

IJZEROER EN IJZERBACTERIËN.

DOOR

HUGO DE VRIES.

De beteekenis der bacteriën voor de wording en de voortdurende veranderingen der aardkorst is nog slechts zeer onvolledig bekend. Dat de verrotting en verweering van plantaardigen en dierlijken afval door hen bewerkt wordt, weet men, en dat zonder hunne medewerking dus geen teelaarde, geen veenvorming tot stand komt, kan aan geen twijfel onderworpen zijn. Zij bepalen voor een groot deel de vruchtbaarheid van den bouwgrond en zijn tevens de oorzaak, dat deze grond voortdurend armer wordt aan organische bestanddeelen. Zij beheerschen het ontstaan der aardlagen overal, waar daarbij de overblijfselen van dieren en planten eene rol spelen en zijn zonder twijfel in vele gevallen werkzaam bij het ontstaan van fossielen. Doch slechts ten opzichte van enkele vragen zijn op dit gebied onderzoekingen gedaan, en meestal moeten wij ons voorloopig nog met min of meer gewettigde gissingen tevreden stellen.

Tot die nauwkeurig onderzochte gevallen behooren o. a. het ontstaan van het salpeter en de rol der zwavelbacteriën in de zwavelhoudende wateren. Aan die reeks werd dezer dagen door WINOGRADSKY een nieuw geval toegevoegd. Deze geleerde toch ontdekte, dat het ijzeroer, zoo al niet uitsluitend, dan toch voor het grootste gedeelte door de werking van bacteriën ontstaat. De oerbanken, moeras-ijzerertsen en andere overeenkomstige algemeen bekende geologische vormen zouden dus eveneens hun ontstaan aan deze organismen te danken hebben.

De ijzerbacteriën bestaan uit smalle, staafvormige cellen, die tot

draden met elkander vereenigd zijn. Elke draad is slechts ééne cel dik, en gewoonlijk omgeven door eene geleichtige scheidde. Aanvankelijk is deze scheidde kleurloos, later wordt zij door afzetting van ijzerhydroxyde geel en allengs roestkleurig. Uit de harde, donkerbruine scheidde schuift dan de levende draad zich uit, blijft in het jongere gedeelte van den top nog ten deele steken, en omgeeft zich dan weder met eene nieuwe scheidde. Deze wordt op hare beurt met ijzerroest doortrokken, en dan weer verlaten. Zoo kan een kleine draad allengs een vrij lange scheidde vormen. Breekt eene draad in tweeën, terwijl beide stukken in de oude scheidde blijven kleven, dan groeien beide deelen tot afzonderlijke draden uit, en de scheidde wordt dus vertakt. Zoo ontstaan allengs dichte vlokken van scheidde.

De afzonderlijke cellen der levende draden kunnen ook geheel los geraken, en vrij in het water rondzwemmen; weldra zetten zij zich dan vast en groeien tot een nieuwen draad uit. Zoo ontstaan nieuwe ijzerhoudende vlokken, en op deze wijze kan, onder gunstige omstandigheden, in korten tijd een zeer aanzienlijke vermeerdering plaats vinden.

De meest gewone soort van ijzerbacterie is de *Crenothrix polyspora*, die in het water onzer waterleidingen niet zelden voorkomt. Het Amsterdamsche duinwater was daaraan gedurende de afgelopen maanden nu eens meer, dan weer minder rijk. Soms was het voldoende een groote kom vol water te laten loopen, om daarin enkele, met het bloote oog zichtbare, bruine vlokken te vinden. Deze blijken dan, bij mikroskopisch onderzoek, meestal uit de geuoemde draad-bacterie te bestaan, soms ook uit eene andere, verwante ijzerbacterie, de *Cladotrix dichotoma*. Wil men deze organismen bestudeeren, zoo doet men het beste een flanel lapje stevig over de opening van een waterkraan te binden, en dan gedurende een half uur of een uur er een flinken stroom water door te laten loopen. Het flanel houdt de onzuiverheden van het water terug, en men kan deze dus daarna onder het mikroskoop brengen. Men ziet dan, dat de jonge draden en takken kleurloos en geleded zijn; de geledingen zijn de grenzen der binnen de gemeenschappelijke scheidde besloten cellen. De oudere draden zijn geel en nog doorzichtig, de oudste bruin en ondoorschijnend.

Behandelt men deze draden met koolzuurhoudend water, zoo gelukt het uit de bleekgeel gekleurde scheidde het ijzeroxyde op te lossen en te verwijderen; deze deelen worden dan kleurloos, zonder dat de cellen daarbij nadeel ondervinden. De oudere scheidde kan men echter

op die wijze niet ontkleuren, hiertoe is een sterker middel noodig, nl. verdund zoutzuur. Bij die behandeling sterven de cellen echter. De alleroudste en het donkerst bruin gekleurde deelen kunnen ook op deze wijze niet geheel ontkleurd worden, maar moeten daartoe met sterk zoutzuur worden behandeld.

In de afzettingen van ijzeroer in slooten, moerassen en andere stilstaande wateren, op natte plekken in weilanden en elders vond WINOGRADSKY, dat nagenoeg al het ijzeroxyde in zulke scheeden afgezet was. Slechts zelden trof hij vlokken aan, wier ontstaan aan eene zuivere scheikundige werking kon worden toegeschreven. De scheeden waren ten deele goed bewaard, tendeele reeds min of meer vergaan, en steeds voor verreweg het grootste gedeelte door de levende cellen verlaten. Deze zaten, als kleurlooze draden, aan de uiteinden van de scheeden en hare takken.

De soort, waartoe deze ijzerbacteriën behoorden, was echter niet de zoo evengenoemde *Crenothrix polyspora* onzer waterleidingen, maar een bijzondere vorm, de *Leptothrix ochracea*. Deze schijnt de voornaamste rol bij het ontstaan van het ijzeroer te spelen, doch zij is daarbij geenszins de eenige ijzerbacterie. Integendeel, zij werd gewoonlijk aangetroffen in gezelschap van één of meer andere soorten, die klaarblijkelijk in dezelfde omgeving de meest gunstige voorwaarden voor haar leven aantreffen.

Men heeft vroeger het ontstaan van ijzeroer voor eene zuiver scheikundige werking aangezien, waarbij het oplosbare en kleurlooze koolzure ijzeroxydule onder de inwerking der lucht geoxydeerd werd. Het koolzuur werd dan vrij, terwijl het ijzeroxyde in waterhoudenden toestand als bruine vlokken neersloeg. Zonder twijfel vindt dit proces in ijzerhoudende wateren plaats, doch bij het ontstaan van oer speelt het slechts een zeer ondergeschikte rol.

De vraag doet zich echter voor, of misschien de afzetting van het ijzeroxyde in de scheeden der ijzerbacteriën eenvoudig op dezelfde scheikundige werking berust, waarbij dan de bacterien slechts passief zouden zijn, en de gelei geen andere rol zou spelen, dan dat zij de plaats is, waar het ijzeroxyde het gemakkelijkst ontstond, of zich bij voorkeur vastzette. M. a. w. zijn de bacterien bij dit proces actief of passief?

WINOGRADSKY heeft deze vraag door rechtstreeksche proeven beantwoord. Hij vond, dat vlokken van ijzerhydroxyde, die door scheikundige werking ontstaan in water, waarin ijzerbacterien ge-

kweekt worden, geenszins door de scheeden worden aangetrokken, of zich bij voorkeur op deze, veel min in haar, afzetten. Wanneer hij echter de jonge draden van *Leptothrix ochracea*, na ze in koolzuurhoudend water zooveel mogelijk ontkleurd te hebben, onder het mikroskoop bracht in een druppel van een oplossing van koolzuurijzeroxydule, dan zag hij de draden allengs geel worden. De oplossing was daarbij zoo arm aan zuurstof, dat slechts aan hare oppervlakte, waar zij met de lucht in aanraking was, een vliesje van ijzeroxyde ontstond, dat echter op de omzetting in de *Leptothrix*-draden hoegenaamd geen invloed uitoefende. In de draden zelve vond dus een proces plaats, dat, onafhankelijk van den toevoer van zuurstof van buiten, het oxydulezout in oxyde omzette.

Dat dit proces eene uiting van het leven der bacteriën is, bleek uit de volgende waarneming. Bij het voortschuiven in de scheeden komen de cellen niet zelden op kleine afstanden van elkander te liggen. Somwijlen zelfs zijn deze afstanden enkele malen langer, dan de cellen zelve. Nu bleek het, dat in de zooeven genoemde proeven deze plekken kleurloos bleven, daar het ijzeroxyde slechts in de onmiddellijke omgeving der levende cellen afgezet werd. De zelfstandigheid der scheeden is het dus niet, die het proces bewerkt; dit geschiedt niet anders, dan onder den invloed van het leven der bacteriën.

Zonder koolzuur ijzeroxydule kunnen de ijzerbacteriën niet groeien. Een water, dat voor hunne ontwikkeling gunstig is, verliest deze eigenschap als men het zoolang aan de lucht laat staan, tot dat al het oxydule als oxyde is neergeslagen. Dezelfde vlok kan men onder het mikroskoop laten groeien of laten rusten, als men slechts afwisselend een druppel met koolzuur ijzeroxydule bezwangerd water toevoegt, en dezen dan later weer door ijzervrij water vervangt. In verband daarmee staat het feit, dat de ijzerbacteriën zich in ijzerhoudende wateren zeer aanzienlijk vermenigvuldigen, terwijl zij in ijzerarme wateren niet of schaars te vinden zijn.

De hoeveelheid koolzuur ijzeroxydule, die door een enkelen draad geoxydeerd kan worden, moet buitengewoon groot zijn in verhouding tot het volumen der in den draad voorhanden levende cellen. Hieruit moet men afleiden, dat deze oxydatie voor het leven dezer bacteriën van hoog belang is. In verbinding met het feit, dat de groei bij gebrek aan ijzeroxydule stil staat, mag men zelfs besluiten, dat de bedoelde oxydatie voor de ontwikkeling dezer organismen even onmisbaar is, als de oxydatie van organische stoffen voor andere

bacterien. Opmerking verdient daarbij, dat klaarblijkelijk het product der oxydatie, het ijzeroxyde, niet van beteekenis is, daar de bruine scheeden door de cellen verlaten worden, zoodra de ophooping van dit product voor de voortzetting van het proces hinderlijk wordt. Het is dus in de oxydatie zelve, dat wij een belangrijk deel van het levensproces dezer mikroskopische wezens moeten zien.

Uit de medegedeelde proeven laat zich tevens afleiden, op welke wijze men deze bacteriën, hetzij in het groot, hetzij in het klein, kan kweken. Men behoeft slechts te zorgen, dat met de gewone organische voedingsstoffen tevens nog een opgelost ijzeroxydule-zout aanwezig zij. Op de eenvoudigste wijze bereikt men zijn doel door een weinig hooi in water goed uit te kooken en fijn te verdeelen. Men plaatst dan dit hooi in een hoog cilinderglas, brengt er versch gepraecipiteerd en goed uitgewasschen ijzerhydroxyde op, en vult dan het glas met een water, waarvan men aan kan nemen, dat het kiemen van ijzerbacteriën bevat. De rottingsbacteriën in het hooi veranderen allengs het onoplosbare ijzeroxyde in oplosbaar koolzuur ijzeroxydule, en weldra ziet men tegen den glaswand en aan de oppervlakte van het water bruine vlokken van ijzerbacteriën ontstaan, die welig beginnen te groeien.

Deze kringloop van het ijzer geeft ons tevens een denkbeeld van een geheel overeenkomstigen kringloop van dit metaal in onze stilstaande wateren. Sommige bacteriën toch, tot de groep der rottingsbacteriën behoorende, zetten het oxyde om in oxydule, dat, in verbinding met koolzuur, door het regenwater uit den grond wordt uitgespoeld, en zich in de slooten en plassen verzamelt. Hier wordt het door de ijzerbacteriën weer in ijzeroxyde veranderd, om of tot een oerbank te worden, of weer door rottingsbacteriën in denzelfden kringloop te worden teruggebracht.

Onzichtbaar voor het oog, maar machtig door hun overgroot aantal, nemen de bacteriën een even aanzienlijk aandeel aan de verschijnselen der ons omringende natuur, als de planten en de dieren, wier rol wij zooveel gemakkelijker kunnen overzien en beoordeelen.
