

kan krijgen van de verspreiding van plant en dier in de jaren voorafgaande aan de bevoeiing, dan zal men de verandering als gevolg van die bevoeiing kunnen vervolgen en ook het oorzakelijk verband ermee kunnen bestuderen. Dit onderzoek kan enerzijds geschieden op basis van het jaarlijks bestuderen der permanente proefvlakten (zie 3), anderzijds door een vegetatiekartering, uit te voeren vóór en ná de bevoeiing (zie 2). Het botanisch en zoölogisch onderzoek gaan hier hand in hand en

nauwkeurige samenwerking zal dan nodig zijn.

Het Meijendell-Comité zou gaarne melding maken van de hulp die enkele leden reeds ontvingen voor hun werk. Subsidie werd ontvangen van „Diligentia” en de Algemene Vereniging voor Natuurbescherming te Den Haag en van de Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek.

Het is verheugend dat in zo ruime kring belangstelling bestaat voor dit werk, en dat zij zich op deze wijze heeft geuit!

HOE LEVEN EN WERKEN DE WORMEN?

(vervolg)

G. H. BOEREMA en H. H. SOL.

Als we in onze tuin graven dan vallen ons dadelijk de vele gaatjes van de wormengangen op. Hoe zijn deze woningen van de wormen eigenlijk gebouwd? Om daar achter te komen hebben we enkele gangen

verstandig om de eerste maal slechts weinig van de vloeistof te gebruiken, zodat de worm de gelegenheid krijgt zo diep mogelijk weg te kruipen (einde gang), daar anders de gang op een bepaalde diepte



Fig. 5. Op het verticale vlak geprojecteerde schematische weergave van een drietal uitgegraven wormengangen (*Lumbricus terrestris*).

uitgegraven. Hierbij is gevaar voor instorten natuurlijk groot. Om dit te voorkomen maakten wij gebruik van een oplossing van celluloid in aceton, waaraan een kleurstof was toegevoegd. Deze oplossing werd dan enige malen in de gangen gegoten, waardoor de gronddeeltjes van de wanden min of meer aan elkaar werden gekit. Het is

door zijn lichaam afgesloten wordt. Het resultaat ziet U in fig. 5. De gangen zijn hier op het verticale platte vlak geprojecteerd, in werkelijkheid buigen ze naar alle richtingen. Ze hebben veelal twee uitgangen en aan het einde een verwijding, welke het omkeren mogelijk maakt. Op eenzelfde plaats vonden wij gangen van *Lumbricus*

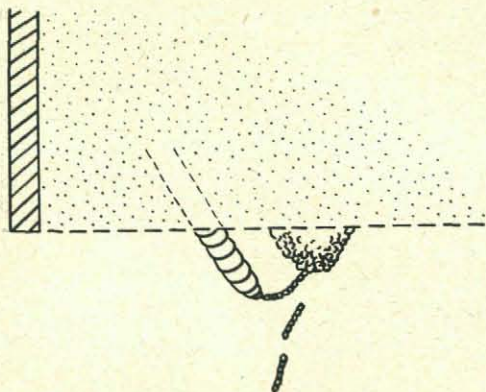


Fig. 6. Bij een omgekeerd grondfragment (vgl. fig. 8) trachtte de worm de opengekomen ingang van zijn gang weer af te sluiten met zijn uitwerpselen.

terrestris en *Allolobophora carnea*. De gangen van *Lumbricus* waren 1-1½ m diep en die van *Allolobophora* ½-1 m. De *Allolobophora*'s leven dus blijkbaar in een zone welke boven die van *Lumbricus* ligt. De uitwerpselen worden door de wormen naar buiten gebracht, althans voor een groot deel, en vormen dan een afdekking van de gangen. Dat de worm de gang werkelijk actief afdekt werd duidelijk waargenomen bij de opstelling gebruikt voor oriëntatieproeven (zie later). Een grondfragment was hierbij omgekeerd (zie fig. 6), met gevolg dat de gang van een worm i.p.v. boven nu onder uitkwam. De gang was daardoor opengekomen; naast de ingang was slechts een klein hoopje uitwerpselen blijven zitten. De worm trachtte nu de gang weer af te dekken met nieuwe uitwerpselen, die hij daarbij steeds weer vastplakte aan het nog aanwezige hoopje. De „kettingen” vielen echter steeds weer naar beneden. Ruim een kwartier is het dier zo bezig geweest, waarbij een zeer grote hoeveelheid uitwerpselen werd geproduceerd.

Ook worden de uitwerpselen daar gedeponeerd, waar zich in de grond een holte bevindt of waar de gang bijzonder breed is. Wat dit laatste betreft deden we bij het uitgraven van de gangen een merkwaardige vondst: een oude, niet meer gebruikte mollengang, welke door vele wormengangen werd doorkruist, was zo goed als geheel opgevuld met uitwerpselen (zie fig. 7). Het is dus wel zeker dat de wormen hun uitwerpselen niet uitsluitend buiten deponeeren.

Hoe oriënteren de wormen zich?

Het is bekend dat de wormen naar boven komen als er in de aarde wordt gewroet, maar hoe weten ze wat boven is? Zouden ze bij hun oriëntatie rekening houden met de zwaartekracht? Om deze vraag te kunnen oplossen hebben we gebruik gemaakt van een eenvoudige proefopstelling in een donkere kamer. We namen hiervoor een kist, verwijderden de bodem en brachten daarvoor in de plaats fijn kippengaas aan.

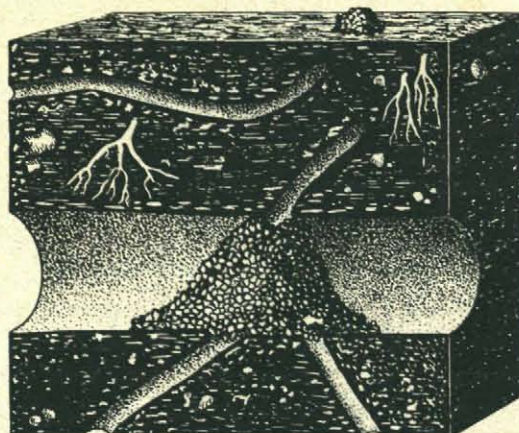


Fig. 7. Een oude mollengang, voor een groot deel opgevuld met uitwerpselen van wormen. Vergelijk de grote hoeveelheid uitwerpselen in de mollengang met de grootte van een normale hoop uitwerpselen bij de ingang van een wormengang (rechts boven).

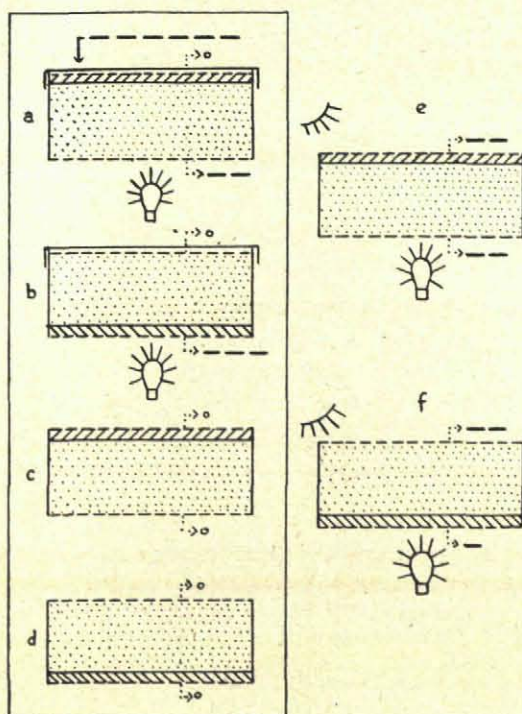


Fig. 8. Oriëntatieproeven. Een kist, boven en onder afgesloten met fijn kippen-gaas, is gevuld met een grondfragment: aarde (gestippeld) met graszode (schuin gearceerd). Opstelling a, b, c en d in een donkere kamer; e en f buiten. De lamp geeft aan belichting van onderen, de 'zon' belichting van boven; bij a en b bovenzijde van de kist afgedekt met zwart papier. De 6 wormen aangegeven door horizontale streepjes. De gestippelde pijlen geven aan hoeveel wormen na het wroeten in de aarde resp. boven en onder te voorschijn kwamen.

Het geheel werd gevuld met aarde, daarop kwam een dunne zode en tenslotte werd de kist ook boven afgesloten met fijn kippen-gaas. Bij elke proef kregen zes wormen één dag de gelegenheid om hun gangen te graven. De volgende dag plaatsten we onder de kist een lamp, terwijl de bovenzijde werd afgedekt met zwart papier. Toen wij in de grond wroetten, kwamen onder twee van de zes wormen te voor-

schijn, boven geen (fig. 8a). De kist werd nadat de wormen zich weer hadden ingegraven omgedraaid, zodat de zode onder kwam te liggen. Het zou immers kunnen zijn, dat de zode in geval a de wormen had belemmerd om naar buiten te kruipen. In dit tweede geval kwamen na het wroeten onder drie van de zes wormen te voorschijn, boven geen (fig. 8b). Het had er dus veel van dat niet de zwaartekracht, maar het licht een rol speelt bij oriëntatie. Om dit te controleren hebben we de lamp weggenomen (de proeven werden gedaan in een donkere kamer!) en geruime tijd nadat de wormen weer in de grond verdwenen waren — opnieuw zowel bij normale als omgekeerde opstelling — in de aarde gewroet. In beide gevallen kwamen er noch onder noch boven wormen te voorschijn (fig. 8 c, d). Vervolgens hebben we nog de kist naar buiten gebracht, zodat er zowel onder als boven licht aanwezig was, waarna weer de beide proeven, wroeten met zode boven en zode onder, herhaald werden (fig. 8 e, f). In geval e kwamen er onder en boven twee wormen naar buiten; in geval f twee boven en één onder. Het blijkt dus dat licht bij deze reactie zeker een belangrijke rol speelt. De zaak wordt echter gecompliceerd door het feit dat de worm bij het wroeten vlucht door zijn eigen gang en dus geen vluchtgang graaft. Dan is het tevens niet onwaarschijnlijk, dat hij vlucht in die richting waarin hij zich op dat moment beweegt, d.w.z. dat een worm bij wroeten in de aarde alleen te voorschijn kan komen als de betreffende gang in zijn voortbewegingsrichting buiten uitkomt. Dit werd door ons in het veld nader onderzocht. Het bleek daarbij dat inderdaad slechts een gedeelte van de in de grond aanwezige wormen bij wroeten naar boven kwam. De overige waren nog in de grond, en in

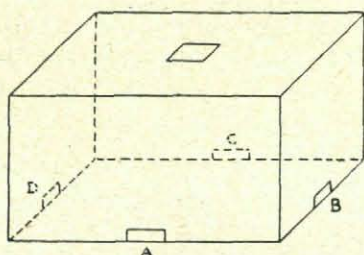


Fig. 9. Opstelling voor het nagaan van de reactie der wormen op licht. De glazen bak is bedekt met zwart papier. De gaten A, B, C, D en het kijkgat boven opengelaten.

zeven van de tien gevallen met zekerheid met de kop naar beneden gericht.

We zouden dus misschien mogen zeggen dat een worm bij wroeten vlucht in die richting waarin hij zich op dat moment begeeft, komt hij daarbij in het licht, dan kruipt hij naar buiten; neemt de worm geen licht waar, dan kruipt hij zover mogelijk weg, maar blijft in zijn gang. Immers zo goed als nooit kwamen bij volledig afsluiten van het licht de wormen naar buiten.

Deze proeven gaven ons dus geen antwoord op de vraag of de wormen „weten” wat boven of onder is, daar nu blijkt dat ons uitgangspunt, het naar boven komen bij wroeten in de aarde, een direct gevolg is van een vlucht, onafhankelijk van boven-onder oriëntatie. Wel blijkt door deze proeven dat de wormen zeer lichtgevoelig zijn en dat licht waarschijnlijk voor hen „boven de grond” betekent.

Dat wormen zeer lichtgevoelig zijn, kunnen we ook op een andere manier waarnemen. En wel door gebruik te maken van een lege glazen bak, die wordt beplakt met zwart papier, waarin aan de vier zijden onderaan een opening wordt gelaten (fig. 9 A, B, C, D). Op de bak ligt een glasplaat, eveneens beplakt met zwart papier, met in het midden een kijkgat. De proefjes doen we weer in een donkere kamer. Als

we nu in de bak voor opening A bijvoorbeeld vier wormen leggen en aan de buitenkant voor dezelfde opening een lamp plaatsen, dan zien we dat de wormen zo snel als ze kunnen weggkruipen. Eerst van het licht af, om even later af te buigen naar de donkerste hoeken, in dit geval hoek AB en hoek AD. Af en toe doet een worm wel een poging om een andere plaats op te zoeken, maar zodra hij in de lichtbundel komt, trekt hij zich terug of verandert snel van richting. Plaatsen we de lamp voor een van de andere openingen, dan blijkt dat de wormen weer naar de donkerste hoeken kruipen; worden ze daarin verhinderd door de lichtbundel, dan blijven ze in de minder donkere hoeken, maar zijn dan zeer onrustig.

De vraag ligt nu voor de hand, waar de wormen precies lichtgevoelig zijn. Om dit na te gaan hebben we weer een worm laten kruipen tussen twee glasplaten, waartussen zich slechts een dunne laag zand bevond, zodat de worm aan beide zijden goed te zien was. Door nu een smalle lichtbundel op de verschillende delen van het dier te werpen en de andere af te schermen met zwart papier konden we de lichtgevoelige plaatsen bepalen. De worm reageerde het sterkst als we de bundel richtten op de bovenzijde van de drie voorste segmenten en de lichtgevoeligheid van het vooreinde bleek veel groter te zijn dan die van het achtereinde. Dit is in overeenstemming met hetgeen we in de literatuur vinden nl. dat de lichtgevoelige cellen bij de wormen ontbreken aan de ventrale zijde (buikzijde) en vnl. voorkomen aan het voor- en achtereinde, dus op de plaatsen die het veelvuldigst in het licht komen.

Weer een andere vraag is of de wormen ook een voorkeur hebben voor een bepaalde soort grond. Verkiezen ze een bepaalde chemische samenstelling? Is de korrel-

grootte van belang? Om enig inzicht in deze vragen te krijgen, hebben we keuzeproeven gedaan. Hierbij lieten we de wormen gedurende twee dagen rondkruipen in een glazen bakje (20×15 cm), waarvan de ene helft gevuld was met klei van een hoog organische-stofpercentage en de andere helft met klei van een laag percentage organische stof, overigens van eenzelfde samenstelling. De wormen hadden in deze twee dagen voldoende gelegenheid om met beide soorten grond kennis te maken. Het bleek nu dat er steeds een voorkeur was voor de klei met het hoogste organische-stofpercentage. Ook hebben we de wormen laten kiezen tussen klei en zand; klei met een laag en zand met een hoog percentage organische stof, overigens van ongeveer eenzelfde chemische samenstelling. De resultaten van al deze proeven wezen op een voorkeur voor de klei, ondanks het lage organische-stofpercentage. Duidelijk is dan ook dat de structuur van de grond een belangrijke rol speelt.

Een andere factor, die zeker van belang is, vormt de zuurgraad van de grond. Wij hebben om dit te onderzoeken, getracht eenzelfde klei verschillende zuurgraden te geven door middel van buffermengsels.¹⁾ Het bleek evenwel dat de klei zelf een nog sterkere buffer was, zodat de oorspronkelijke zuurgraad niet merkbaar veranderde. Daarom werd later gebruik gemaakt van bladaarde; hoewel ook hiervan de bufferwerking merkbaar was, gelukte het ons hierbij een serie te maken met verschillende zuurgraad. De wormen, voor de keuze gesteld tussen deze verschillende gronden, bleken geen bepaalde voorkeur te vertonen, maar wel bracht de bepaling van de zuurgraad voor en na de proef (de wormen hadden dan drie dagen in de

grond gekropen) iets anders aan het licht. De zuurgraad van de grond bleek veranderd te zijn, in gronden met een relatief lage zuurgraad was ze nl. verhoogd, in gronden met een relatief hoge zuurgraad had ze een iets lagere waarde gekregen. De zuurgraad was dus van beide zijden tot een bepaalde middelwaarde genaderd. Dat de wormen hiervan werkelijk de oorzaak waren, bleek wel daaruit, dat in een controlebakje zonder wormen de zuurgraad na drie dagen niet veranderd was. Tenslotte hebben wij de wormen de keus gegeven tussen een uitgesproken zure grond (pH 4.95) en een basische grond (pH 7.75). De bufferwerking van de grond was hierbij te niet gedaan door de grond respectievelijk te behandelen met een sterk zuur en een sterke base. Alle resultaten wezen hierbij op een voorkeur voor de basische grond. Het is echter niet helemaal zeker of de wormen in dit geval reageren op de verschillende pH's. De ionen van het gebruikte zuur en de base zouden er ook wel eens een rol bij kunnen spelen. Binnen welke grenzen deze voorkeur merkbaar blijft, kon door ons wegens tijdgebrek niet nader worden onderzocht. Ook bij deze proeven was de zuurgraad van de zure grond iets lager geworden (pH nl. 5.55) en van de basische grond iets hoger (pH 7.45).

Bij het lezen van dit overzicht, zal het U opgevallen zijn, dat de conclusies die wij uit onze proeven trekken over het algemeen vaag zijn. Dat wil zeggen dat de proefjes eigenlijk nog eens herhaald moeten worden. De hulpmiddelen zijn eenvoudig, zodat dit overzicht van onze waarnemingen een inleiding mag zijn voor ieder, die zelf de gedragingen van onze wormen wil onderzoeken.

1) Oplossingen van speciale chemische samenstelling, die zich tegen verandering van de zuurgraad verzetten.