3950	2350
17	Fäkalien 40000 kg je ha 1922/23	1370	210	6750	3800
4	Allein Kunstdünger	560	nichts	3200	nichts
6	„ „	100	„	3500	„
8	„ „	44	„	3300	„
10	„ „	43	„	2050	„
12	„ „	12	„	3400	„
14	„ „	nichts	„	4800	„
16	„ „	620	„	4800	„

Man erblickt sofort, daß Kuhmist, Stalldünger und Pferdemist nicht imstande sind, die Krankheit zu heilen, sondern nur eine reichliche „Kompost"-Düngung und einigermaßen die Sandbedeckung, falls dieselbe nicht unter 4 cm hinuntergeht.

Was die sonstige Düngung betrifft, muß hervorgehoben werden,

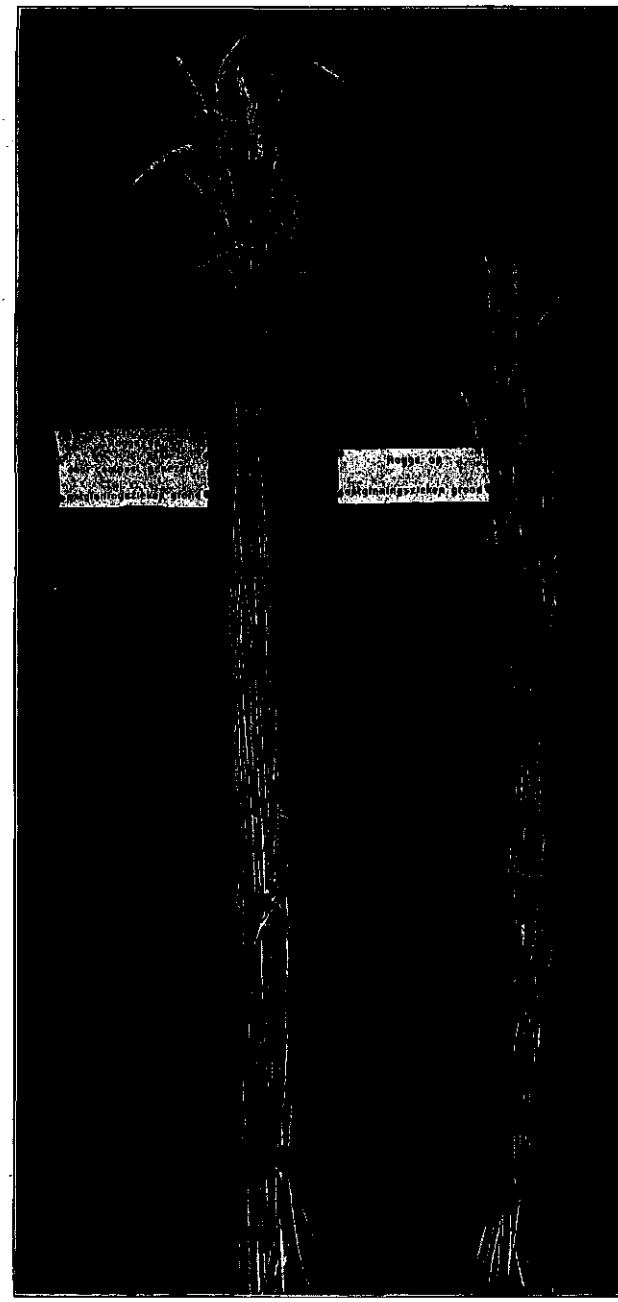

Abb. 6. (Versuch „de Weite").
Links durch Kompostanwendung genesener Roggen.
Rechts die krankgebliebenen Pflanzen.

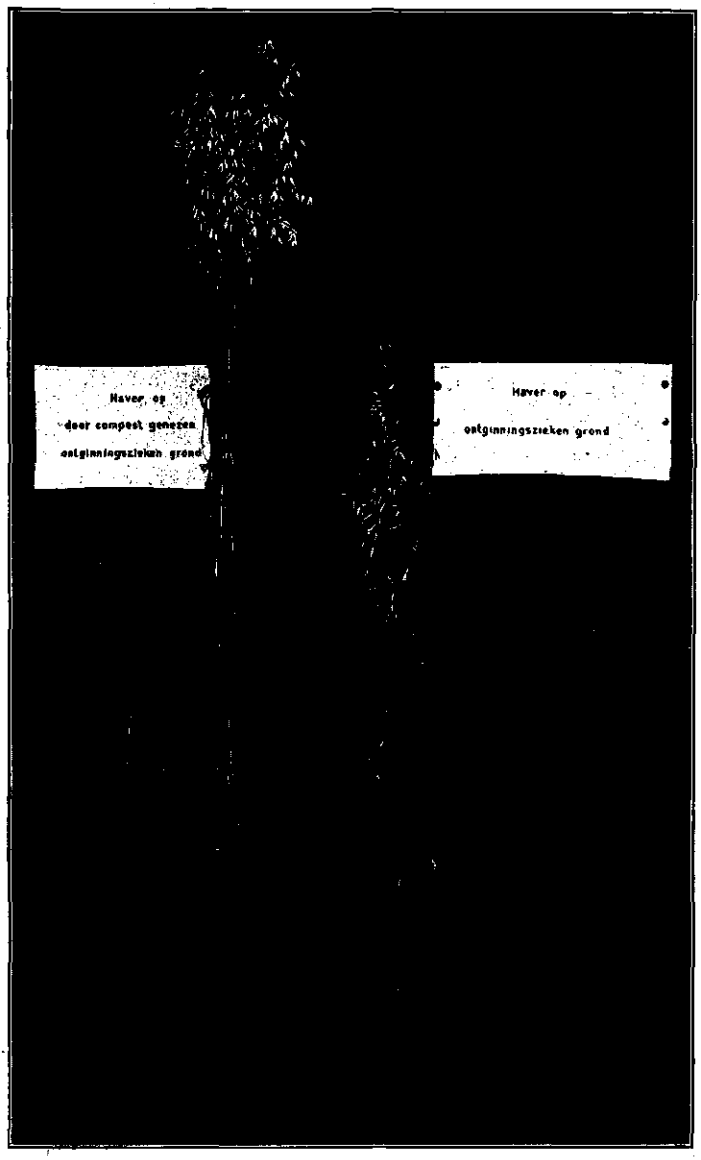

Abb. 7. (Versuch Marum.)
Links durch Kompost genesener Hafer.
Rechts krank gebliebener Hafer.

daß die Parzellen, welche im Winter 1922/23 organischen Dünger erhielten, gedüngt wurden mit 300 kg Thomasmehl und 400 kg Kaliummagnesiumsulfat, während alle anderen 600 kg Thomasmehl, 800 kg Kaliummagnesiumsulfat und 400 kg Chilesalpeter erhielten. An Nährstoffen mangelte es also nicht.

Weil es außerordentlich schwierig ist, ein Versuchsfeld zu finden, welches derartig gleichmäßig beschaffen ist, daß die Krankheit an jeder Stelle denselben Grad zeigt, wurden auf dem ganzen Felde gleichmäßig verteilte sogenannte Kontrollstreifen angelegt, welche nur mit Kunstdünger behandelt wurden. Es sind dies die Parzellen 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16. Die Parzelle 16 war am wenigsten krank und lag gerade neben der Parzelle 17, welche mit Fäkaldünger behandelt wurde. Obgleich die Nummer 17 also in der Nähe einer Stelle liegt, wo die Krankheit sich nicht in so schlimmen Maße äußerte wie auf anderen Teilen des Feldes, weist der Ertrag doch auf einen günstigen Einfluß der Fäkalbehandlung hin. Allerdings scheint dieser organische Mist besser gewirkt zu haben als die anderen organischen Dünger.

Was im vorigen Paragraphen über das abnorme Verhältnis von Korn zu Stroh gesagt wurde, ist den Zahlen der Tabelle 3 direkt zu entnehmen; allein man soll sich aus den Stroherträgen nicht die Vorstellung machen, als ob tatsächlich alles „Stroh" Haferstroh sei; bei den kranken Parzellen wächst ziemlich viel Unkraut mit, und was man schließlich erntet, ist ein Gemisch aus sehr minderwertigem Stroh und verschiedenartigem Unkrautstroh. Bei den Kunstdüngerparzellen 4, 6, 8, 10, 12, 14 und 16 war die Sache einfacher, da war auf den gemergelten Parzellen alles Unkraut. Die Bilder 8 und 9 illustrieren die Ergebnisse dieses Versuchsfeldes einigermaßen.

Die 1924 gesammelten Ergebnisse verschiedener Versuchsfelder, sind in Tabelle 4a und 4b zusammengestellt.

Tabelle 4a (Ernte 1924).

Nr.	Behandlung	Ertrag kg je ha Korn	Stroh	Bemerkungen
	Versuchsfeld 14 Cleveringa			
1	Kompost 53000 kg 1923	3000	5250	Roggen
2	Kunstdünger	2000	3400	„
5	Kunstdünger und Mergel	910	3750	„
4	Stalldünger 60000 kg mit $^1/_{10}$ Kompost gemischt 1924	3050	5500	„
9	Fäkaldünger 40000 kg 1924 (Parzelle war 1923 mit Mergel behandelt)	1880	6000	„
	Versuchsfeld 16 Cleveringa			
1	Kompost 50000 kg 1924	3500	5000	Roggen
2	Kunstdünger	1500	3500	„

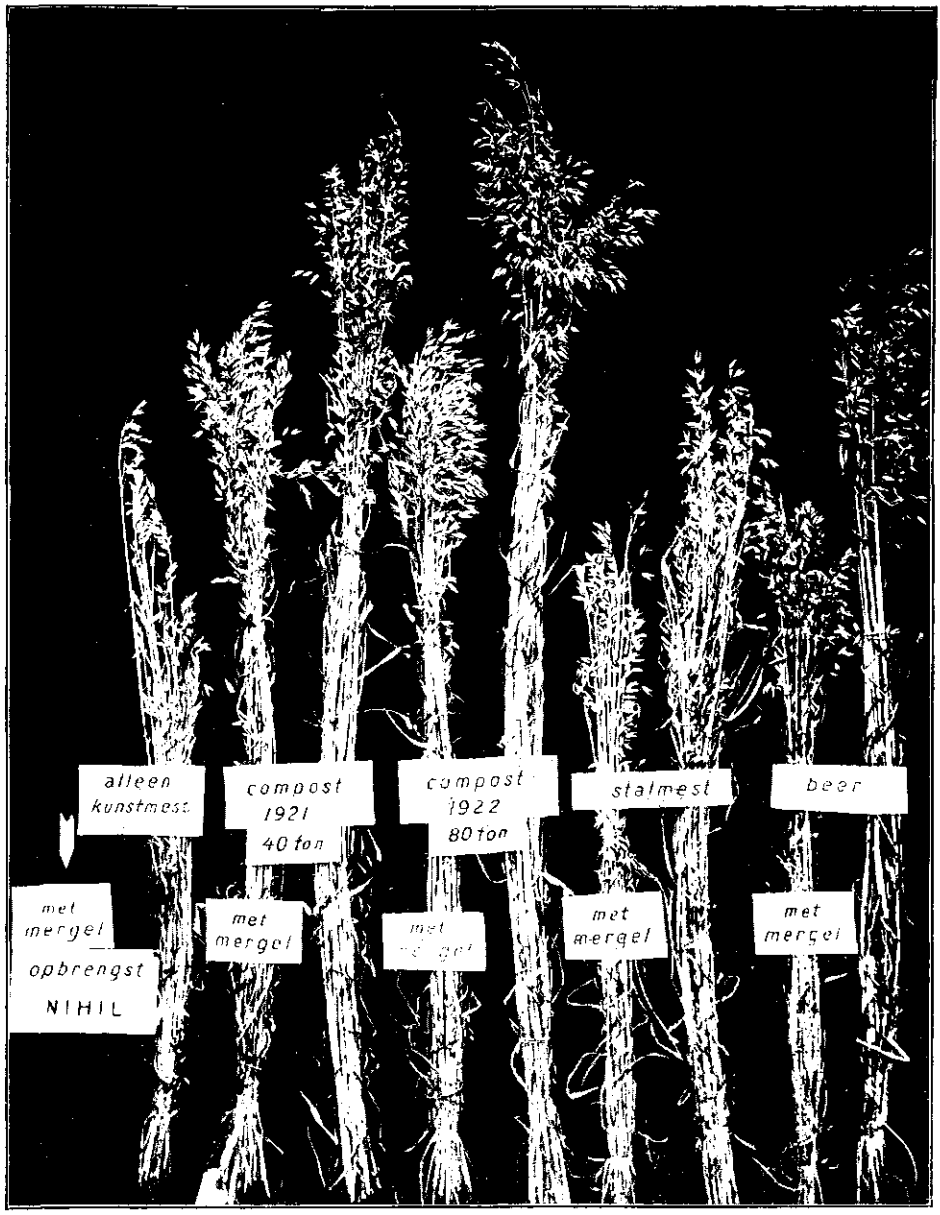

Abb. 8. Versuch Marum. (Tabelle 3.)
Die Proben verschiedener Parzellen; sie müssen paarweise zusammen betrachtet werden und stellen die Parzellen mit und ohne Mergel dar.
1e Paar, Parzelle 14. 2e Paar, Parzelle 5. 3e Paar, Parzelle 11.
4e Paar, Parzelle 13. 5e Paar, Parzelle 17.

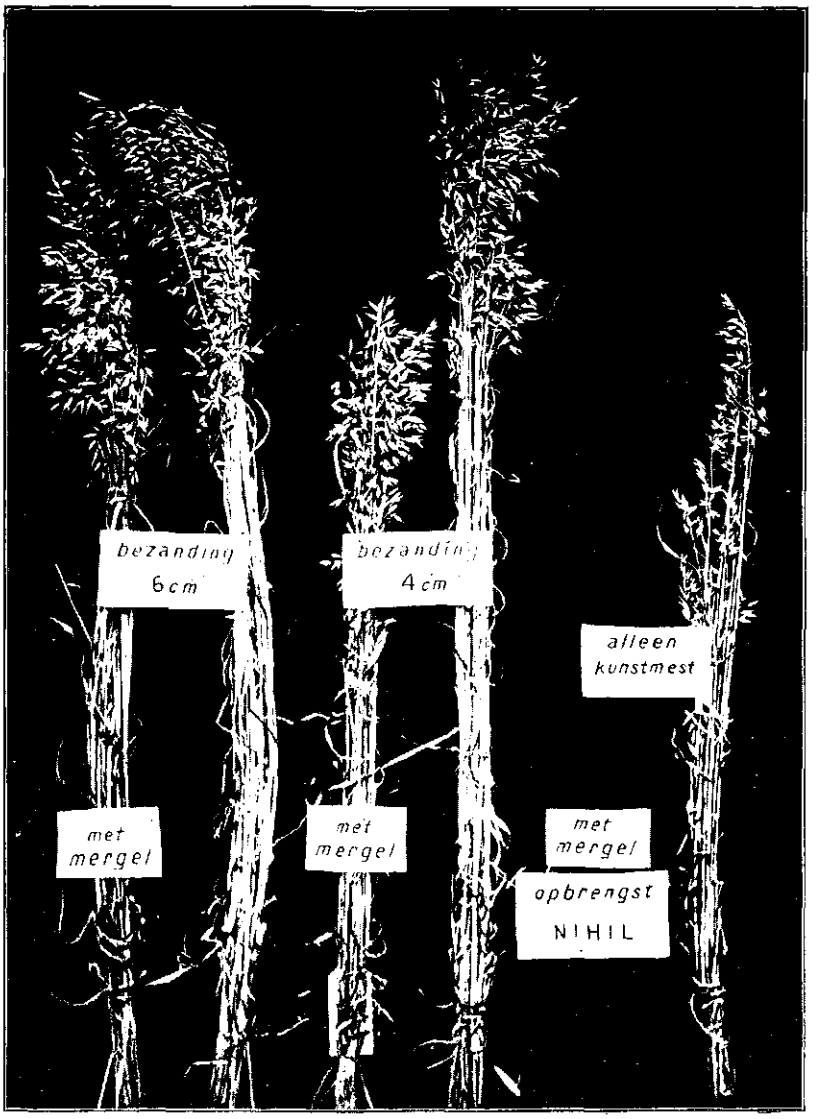

Abb. 9. Versuch Marum. (Tabelle 3.)
Die Proben verschiedener Parzellen müssen paarweise zusammen betrachtet werden und stellen die Parzellen mit und ohne Mergel dar.
1e Paar, Parzelle 1. 2e Paar, Parzelle 2. 3e Paar, Parzelle 14.

Tabelle 4 b (Ernte 1924). Sommerroggen.

Nr.	Behandlung	Korn kg je ha		Stroh kg je ha		hl-Gewicht	
		— 26	— 6	— 26	— 6	— 26	— 6
4 f	Hausmull, Fäkal., Kehricht	2220	2170	5950	6700	69,0	67,7
4 e	Hausmull, Fäkalien	2330	1760	6000	6050	69,3	65,1
4 d	Kunstdünger (Kontrolle)	1030	900	5500	5550	65,3	62,5
4 c	Kehricht	990	1870	4200	6600	64,5	64,6
4 b	Fäkalien	1280	1480	5000	5800	68,6	65,5
4 a	Hausmull	1960	2270	5600	6300	69,8	69,0
5	Kompost 1922 (40000 kg je ha)	2160	2280	5450	5500	69,6	68,2
11	Kompost 1923 (80000 kg je ha)	2850	2820	5950	6400	70,2	70,2
8	Kompost 1924 (58000 kg je ha)	2000	2290	4900	6000	69,2	71,2
9	Pferdemist 1923	1250	870	4600	4750	62,5	60,4
6	Kunstdünger (Kontrolle)	1260	490	4700	3850	66,4	58,6
7	Kuhmist 1923	1170	620	4600	4650	64,0	58,6
10	Kunstdünger (Kontrolle)	1400	800	4850	4250	63,0	62,0
13	Stalldünger 1923	2020	980	5530	4750	68,1	58,7

Die Zahlen der Tabelle 4a sind zwei Versuchsfeldern des Konsulenten Cleveringa entnommen[9]). Es galt hier außer der Feststellung der Wirkung des Kompostdüngers noch einen neuen Versuch und zwar die Herstellung eines Stalldüngers, welcher mit städtischem Kompost geimpft wurde. In solchen Ortschaften, wo die Herbeischaffung der städtischen Abfälle zu kostspielig werden sollte, könnte ein Mischverfahren vielleicht Rettung bringen. Es hat sich tatsächlich gezeigt, daß diese Möglichkeit besteht, der 14. Versuch Cleveringas aus der Tabelle 4a deutet diese Möglichkeit an. Es wurde mit dem Mischdünger 3050 kg Korn je ha geerntet, gerade soviel als mit reinem Kompost. Der Kunstdünger, der reichlich bemessen wurde, brachte es zu 2000 kg und falls überdies noch Mergel zugefügt wurde (3000 kg je ha) sank der Ertrag bis zu 900 kg.

Die Fäkaldüngung der Parzelle 9 wurde durch 300 kg Kalisalz 20 % und 300 kg Thomasmehl ergänzt. Der Stickstoffgehalt des Düngers war vollständig genügend — trotzdem blieb die Ernte auf etwa 1900 kg stehen.

Die anderen Zahlen sprechen für sich. Es soll schließlich hervorgehoben werden, daß der Mischdünger nicht immer die vollständige Wirkung des reinen Kompostes gezeigt hat. Obgleich eine Impfung fast immer günstig wirkt, kommt es vor, daß sogar ein Mischverhältnis von 3 Stallmist zu 1 Kompost nicht abhilft. Es hängt wahrscheinlich die Wirkung ab von der Zusammensetzung des Kompostes und von der Herstellungsweise des Mischdüngers. Gewöhnlich wurde dieser schichtenweise aufgestapelt und während mindestens 6 Wochen an der Luft — möglichst unter Bedeckung — stehen gelassen.

Weitere Erwähnung dieser Mischversuche hat keinen Zweck,

[9]) Verlag der Landbouwproefvelden des Konsulenten für Nord-Gelderland. 1924.

weil doch alles, was mit der Kompost-Wirkung zusammenhängt, im Grunde von der Zusammensetzung des Kompostes abhängig ist.

Was ist eigentlich dieses Material, das bei der vorliegenden Frage, eine so sonderbare Rolle spielt? Die Frage ist außerordentlich schwierig zu beantworten; die Herstellungsweise ist sehr verschieden. Die meisten Städte sammeln die Küchenabfälle und den Kehricht getrennt und mischen sie auf dem Lagerplatz, wo sie mit „Kübelfäces" überschüttet werden. Es versteht sich, daß je nachdem sämtliche Fäkalien oder ein Teil derselben gesammelt werden, oder je nachdem sich in einer Stadt Fabriken oder sonstige industrielle Unternehmungen vorfinden, die Zusammensetzung des Kompostes verschiedentlich ausfällt. Die Stadt Groningen, welche den größten Betrieb hat und auf 95000 Einwohner ungefähr 30000 Kubikmeter des fertigen Kompostes abliefert, mischt ungefähr 50 Hausmull zu 33 Fäkalien zu 17 Kehricht. Die Zusammensetzung nach Mittelwertberechnung ist ungefähr:

0,6 % Stickstoff,
0,4 % Kali,
0,5 % Phosphorsäure,
2,0 % Kalk.

Bei einer Düngung mit 50000 kg je Hektar werden also die Nährstoffe in vollständig hinreichender Menge angewendet. Weil nun die Analyse uns keinenfalls über die günstige Wirkung Aufklärung bringen kann, haben wir eine Reihe Versuche angesetzt mit den einzelnen Komponenten, und zwar mit Hausmull, mit Kehricht und mit Fäkalien.

Wir hatten

a) Hausmull (58000 kg je Hektar),
b) Fäkalien (58000 kg je Hektar),
c) Kehricht (58000 kg je Hektar),
d) Kunstdünger (Kontrolle),
e) Hausmull mit Fäkalien (60 zu 40) 58000 kg je Hektar,
f) Hausmull mit Fäkalien und Kehricht (50 : 33 : 17), 58000 kg je Hektar.

Die Tabelle 4b zeigt die Ergebnisse des Jahres 1924 mit Sommerroggen auf demselben Versuchsfelde der Tabelle 3. Es wurden diese Versuche auf die Parzelle 4 gelegt, welche ziemlich gleichmäßig von der Krankheit angegriffen war. Die Anwendung geschah am 7. Februar; am 24. März wurde Petkuser Sommerroggen gesät. Die normale Düngung war festgestellt auf

115 kg P_2O_5,
120 kg K_2O,
70 kg N.

Die Parzelle 4a mit Hausmull erhielt eine Volldüngung mit Thomasmehl, Kalisalz 40 % und Chilesalpeter; die Parzelle 4b mit Fäces, nur Thomasmehl und Kalisalz 40 %; die Parzelle 4c mit Kehricht enthielt dieselbe Düngung mit 61 kg N; 4e mit Hausmull und Fäces, die Volldüngung ohne N, und 4f gleichfalls Volldüngung ohne Stickstoff. An Nährstoffen fehlte es also nicht.

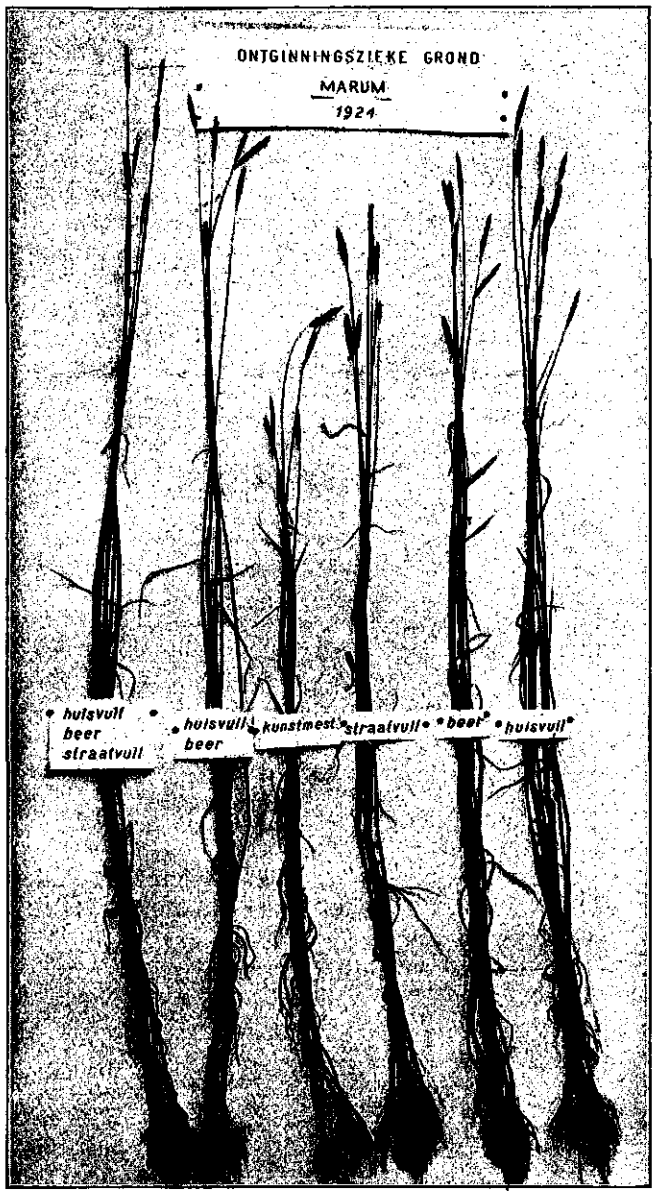

Abb. 10. (Tabelle 4b.)
Von links nach rechts.
1. Hausmull + Fäkalien + Straßenkehricht.
2. Hausmull + Fäkalien.
3. Kunstdünger. 4. Straßenkehricht.
5. Fäkalien. 6. Hausmull.

Es waren während des Wachstums besonders große Unterschiede vorhanden, welche durch die Aufnahme der Abbildung 10 sehr gut wiedergegeben sind. Ueberall, wo Hausmull gegeben wurde, war der Bestand gesund. Fäces, Kehricht und Kunstdünger waren nicht imstande, der Krankheit vorzubeugen. Weil Sommerroggen nicht so empfindlich ist wie Hafer, findet man hier nicht die großen Unterschiede, die wir früher feststellten, und wo Mißernten beim Kalkzustand — 6 nicht selten waren. Der Einfluß der Bemergelung macht sich besonders im Hektolitergewichte bemerkbar, obgleich die Unterschiede nicht groß sind.

Daß Fäkaldünger zwar etwas wirkt, aber bei weitem dem Komposte nachsteht, wußten wir schon aus den Versuchen des Jahres 1923; es wurde im Jahre 1924 allseitig bestätigt, wie durch Cleveringa und auch sehr deutlich durch einen anderen Versuch, wo leider die Ernte durch Lagerfrucht auf der Kompostparzelle vernichtet wurde, aber über dessen Stand die Abbildung 11 uns sehr schön unterrichtet. Daß Kehricht für sich nicht wirkt, wurde erst 1924 festgestellt, allein es wurde die Erfahrung gemacht, daß auf der gemergelten Hälfte, wo der Kalkzustand —6 war, der Ertrag entgegen jeder Erfahrung sogar befriedigend ausfiel. Anfangs haben wir diese Abweichung irgend einem Fehler zugeschrieben. Jetzt aber sind wir geneigt, diesen Erfolg nicht einem Zufall zuzuschreiben, sondern als eine noch näher zu untersuchende Tatsache aufzufassen, auf die wir später noch zurückkommen werden. Bloß sei darauf hingewiesen, daß, wo völlige Heilung durch eine Kompostgabe auftritt, diese bei Roggen auch auf dem gemergelten Boden möglich ist. Ob gerade ein Boden mit hohem Kalkzustande Kehricht zur genesenden Wirkung braucht? Wie es sei, das Hektolitergewicht ist auf beiden Seiten bei Kehrichtanwendung niedrig und ungenügend. Vergleicht man aber die behandelten Erträge mit der Parzelle 11, welche 1923 80000 kg Kompost erhielt, dann erblickt man sofort, daß die besten Erträge mit dem hausmullhaltigen Mischdünger, welche ungefähr 2300 kg erreichten, der Nachwirkung des Kompostes aus 1923 nachstehen. Tatsächlich waren diese Parzellen weitaus die besten, nicht allein die ertragreichsten, sondern sie ergaben auch die beste Qualität mit einem Hektolitergewicht von 70,2. Daß die Kompostgabe von 58000 kg auf der Parzelle 8, im Februar 1924 angewendet, nicht den hohen Ertrag der Parzelle 11 herbeiführte, ist einem Versehen zuzuschreiben. Es hatte dieser Kompost einen zu niedrigen Stickstoffgehalt[10]), welches leider übersehen wurde, so daß nicht zeitig genug eine extra Stickstoffdüngung verabreicht werden konnte. Das hohe Hektolitergewicht gerade des gemergelten Bodens zeigt deutlich die genesende Wirkung dieses stickstoffarmen Kompostes.

Daß im Gegensatz zu der Nachwirkung des Kompostes (Parzellen 5 und 11) nicht von einer solchen bei den anderen orga-

[10]) Ausregnen beim Transport.

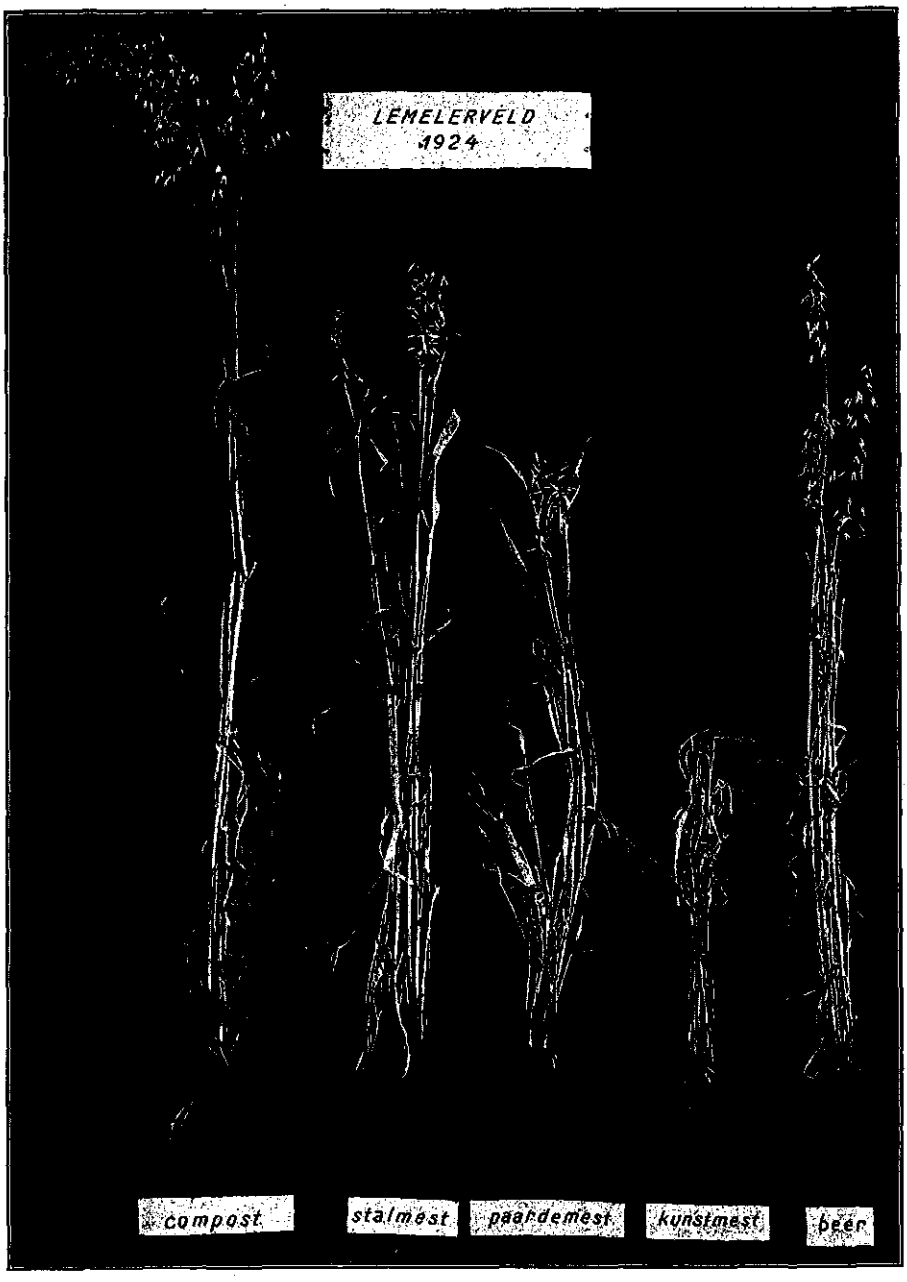

Abb. 11. Versuchsfeld (Lemelerveld).
Von links nach rechts, die Proben
1. der Kompostparzelle. 2. der Stalldüngerparzelle. 3. der Pferdedüngerparzelle.
4. Kunstdüngerparzelle. 5. Fäkaldüngerparzelle.

nischen Düngerarten die Rede sein kann, beweisen die Daten der Parzellen 9, 7 und 13. Besonders sind die gemergelten Parzellen stark von der Krankheit angegriffen, was, außer durch die Ertragsziffern, auch durch die des Hektolitergewichtes bewiesen wird. Einen sehr guten Eindruck bekommt man aus der Abbildung 12. Man sieht hier, wie eigentlich nur die Kompostparzellen einen normalen Roggenhalm geben, und daß sämtliche anderen Parzellen nicht imstande sind, gesunde Pflanzen zum Vorschein zu bringen.

Außer durch diese kontrollierenden Versuche wurde in der Praxis überall die genesende Wirkung des „Kompostes" näher untersucht und bestätigt. Zeitweise war die Nachfrage nach diesem Düngemittel so lebhaft, daß dieselbe bei weitem nicht befriedigt werden konnte. Durch die besseren Kenntnisse, welche man über die Krankheitserscheinungen allgemein erhielt, stellte es sich heraus, daß das Uebel ungemein stark verbreitet ist. Es läßt sich schon aus diesen Gründen voraussehen, daß die Kompostproduktion niemals zureichen wird, und zwar um so weniger, da die Neigung der städtischen Behörden, die Abfälle in Form eines Düngers zu beseitigen, immer geringer wird. Es mußte deshalb näher auf die scheinbar sonderbare Wirkung des Kompostes eingegangen werden. Daß die Ursache einer Genesung als eine biologische Wirkung aufzufassen wäre, lag auf der Hand; es sollte also dieser Gedanke näher untersucht werden. Wir waren nun so weit fortgeschritten, daß wir den Fäkaldünger und den Kehricht vorläufig unbeachtet lassen konnten und hauptsächlich die Aufmerksamkeit auf den Hausmull hinlenken konnten.

Was ist nun eigentlich dieser Hausmull? Der Hauptsache nach besteht dieses Material aus Küchenabfällen und Papier. Die Papiermenge ist außerordentlich groß, sie beträgt bisweilen etwa 10% des ganzen Gewichtes. Die Küchenabfälle bestehen größtenteils aus Asche und Speiseresten. Weiter gibt es in dem Mull ziemlich viel Faserstoffe, Glas- und Porzellanscherben und Metallabfall.

Aus der Erfahrung der städtischen Verbrennungsöfen ist bekannt, daß der Hausmull sehr aschereich ist, und daß der Verbrennungswert um so mehr sinkt, je reicher die Asche an Torf- und Anthrazitasche ist, also haben die anorganischen Bestandteile nur wenig Anteil an dem Gebrauchswert für die Heizung. Aschereiche Abfälle sind keineswegs weniger brauchbar als Dünger als ascheärme Abfälle. Es lag auf der Hand nach dieser Ueberlegung, für unsere Zwecke nicht allein die genesende Wirkung in den organischen Stoffen zu suchen, sondern auch der Möglichkeit nachzuforschen, ob dieselbe auch in den anorganischen Bestandteilen aufzufinden wäre.

Der Gedanke war eigentlich nicht neu, denn wie bei der moorkolonialen Krankheit das Mangansulfat nach 50 kg pro ha schon genesend wirkt, wäre es möglich, daß bei dieser Bodenkrankheit auch irgend ein Salz Heilwirkung zeigen würde. Es waren aber bis jetzt die Versuche mit Mangansulfat bei der Urbar-

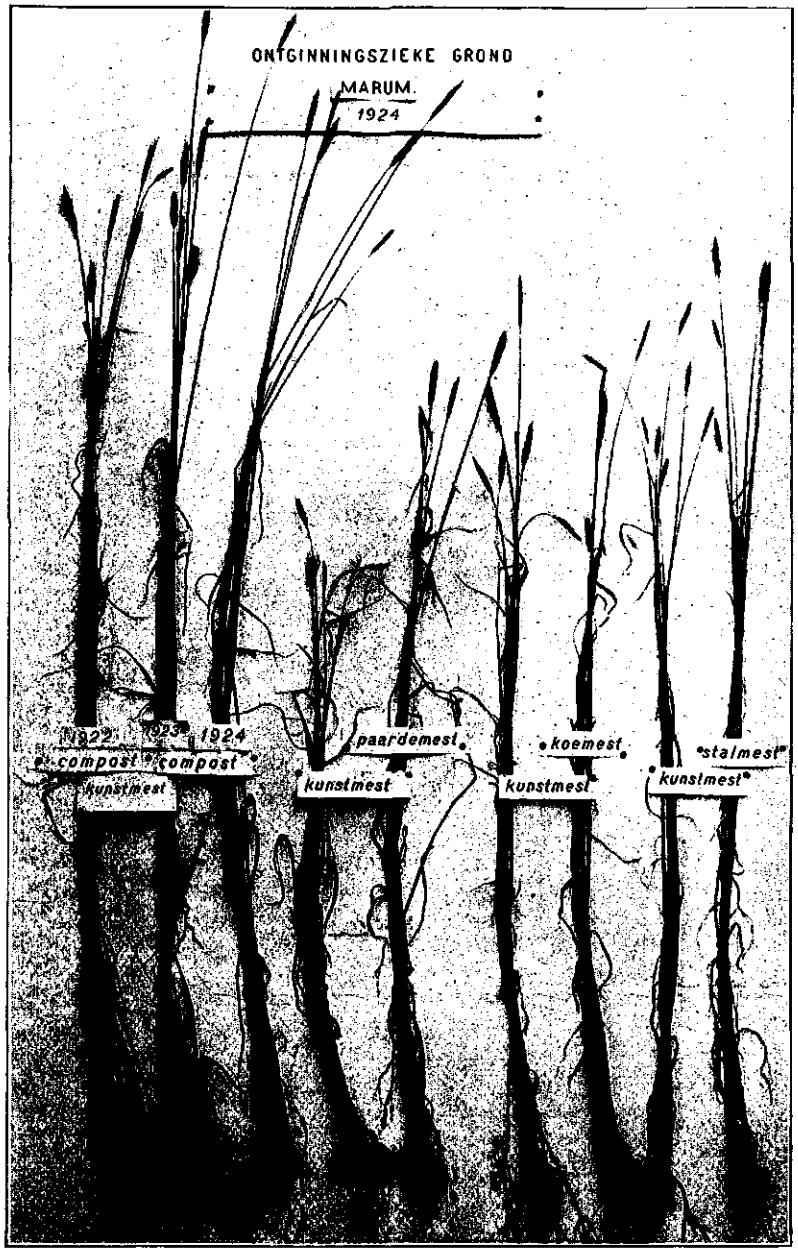

Abb. 12. Versuchsfeld Marum (1924).
Von links nach rechts.

1. Kompostnachwirkung mit Kunstdünger seit 1923.
2. „ „ „ „ 1924.
3. Kompostwirkung. 4. Kunstdünger.
5. Pferdedüngernachwirkung mit Kunstdünger seit 1923.
6. Kuhmistnachwirkung „ „ „ 1923.
7. Stalldüngernachwirkung „ „ „ 1923.

machungskrankheit erfolglos geblieben. Es sollte gerade wieder ein Versuch mit verschiedenen Salzen aufgenommen werden, als unsere Aufmerksamkeit auf das Kupfersulfat gelenkt wurde, womit Densch auf Niederungsmoor Ertragssteigerungen erzielt hatte.[11])

Weil Niederungsmoor in manchen Fällen, z. B. bei etwas stärkerer Entwässerung, die Eigenschaften eines „urbarmachungskranken" Bodens zeigt, eröffnete die Idee, einen Versuch mit Kupfersulfat anzufangen, einige Aussicht. Dazu kam noch eine zweite Mitteilung seitens der Moorversuchsstation in Bremen über eine eigentümliche Nachwirkung dieses Kupfersalzes. Auch der Boden, welcher im Königsmoor zum Versuchsfeld diente, enthält die Elemente der Urbarmachungskrankheit wie wir an Ort und Stelle feststellen konnten.

Es soll ausdrücklich hervorgehoben werden, daß weder Densch noch Tacke über Krankheitserscheinungen berichten, sondern nur über Ertragssteigerung (Densch) oder über die schützende Wirkung bei Nachtfrösten (Tacke) sprechen.

Wie gesagt, boten die Kupfersulfatversuche für unseren Fall derartig wichtige Aussichten, daß wir beschlossen, die Versuche mit den Komponenten des Hausmulls vorläufig stark zu beschränken. Die Resultate der vorgenommenen Versuche haben uns vollständig recht gegeben. Weil dieselben besonders für die Praxis wichtig sind, werden wir dieselben in einem besonderen Kapitel besprechen.

V.

Der erste Versuch wurde in Kulturgefäßen und zwar in Glasgefäßen vorgenommen. Es wurde ein sehr kranker Boden genommen mit einem Kalkzustande von etwa 0. Die Düngung war reichhaltig und bestand aus Kaliumbiphosphat, Kaliumsulfat und Ammoniumnitrat. Die erste Serie wurde ohne Kupfersulfat gelassen, die zweite erhielt 22 mg, die dritte 44 mg und die vierte 66 mg dieses Salzes. Dann wurden die Körner des Weißhafers gelegt. Die Bilder 13, 14 und 15 zeigen drei Stadien des Wachstumsverlaufes; es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Anwendung des Kupfersalzes eine hervorragend günstige Wirkung gezeigt hat, und zwar, je höher die Gabe, je besser die Wirkung. Die Kultur mit 66 mg des Kupfersalzes, was etwa 60 kg je ha entspricht, hat eine normale Ernte gegeben.

Die Resultate auf den größeren Versuchsfeldern waren gleichfalls sehr günstig, nur zeigte es sich, daß in einigen Fällen eine Quantität von 50 kg je ha nicht genügte. Die verschiedenen Resultate sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Zahlen sind teilweise Mittelwerte zweier Parallelversuche, teilweise Einzelbestimmungen. Weil es aber sehr schwierig ist, im voraus auf irgend einem kranken Bodenstück eine Stelle auszusuchen, die gleichmäßig erkrankt ist, haben die Mittelwertberechnungen wenig

[11]) Das Grünland, 1924. S. 5.

Sinn. Hauptsache ist, die allgemeine Tendenz der Kupfersulfatwirkung festzustellen, deshalb soll man den Zahlen keinen absoluten Wert beimessen.

Tabelle 5.

Hafer	Korn kg je ha		Stroh kg je ha		Hektolitergewicht kg	
	Ohne	Mit $CuSO_4$ (50 kg je ha)	Ohne	Mit $CuSO_4$ (50 kg je ha)	Ohne	Mit $CuSO_4$ (50 kg je ha)
1 Marum II	940	2080	5650	6050	33	39
2 Kolham	1620	1930	4700	4600	32	36
3 Jipsinghuizen	540	1460	2700	2700	—	—
4 Prof. Elema	1800	3150	4550	4700	—	—
5 Kok, Sellingen	1900	3000	5000	6000	—	—
6 Nijland-Noordlaren	1860	2770	4400	4700	50	53
7 Frederiksoord	720	2080	4900	6100	45	47
Frederiksoord	1480	2950	4700	4700	40	50
8 Harpel	nichts	3050	nichts	4600	—	51
Roggen						
9 Lemelerveld	1790	2150	4750	4850	—	—
10 Prof. Elema	1300	3100	3650	5350	—	—
11 Vlagtwedde	2340	3430	4600	5000	—	—
12 Frederiksoord	2560	2740	5700	5300	68	71
Pferdebohnen						
13 Marum I (4 d)	750	1750	2950	4850	72,3	78
Zuckerrüben						
14 Opende	13400 (Rüben)	29700 (Rüben)	23400 (Blätter)	35500 (Blätter)		

Wie aus den Zahlen erhellt, ist fast überall eine starke Kupfersulfatwirkung beobachtet, in manchen Fällen zwar ungenügend, wie z. B. bei 1, 2, 3, 7, 9 und 12 — in anderen allerdings sehr befriedigend wie z. B. bei 4, 6, 8, 10, 11, 13 und 14. Man beobachte vor allen Dingen auch die Hektolitergewichte der beiden letzten Spalten. Warum nicht in allen Fällen eine vollständige Heilung erreicht wurde, zeigte ein besonderer Versuch, den wir auf dem Versuchsfelde Marum I ausführten, wo statt 50 kg Kupfersulfat die doppelte Menge, also 100 kg je ha angewendet wurde. Es zeigte sich, daß diese Quantität absolut heilend wirkte. Wir ernteten als Mittelwert von 5 Versuchsparzellen:

Ohne $CuSO_4$	360 kg	Korn	4600 kg	Stroh	hl-Gewicht	20
Mit 50 kg „	650 „	„	7000 „	„	„	24
„ 100 kg „	3450 „	„	5900 „	„	„	48

Sehr deutlich war die anfangs heilende Wirkung bei 50 kg Kupfersulfat, was besonders aus dem Strohertrag ersichtlich ist, welche Quantität jedoch nicht ausreichte, die normale Samenbildung zu erzielen. Es kommen also Fälle vor, wo 50 kg nicht zureichen und es besser ist, 100 kg auszustreuen.

Abb. 13.
Die Wirkung von Kupfersulfat auf krankem Boden.
Von links nach rechts mit resp. 0, 22, 44 und 66 mg, was ungefähr 20, 40 und 60 kg je Hektar entspricht.

Besondere Aufmerksamkeit erheischt der günstige Erfolg bei Zuckerrüben (Nr. 14), welche mit 50 kg Kupfersulfat zu einer ganz enormen Ernte stimuliert wurden.

Mehr vielleicht als die Zahlen zeigen die Abbildungen 16 und 17 bei Hafer die günstige Wirkung des Kupfersulfats, besonders der doppelten Menge. Auch die günstige Nachwirkung des Kompostes ist demonstriert, sei es denn, daß hier nach drei Jahren dieselbe ein wenig nachläßt, so daß 50 kg Kupfersulfat eine vollständige Verbesserung herbeiführen.

Abbildung 18 stellt den stark verschlechternden Einfluß des Mergels neben dem günstigen Einfluß von 50 kg Kupfersulfats bei Schwarzhafer dar!

Die Tabelle 6 zeigt die Erfahrungen mit Pferdebohnen im Jahre 1925. Diese Bohnen wuchsen auf dem Versuchsfelde Marum I bei einem Kalkzustande von — 2, also sehr günstig für Bohnen. Hervorragend ist der schädliche Einfluß der Krankheit; trotz sehr reichhaltiger Düngung mit 160 kg K_2O und 120 kg P_2O_5 (je Hektar berechnet) steigt die Ernte nur einmal etwas über 1000 kg pro Hektar (Nr. 10). Sofort bringt die Anwendung von 50 kg Kupfersulfat eine große Verbesserung, nicht nur allein im

Ertrag, sonder auch im Hektolitergewicht. Die Nachwirkung der verschiedenen Kompostanwendungen ist ausgesprochen deutlich, obgleich die Kupfersulfatanwendung fast immer eine erhebliche Verbesserung in dem Ertrag sowie in dem Hektolitergewicht hervorbringt. Eine Nachwirkung des Stalldüngers oder Kuhdüngers ist überhaupt nicht vorhanden.

Wo eine günstige Wirkung, wie bei den Kompostparzellen, fehlt, reicht offenbar eine Gabe von 50 kg Kupfersulfat nicht aus.

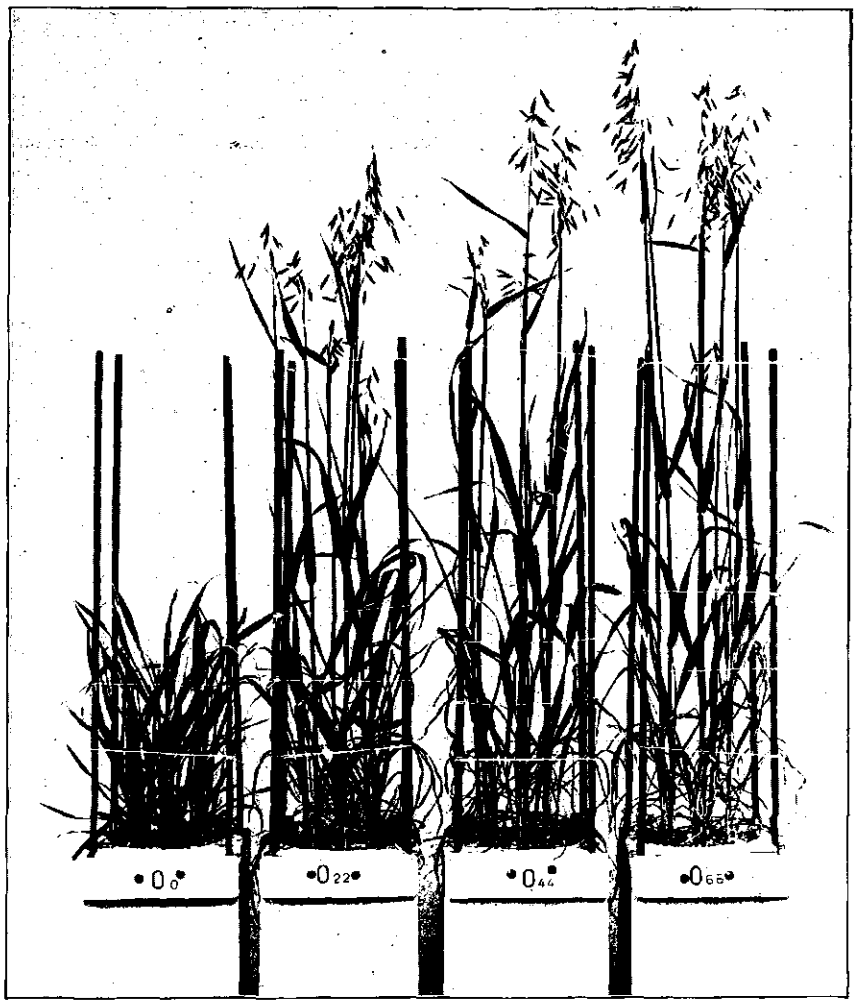

Abb. 14.
Die Wirkung von Kupfersulfat auf krankem Boden.
Von links nach rechts mit resp. 0, 22, 44 und 66 mg, was ungefähr 20, 40 und 60 kg je Hektar entspricht.

Leider liegen keine Versuche mit 100 kg des Kupfersalzes vor. Betrachten wir aber die Ernte der Parzelle 8, wo im vorigen Jahre etwa 60000 kg Kompost angewendet wurden, und wo mit 50 kg Kupfersulfat eine Ernte von 3780 kg Bohnen mit einem Hektolitergewicht von 79.5 kg erzielt wurde, dann kann man schon sehr zufrieden sein.

Abb. 15.
Die Wirkung von Kupfersulfat auf krankem Boden.
Von links nach rechts mit resp. 0, 22, 44 und 66 mg, was ungefähr 20, 40 und 60 kg je Hektar entspricht.

Tabelle 6.

	Saat		Stroh		Hektoliter-gewicht	
	Ohne	Mit 50 kg $CuSO_4$	Ohne	Mit 50 kg $CuSO_4$	Ohne	Mit 50 kg $CuSO_4$
4 d immer Kunstdünger	750	2950	1750	4850	72,3	78,0
6 „ „	590	2500	1740	3550	71,8	77,4
10 „ „	1050	2450	1450	2930	72,9	76,5
14 „ „	860	2750	1640	2900	71,5	76,7
5 in 1921/22 Kompost, seitdem Kunstdünger	2670	3330	3800	3800	77,8	79,0
11 in 1922/23 Kompost, seitdem Kunstdünger	2950	3500	3140	3360	77,0	78,5
8 in 1924 Kompost, seitdem Kunstdünger	3080	3780	3620	3720	77,5	79,5
13 in 1922/23 Stalldünger, seitdem Kunstdünger	1030	2340	1740	2990	70,3	76,0
7 in 1922/23 Kuhdünger, seitdem Kunstdünger	990	2440	2120	3120	74,2	77,7

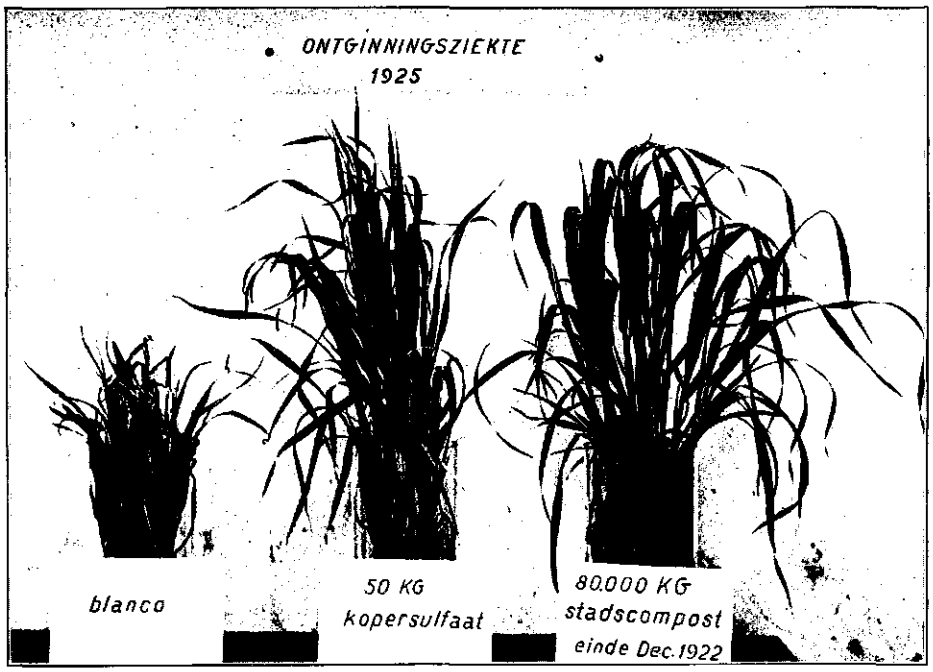

Abb. 16. Versuchsfeld Marum I 1925.
Wirkung des Kupfersulfats. Links ohne, in der Mitte mit 50 kg je Hektar, rechts die Nachwirkung des Komposts, im Jahre 1922 angewendet.

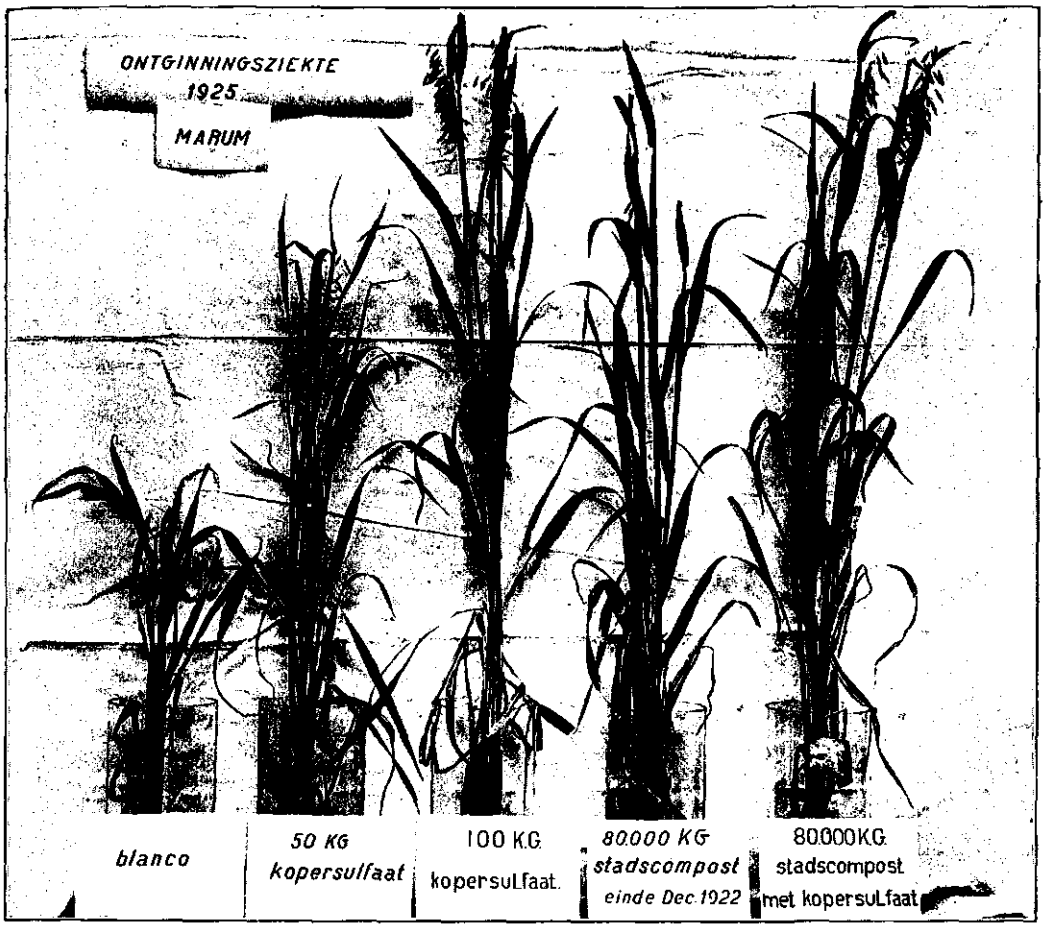

Abb. 17. Versuchsfeld Marum I 1925.
Wirkung des Kupfersulfats.

Die Bilder 19 und 20 zeigen die Ergebnisse einiger Parzellen in etwas übersichtlicher Form. Bild 21 zeigt den Unterschied, der bei den Zuckerrüben mit und ohne Kupfersulfat im Monat Juli besonders deutlich war. Die Aufnahme wurde an der Grenze zweier Parzellen gemacht. Nachher erholte sich die rechte Hälfte ohne Kupfersulfat stark, dennoch war der Ertragsunterschied von 13400 kg Rüben ohne bis 29700 kg Rüben mit $CuSO_4$ sehr erheblich.

Schließlich wollen wir noch einen Versuch erwähnen und zwar mit Bleichsand. Es hat sich nämlich in der Praxis gezeigt, daß die Kultur auf bleichsandhaltigen Böden öfter nachläßt oder sogar gänzlich versagt. Bei Neukulturen scheut man diese Erde streng-

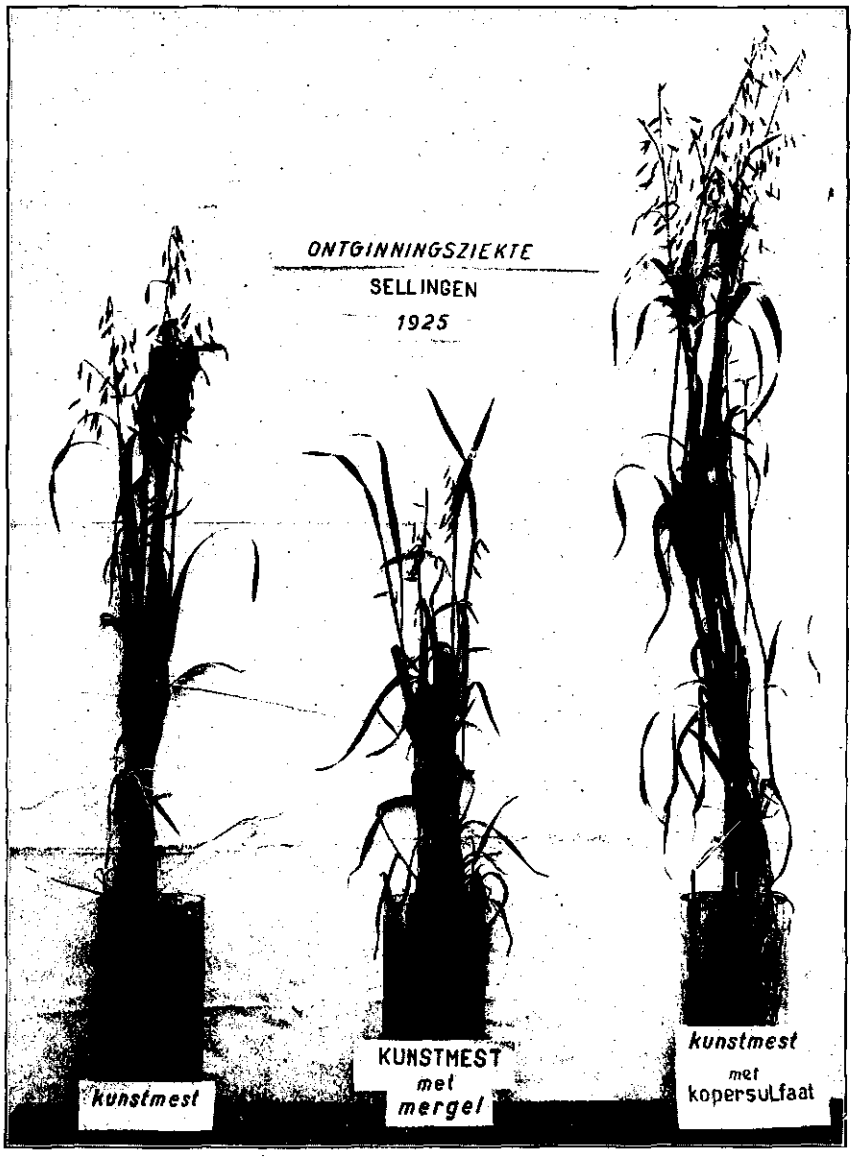

Abb. 18. Versuchsfeld Sellingen 1925.
Links Kunstdüngerparzelle, in der Mitte Kunstdünger mit Mergel, rechts Kunstdünger mit 50 kg Kupfersulfat pro Hektar.

Abb. 19. Versuchsfeld Marum I 1925.
Linkes Paar. Kompostnachwirkung seit 1925. Kunstdünger ohne und mit Kupfersulfat.
Mitte. Kunstdüngerparzelle ohne und mit Kupfersulfat.
Rechts. Nachwirkung des Hausmull-, Fäkalien- und Kehrichtgemisches seit 1925. Kunstdünger ohne und mit Kupfersulfat.
Von Kupfersulfat wurden 50 kg je Hektar angewendet.

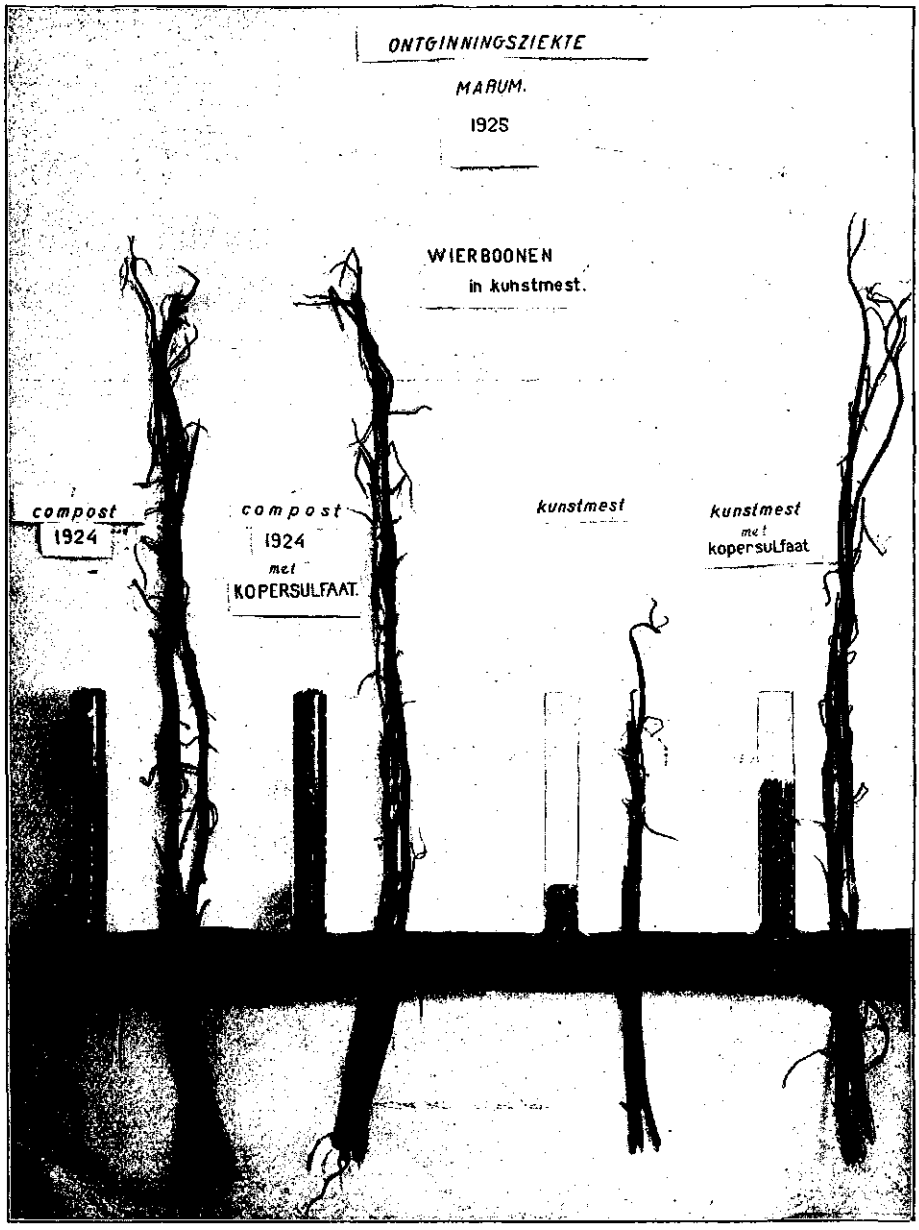

Abb. 20. Versuchsfeld Marum I 1925.
Links, Kompostnachwirkung, seit 1925 mit Kunstdünger ohne und mit Kupfersulfat.
Rechts, Kunstdünger ohne und mit Kupfersulfat (schematische Darstellung).
Von Kupfersulfat wurden 50 kg je Hektar angewendet.

Abb. 21. *Marum III.*
Zuckerrüben. Links mit 50 kg Kupfersulfat je Hektar.
Rechts ohne Kupfersulfat.

stens. Es gibt aber in den älteren Sandgegenden Böden, welche längere oder kürzere Zeit mit sogenanntem „Plaggendünger", d. h. mit Heidesoden, gestreutem Stallmist, behandelt wurden. Solche Böden enthalten öfter organische Stoffe, welche an den Schwarzhumus erinnern. Besonders sind die alten „Eschen" sehr reich an diesem Material.

Diese Böden haben die Eigenschaft, weniger zu produzieren als die normalen, sogar bei reichlicher Düngung und guter Wasserversorgung.

Bei einem Versuche in Kulturkästchen, welche im Freien aufgestellt sind und mit offenem Boden auf sterilem Sande ruhen, ernten wir auf einem bleichsandhaltigen Boden an Hafer:

ohne Kupfersulfat		100 g Korn	100 g Stroh
mit „	50 kg je ha	257 g Korn	77 g Stroh
„ städt. Abfällen	(80000 kg je ha)	164 g Korn	89 g Stroh.

Obgleich nun während der ganzen Wachstumszeit keine Unterschiede sichtbar waren, zeigte es sich bei der Ernte, daß die Aehren ohne Kupfersulfat leicht, d. h. schlecht gefüllt blieben. Die Strohproduktion war, wie es gewöhnlich bei diesen Böden der Fall ist, hoch.

Man soll diesen Zahlen keinen absoluten Wert beimessen, aber es wird durch diesen einfachen Versuch die Aussicht eröffnet, daß auf bleichsandhaltigem Boden Kupfersulfat erhebliche Verbesserung zu erbringen imstande ist.

Was die Anwendung des Salzes betrifft, so haben wir es als am besten befunden, dieselbe kurz nach der Aussaat stattfinden zu lassen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Anwendung als Kopfdünger schädigen kann, besonders wenn die Blätter etwas feucht sind. Bei Getreide kann man also bei trockenem Wetter

das Salz ziemlich ohne Gefahr ausstreuen und es zur Auflösung im Boden dem nachherigen Regen überlassen. Bei Schmetterlingsblütlern, Kartoffeln, Rüben usw. bleibt es immerhin gefährlich, man ist also auf sorgfältigstes Ausstreuen angewiesen. Um diese Gefahr zu vermeiden, schreiben wir also die Anwendung kurz nach der Aussaat vor. In solchen Fällen, wo man nicht von vornherein weiß, daß der Boden die Krankheit zeigt, ist man also auf Kopfdüngung angewiesen, unter Einhaltung der nötigen Vorsicht.

Man gebrauche vorzugsweise fein kristallinisches Salz, nicht das fein gemahlene. Das erste läßt sich bequem ausstreuen, das zweite nicht, während es überdies an den Blättern klebt und diesen also schadet. Ueber die Nachwirkung des Kupfersulfates liegen noch keine exakten Beobachtungen vor; doch ist die Aussicht hoffnungsvoll. Bis jetzt sind uns zwei Fälle einer sehr deutlichen Nachwirkung bekannt. Doch bedarf es noch weiterer Beobachtungen, bevor wir uns über diesen Punkt mit Bestimmtheit auszusprechen wagen.

Schlußwort.

Wir möchten mit diesem letzten Beispiel unsere Mitteilung abschließen. Wie aus dem Mitgeteilten erhellt, befindet sich die ganze Sache der sogenannten „Urbarmachungskrankheit" noch im Anfangsstadium. Welches Phänomen der Krankheit — welche wie gesagt zuerst von Elema als eine Krankheit erkannt und benannt wurde — zugrunde liegt, wissen wir nicht. Wir fassen sie als eine Bodenkrankheit auf, übrigens eine Benennung, über die viel theoretisch zu diskutieren wäre —, sie hat aber den großen Vorteil, darauf hinzuweisen, daß die Ursache in irgend einem Bodenzustand zu suchen ist, und zwar in einem Zustande, bei dem „Schwarzhumus" die Hauptrolle spielt. Ob nun, wie bei den anderen Bodenkrankheiten, der „moorkolonialen" und der „Hooghalenschen", auch hier die physiologischen Gleichgewichtsverhältnisse gestört sind, ist noch die Frage. Manchmal scheint es so, manchmal wird die Aufmerksamkeit wieder auf biologische Verhältnisse hingelenkt. Wie dem auch sei, es liegt noch ein ganzes Feld für eingehende rein wissenschaftliche Untersuchungen vor, dessen Bearbeitung uns zwar schwierig aber immerhin viel versprechend vorkommt. Hauptsache war für uns vor allen Dingen, die Gelegenheit zu bieten, sich aus der Praxis heraus das Material für diese notwendigen Untersuchungen zu verschaffen, nachdem die Praxis vorläufig sich eines sehr schädigenden Uebels entledigt hat.

Die wunderbare Genesung der Krankheit durch Kupfersulfat wird vielleicht einen Anhaltspunkt bieten für das weitere Studium der Bodenkrankheiten. Zum Schluß wäre vielleicht eine Beobachtung, die wir im Jahre 1925 machten, erwähnenswert, und zwar die, daß, wenn man einen überkalkten urbarmachungskranken Boden durch eine Kupfersulfatgabe geheilt hat und dadurch die moorkoloniale Krankheit Gelegenheit erhält, aufzutreten, dann die

Beseitigung dieses letzteren Uebels durch Mangansulfat auch bei zweimaliger Anwendung versagt.

Es scheint also zuerst die neue Bodenkrankheit das Auftreten der moorkolonialen Krankheit zu verhindern oder wenigstens zu erschweren, obgleich scheinbar alle dazu günstigen Verhältnisse vorliegen. Diese Verhinderung wird durch die Anwendung von Kupfersulfat aufgehoben, und die moorkoloniale Krankheit tritt auf, die dann aber nicht mehr durch Mangansulfat zu heilen ist. Kupfersulfat lähmt also die Manganwirkung. Glücklicherweise bleibt aber nach der Beseitigung der Urbarmachungskrankheit der Kalkeinfluß vorherrschend und ... durch die üblichen Düngungsmaßnahmen regulierbar.

Aber das Merkwürdige an der Genesung durch die beiden Salze bleibt ungeklärt als Problem bestehen.