

De chemische en physische inwerking van zout water op den bodem.

DOOR

D. J. HISSINK.

De overstroming van ongeveer 8600 H.A. vruchtbaar land in Zeeland, in den namiddag van 12 Maart 1906 en volgende dagen, heeft wederom de aandacht gevestigd op het vraagstuk van de inwerking van zout water op den bodem.

Men heeft hierbij te letten: a. op het zoutgehalte van het zeewater; b. op de dichtslemping van de bouwlaag. Deze laatste wordt ongetwijfeld voor een groot deel veroorzaakt doordat het water met groote kracht op het land komt vallen; de bovenste laag wordt omgeroerd en omgewoeld; ze wordt pappig en komt in meerdere of mindere mate in den toestand van dichtgeslibd zijn; het doorlatend vermogen is weggenomen, de lucht afgesloten, de grond blijft koud, alles tot groot nadeel van den plantengroei. ¹⁾

Hoewel dit dichtslibben reeds door rivierwater wordt veroorzaakt,

1) Er is dus wel een groot verschil tusschen overstroomde landen en nieuw ingedijkte polders. Zie over dit punt o.a. VAN BEMMELEN: „De nadeelige gevolgen, die eene overstroming van zout water op bouw- en weilanden teweeg brengt; rapport uitgebracht aan eene Commissie tot onderzoek van het Militaire Inundatiestelsel voor de provincie Groningen.”

Ook mijne mededeeling, gedaan op de Voorjaarsvergadering van het Hoofdbestuur van de Maatschappij tot bevordering van Landbouw en Veeteelt in Zeeland, op 19 April 1906 te Middelburg (zie Middelb. Ct. van 19 April 1906).

wanneer dit met kracht op de uiterwaarden valt, geschiedt het toch in hooger mate door zout water. ¹⁾

Dit mechanisch dichtslibben door de kracht van het vallende water wensch ik buiten beschouwing te laten; het doel mijner voordracht is, meer in het bijzonder de werking van zoutwater op den bodem na te gaan.

Zooals bekend, bevat 1 M.³ zeewater ongeveer 25 K.G. keukenzout en 10 K.G. andere zouten (MgCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , KCl , NaBr). Dat de grond tijdens eene overstroming hiervan veel opnemen kan, bewijzen de in dit jaar op het Rijkslandbouwproefstation Goes verkregen cijfers. ²⁾

Het vraagstuk van de werking van het zoute water op den grond is te splitsen in een physisch en een chemisch gedeelte.

In de eerste plaats de chemische zijde.

Reeds in 1716 vond LEMERY, dat oplossingen van keukenzout, naar evenredigheid van hun gehalte aan zout, meer salpeter oplossen dan zuiver water. In het algemeen zal het evenwicht tusschen een willekeurig aantal vaste zouten en eene zoutoplossing anders zijn dan met zuiver water. ³⁾ Wat de werking van keukenzout in dit opzicht betreft, vinden we in de litteratuur het volgende vermeld, speciaal voor die stoffen, welke met het oog op den grond van belang zijn.

1. *Gips*. CaSO_4 is in keukenzout-houdend water meer oplosbaar dan in zuiver water, gedeeltelijk ten gevolge van chemische omzettingen ($\text{CaSO}_4 + 2 \text{NaCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$).

2. Ook de oplosbaarheid van de *phosphaten* van Ca en Mg wordt verhoogd.

3. De *carbonaten* van Ca en Mg, in zuiver water zoo goed als onoplosbaar, lossen in NaCl-houdend water eenigermate op, ook alweer gedeeltelijk ten gevolge van chemische omzettingen ($\text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$).

4. Wat de *silicaten* betreft, volgens FITTBOGEN ⁴⁾ lost in 3 jaar tijds meer veldspaat op in NaCl-houdend water, dan in zuiver water. Deze vermeerderde oplosbaarheid is een gevolg van chemische omzetting (Na verdringt K_2O , CaO , MgO uit hunne verbindingen met SiO_2).

¹⁾ Zie o.a. Landw. Versuchsstationen, Bd. XIX (1876), Beitrag zur Kenntniss der Einwirkung des Meerwassers auf den Boden von G. REINDERS in Warfum (S. 206–208).

²⁾ De grondmonsters werden genomen in 4 lagen: 0–1 cM.; 1–20 cM.; 20–40 cM.; 40–60 cM. Het gehalte van het bovenste laagje wisselt af van 2.923‰–0.207‰; de verdere lagen schommelen tusschen 0.8 en 0.01‰. Het totale keukenzoutgehalte per H.A. tot op 60 cM. diepte ligt ongeveer tusschen 4300 en 3000 K.G.

³⁾ Zie o.a. OSTWALD, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, I, 1071, e.v.; ook NERNST, Theoretische Chemie, 424–426.

⁴⁾ Jahresbericht über die Fortschritte der Agrikulturchemie XVI, 7.

Veel krachtiger werkt NaCl in op de voor de bodemvruchtbaarheid zoo belangrijke zeolitische silikaten, die trouwens reeds aan zuiver water niet onbeduidende hoeveelheden K_2O , CaO en MgO afstaan.

5. De inwerking op humusstoffen is nog niet voldoende duidelijk. Wat de bodem betreft, volgens onderzoekingen van KNOP en WOLF ¹⁾ lost zouthoudend water uit den grond meer CaO en MgO op dan zuiver water.

STORP ²⁾ heeft de nadeelige werking nagegaan van water, dat door fabrieken met keukenzout (en zinksulfaat) verontreinigd was. Uit zijne onderzoekingen is gebleken, dat alle werkingen van het natriumchloride zoo verlopen, dat uit moeilijk oplosbare verbindingen gemakkelijker oplosbare ontstaan. Niet alleen CaO en MgO , ook K_2O , SO_3 en P_2O_5 worden in hoogere mate opgelost.

Uit het bovenstaande volgt, — altijd wanneer men alleen let op de chemische zijde van het vraagstuk — dat eene besproeiing van den bodem met zeer verdunde zoutoplossingen zijn nut kan hebben. Het keukenzout brengt in de bovenste lagen verbindingen in oplossing, die nu door de planten gemakkelijker opgenomen kunnen worden. Het natrium wordt in de bovenste lagen in den vorm van moeilijk oplosbaar natriumhumaat en silikaat vastgehouden en — in de veronderstelling dat de oplossing zeer verdund is — het dieper den bodem indringende water lost verder geen zout op.

Dringt er echter te veel keukenzout in den grond, zooals reeds het geval kan zijn, wanneer een polder slechts één tij onder water staat — dan bevat ook het in diepere lagen komende water nog keukenzout en brengt derhalve ook daar nog K_2O , MgO , CaO , P_2O_5 , SO_3 in oplossing, welke plantenvoedende stoffen dan weggespoeld worden. STORP heeft nog vegetatieproeven genomen met verschillende gewassen op gronden, welke door NaCl-houdend water waren uitgeloozd; duidelijk was te constateeren, dat de planten niet normaal groeiden. Verder constateert hij nog enkele andere punten (o.a. den schadelijken invloed op het ontkiemen der zaden) en komt ten slotte tot het volgende resultaat:

Het keukenzout zelf oefent in groote hoeveelheden op de ontwikkeling van vele planten en voornamelijk op de ontkieming der zaden eene nadeelige werking uit; het hoofdmoment van de schadelijke werking van keukenzout-houdend water is echter te zoeken in de voor

¹⁾ KNOP, Kreislauf des Stoffes, Bd. II, 189.

²⁾ Ueber den Einfluss von Kochsalz- und Zinksulfathaltigem Wasser auf Boden und Pflanzen, von Dr. FERD. STORP, Landw. Jahrb., XII, 795 (1883).

de vegetatie ongunstige verandering van den bodem, voornamelijk in het uitgeloozd worden van de voedingsstoffen der planten.

Dit onderzoek wordt nog door latere onderzoekingen van KÖNIG ¹⁾ bevestigd.

Tot recht begrip van de *physische zijde* van het vraagstuk, ben ik wel verplicht eene inleiding, zij het dan ook een korte, te geven.

De bodem bestaat uit kleine deeltjes, van verschillende grootte. Naar gelang van de verhouding tusschen kleine en minder kleine deeltjes spreekt de praktikus van zand- en kleigrond.

Stellen we ons voor dat alle deeltjes, waaruit de bodem bestaat, zoo dicht mogelijk tegen elkander aangeleggen zijn, dan verkeert de bodem in de *enkelkorrelstructuur* (die Einzelkornstruktur des Bodens nach E. W. HILGARD).

Tegenover deze enkelkorrelstructuur staat de *krummelstructuur*, hierdoor gekenmerkt, dat meerdere deeltjes klompen of krummels vormen.

Om een bodem uit de krummelstructuur in de enkelkorrelstructuur over te voeren, is gewoonlijk een onder water zetten voldoende. Dit kan ook geschieden door den regen. De regen dringt tusschen de deeltjes, waaruit een krummel bestaat, in, en wel des te beter, naarmate het heftiger regent, maakt deze deeltjes los van elkander en de kleinste deeltjes vallen tusschen de holten van de grootere in.

Hoe heftiger de regen is, hoe spoediger de bodem in de enkelkorrelstructuur geraakt; de bodem zet zich, slaat dicht. ²⁾

Men gevoelt dat een bodem, die in de krummelstructuur verkeert, voor den plantengroei in hooge mate geschikt is.

MITSCHERLICH verklaart dit als volgt:

De plantenwortel moet, terwijl hij groeit, in de dikte en in de lengte telkens bodemdeeltjes terzijde drukken en dus arbeid verrichten. Zijn de deeltjes nu dicht op elkander gelegen, zooals dat bij de enkelkorrelstructuur in hooge mate het geval is, dan kunnen ze alleen naar boven uitwijken, en wordt de door den wortel te verrichten arbeid zeer groot. De wortel is soms niet in staat dezen arbeid te verrichten; de plant lijdt een kwijnend bestaan.

¹⁾ Landw. Jahrb. XII, 837—45 (1883). Volgens KÖNIG neemt water met meer dan 500 mgr. NaCl per liter „für Zwecke der Wiesenberieselung wenigstens schon einen bedenklichen d.h. bodenauswaschenden Charakter” aan. Zeewater bevat 25 a 30.000 mgr. NaCl per liter.

²⁾ Sneeuw oefent deze nadeelige werking niet uit, aangezien ze langzaam valt. Bovendien oefent een sneeuwdek een beschermende werking tegen den regen uit.

Is de bodem echter in de krummelstructuur, dan behoeven de deeltjes niet omhoog gedrukt te worden; bij het groeien der wortels verbrokkelen de krummels en de losgebrokkelde bodemdeeltjes vallen tusschen de holten van de krummels in. Daarom maakt de boer zijn grond, waarin straks gezaaid moet worden, ook zooveel mogelijk fijn; om dezelfde reden doet men goed aardappelen en suikerbieten, wier wortels nog tot einde September — begin October in de dikte groeien, aan te aarden.

In deze verschijnselen ligt volgens MITSCHERLICH, ¹⁾ aan wien het bovenstaande in hoofdzaak is ontleend, de eigenlijke waarde en de beteekenis der grondbewerking, waarbij ons, zooals we straks zullen zien, de vorst, bacteriën, regenwormen, e. a. ondersteunen. Door een goede grondbewerking ontlasten we de planten van arbeid, opdat zij deze voor andere doeleinden (bijv. tot vorming van zaad, van reservestoffen) kunnen aanwenden.

Het wil mij voorkomen dat behalve om de door MITSCHERLICH genoemde voordeelen, de krummelstructuur ook om andere redenen nog boven de enkelkorrelstructuur te verkiezen is, waarvan ik hier noem het feit, dat de lucht beter in den bodem kan indringen. Het gevolg hiervan is, dat verschillende processen, bijv. de koolzuurvorming ²⁾, beter verlopen.

Ook schijnen plantenziekten in een bodem, die de lucht slecht doorlaat, in meerdere mate voor te komen. ³⁾

Het zal derhalve het streven van den landbouwer moeten wezen, om zijn grond in de krummelstructuur te krijgen en te houden.

Hiervoor dient, zooals we reeds zagen, de grondbewerking. Verder werken in dezen mede: 1) de vorst (Kein Bodenbearbeitungsinstrument kann uns diese Arbeit des Frostes ersetzen ⁴⁾); 2) verschillende gisting-verschijnselen; 3) sommige diepwortelende planten (als klaver) ⁵⁾; 4) de regenwormen. ⁶⁾

¹⁾ MITSCHERLICH, *Bodenkunde für Land- und Forstwirte* 1905, Seite 126.

²⁾ Zie verder over dit punt de verschillende werken van Prof. Dr. S. STOKLASA; o. a. Ueber den Ursprung, die Menge und die Bedeutung der Kohlensäure im Boden, ref. door ADOLF ERNEST uit het *Centralbl. für Bakt.* in de *Deutsche Landw. Presse* 1906, 5.

³⁾ Zie o. a. *Die Deutsche Landw. Presse*, 1906, 206—207.

⁴⁾ MITSCHERLICH, 133.

⁵⁾ THIEL vermeldt zelfs klaverwortels, die meer dan 2 Meter den grond indrongen.

⁶⁾ Behalve de regenwormen werken nog andere dieren hier mede. Zie o. a. *Lehrbuch Agrikulturchemie* van MAYER, *Bodenkunde*, 157, noot 2. Ook *Prometheus* 1905, no. 816, 561; *Umformungen des Erdbodens; Beziehungen zwischen Dammerde, Marsch, Wiesenland und Schlamm*, von Dr. Phil. C. WESENBERG — Lund — Autorisirte Uebersetzung aus dem Dänischen von Dr. GERLOFF.

Na deze inleiding meen ik thans gevoegelijk te kunnen overgaan tot de bespreking van den invloed van in water oplosbare verbindingen op de structuur van den bodem.

Het is een in de practijk overbekend feit, dat een bodem reeds door eene betrekkelijk kleine bemesting met in water oplosbare zouten korstig wordt, verkorst („verkrustet”). Men denke hier in de eerste plaats aan de soms schadelijke werking van chilisalpeter.

Ook hier moeten wij ons wederom voorstellen, dat de bodem overgaat in de enkelkorrelstructuur.

Tegenover deze nadeelige werking van in water oplosbare zouten staat de evenbekende werking van kalk.

Eene kalkbemesting heeft juist ten doel harde kleigronden lossen, krummeliger te maken; derhalve over te voeren van de enkelkorrelstructuur in de krummelstructuur.

Over de verklaring dezer verschillende verschijnselen zijn de onderzoekers het niet geheel en al eens.

Sommige meenen deze verschijnselen in verband te moeten brengen met het feit, dat in water gesuspendeerde kleideeltjes door oplossingen van zouten, zuren en basen ¹⁾ uitgevlokt worden.

Reeds FRANS SCHULZE ²⁾ heeft er op gewezen, dat zekere stoffen de eigenschap bezitten troebele vloeistoffen, welke opgeslibde stoffen bevatten, vlug te klaren.

In water opgeslibde klei zet zich bijv., na toevoeging van kalkwater, snel af en het bezinksel bezit een veel lossere structuur, dan wanneer de kleideeltjes na verloop van tijd zich afzetten.

Volgens ROBERT SACHSSE en ARTHUR BECKER ³⁾ berust op dit uitvlokkingsverschijnsel de mogelijkheid om de zware klei- en leemgronden, die in de enkelkorrelstructuur zijn overgegaan en daardoor ondoorlaatbaar en moeilijk te bewerken zijn, door eene bemesting met kalk in de krummelstructuur over te voeren, ze zodoende lossen, poreuzer, voor lucht en water doordringbaarder en gemakkelijker bewerkbaar te maken.

1) MITSCHERLICH (Seite 150—151) vermeldt „den Umstand, dass freie Alkalien und alkalisch reagierende Salze eine Ausflockung der Tonsubstanzen nach meinen Beobachtungen überhaupt nicht zu bewirken scheinen, während alle anderen Salze und insonderheit freie Säuren dies schon bei geringer Konzentration vermögen.” Deze opmerking is echter onjuist.

2) POGGENDORFF's Annalen, 129, 366.

3) Der Einfluss des Kalkes, der Salze, sowie einiger Säuren auf die Flockung des Thones von ROBERT SACHSSE und ARTHUR BECKER; Die Landw. Versuchsstationen, 43, 15.

Ook HOLLEMAN ¹⁾ meent in deze richting de gunstige werking eener kalkbemesting te moeten zoeken. — „Hoe moet men zich de werking van gaskalk op kleigronden voorstellen?” vraagt HOLLEMAN zich af.

„Een eenvoudige proef zal dit gemakkelijk kunnen duidelijk maken.

„Roert men een weinig kleigrond om in gedestilleerd water, of ook in zuiver regenwater, dan zal men waarnemen, dat de grovere deelen „snel bezinken, doch dat het water nog zeer lang — soms nog „maanden — troebel blijft door uiterst fijne, daarin zwevende kleideeltjes. Herhaalt men deze zelfde proef, enkel met het verschil, dat „nu in plaats van regenwater gebruikt wordt een weinig kalk bevattend water, dan ziet men in dit geval de uiterst fijne kleideeltes „in korten tijd — wellicht in zoovele uren als bij de eerste proef „maanden daartoe noodig waren — bezinken, en het water dus weer „geheel helder worden.

„Onder den invloed van de in het water opgeloste kalk pakken „zich de uiterst fijne kleideeltjes samen tot grootere, die dan sneller „bezinken kunnen.

„In den kleibodem zal iets dergelijks geschieden. Is deze zeer „kalkarm, dan zal het neervallende regenwater de fijnste deeltjes opslibben en daardoor troebel worden. Wil dit nu door de fijne poriën „van den grond wegzinken, dan zullen deze door die opgeslibde „deeltjes weldra verstopt worden; het water kan dan niet meer weg „en de grond zal zijn „stijve” eigenschappen vertoonen. Is daarentegen de kleigrond rijk aan kalk, dan neemt het regenwater spoedig „kalk op, de aanvankelijk opgeslibde kleideeltjes kunnen niet zwevende blijven en het heldere water kan thans gemakkelijk door „poriën in den grond verdwijnen.

„Uit deze beschouwing blijkt dus, dat het kalkgehalte van den „grond van grooten invloed moet zijn op zijn gesteldheid en dat, als „het kalkgehalte te laag is, verbetering moet kunnen worden aangebracht door toevoeging van kalk.

„Het onderzoek leerde nu inderdaad, dat al die gronden, die in „hunne physische natuur door opbrengen van gaskalk verbeterd werden, „zeer weinig kalk bevatten.”

Ook MAYER ²⁾ is deze meening toegedaan.

„Diepgaande studies” schrijft MAYER, „hebben aan het licht gebracht, dat fijne klei uit zoutoplossingen in veel poreuser toestand, dus met

¹⁾ De verbetering van stijve kleigronden door gaskalk door Dr. A. F. HOLLEMAN.

²⁾ MAYER, Bodenkunde, 148, 149.

zoogenaamde „krummelstructuur” neerslaat dan uit zuiver water en dat het gevaarlijkste moment voor het ondoordringbaar worden, d. i. dus het zoogenaamde dichtslibben van den grond, de overgang van zout- in zoet-water is. Daarbij bevinden de kleideeltjes zich een oogenblik in labiel evenwicht en komt er dan bovendien nog eene beweging bij (bijv. tengevolge der groundbewerking), dan gaan ze des te zekerder in de enkelkorrelstructuur over, welke structuur juist een voorwaarde is voor de ondoorlaatbaarheid.

Hieruit laat zich ook verklaren de zware schade, toegebracht aan oude kleigronden, wanneer ze door zeewater overstroomd worden, en die slechts voor een klein gedeelte aan de giftige werking van keukenzout is toe te schrijven.

Een geheel eigenaardige rol bij deze processen speelt de kalk, voornamelijk in den vorm van calciumhydroxyd.

Dit laatste, vermengd met opgeslibde klei, geeft daaraan wel is waar aanvankelijk, evenals het keukenzout doet, de krummelstructuur, maar daar de kalk niet zoo gemakkelijk weggespoeld kan worden, is er geen gelegenheid voor den grond om plotseling van deze krummelstructuur over te gaan in de enkelkorrelstructuur.

Hierop berust de voortreffelijke werking van periodieke kalkbemesting op stijve kleigronden.”

MITSCHERLICH is echter deze meening niet toegedaan.

Onze kultuurbodem bevindt zich in geheel andere omstandigheden dan in water opgeslibde klei, en het uitvlokkingsproces kan derhalve door eene bemesting met zout, enz. *niet* optreden. De kultuurbodem toch bezit reeds de krummelstructuur. Is dit echter niet zoo, dan zal eene zoutoplossing deze wel niet veroorzaken, „weil die einzelnen „festen Bodenteilchen nicht so gegeneinander verschiebbar sind, wie „dies bei einem unter Wasser befindlichen Boden der Fall ist, in „welchem diese Teilchen suspendiert sind ¹⁾.”

De werking van in water oplosbare zouten op den bodem, verklaart MITSCHERLICH dan als volgt (blz. 148):

Wanneer het water den grond indringt, komen ook de in dat water opgeloste zouten in den grond. En aangezien het water in nagenoeg alle poriën indringt, zal dit ook het geval zijn met de zich in oplossing bevindende zoutdeeltjes (verschil met onoplosbare zouten). Wordt de bodem nu droog, dan zetten deze zoutdeeltjes zich tusschen de gronddeeltjes af.

De kohesie tusschen de gronddeeltjes wordt, althans gedeeltelijk,

²⁾ MITSCHERLICH, Seite 149. Het uitvlokkingsproces speelt een hoofdrol bij het ontstaan van kwelders en schorren.

opgeheven; er komt voor in de plaats eene adhesie tusschen zout- en gronddeeltjes.

Bij toevoer van water (bijv. regen) lossen deze zoutdeeltjes weer op en de kohesie tusschen de gronddeeltjes (die juist de krummelstructuur veroorzaakt) is dus verminderd ¹⁾.

Praktisch komt dit neer op het volgende: Wanneer op een met een in water oplosbaar zout bemesten bodem regen valt, dan zullen de krummels spoediger vernield worden en de bodem derhalve sneller overgaan in enkelkorrelstructuur.

De goede werking van in water onoplosbare en moeilijk oplosbare zouten (zoals bijv. de kalkverbindingen) op de bodemstructuur, verklaart MITSCHERLICH (blz. 152) uit de omstandigheid, dat de kalkdeeltjes zich niet gelijkmatig tusschen de gronddeeltjes verspreiden; de kohesie tusschen de gronddeeltjes wordt dus niet zoo gelijkmatig opgeheven als dit het geval is bij eene bemesting met een in water oplosbaar zout (keukenzout, chilisalpeter, e. d.). De bodemkrummels zullen nu juist op die plaatsen, waar zich kalkzouten bevinden, gemakkelijker barsten, met dit gevolg, dat grootere krummels gemakkelijker in kleinere uiteenvallen, dan wanneer de grond niet met kalk bemest was; deze kleinere bodemkrummels blijven echter als zoodanig bestaan."

Het groote verschil tusschen de werking van keukenzout, chilisalpeter e. d. aan den eenen kant en kalk aan den anderen op den physischen toestand van den bodem, is derhalve alleen te zoeken in het verschil in oplosbaarheid dezer stoffen.

In dit opzicht stemmen MITSCHERLICH en MAYER overeen.

Proeven, welke ten doel hebben, eene poging aan te wenden op dit punt nadere gegevens te verkrijgen, zijn door mij aangezet, doch hebben nog geen resultaten opgeleverd, welke voor mededeeling vatbaar zijn.

Resumeerende komt derhalve de chemische werking van zoutwater neer op een uitloogen van plantenvoedende stoffen en de physische werking op een dichtslibben van den grond.

¹⁾ „Diese Erscheinung dürfte dadurch zu erklären sein, dass da, wo Wasser im Boden hingelangt, auch im Wassergelöste Salze in den Boden eindringen können. Diese werden sich beim Trockenwerden des Bodens zwischen die festen Bodenteilchen einlagern, so dass nunmehr nicht eine Kohärenz der festen Bodenteilchen, sondern eine Adhärenz derselben an die Salzkristalle stattfindet, welche, da sich die Salzkristalle bei Wasserzufuhr lösen, die Kohärenz der festen Bodenteilchen notwendig verringern muss."