631.46 : 06.04

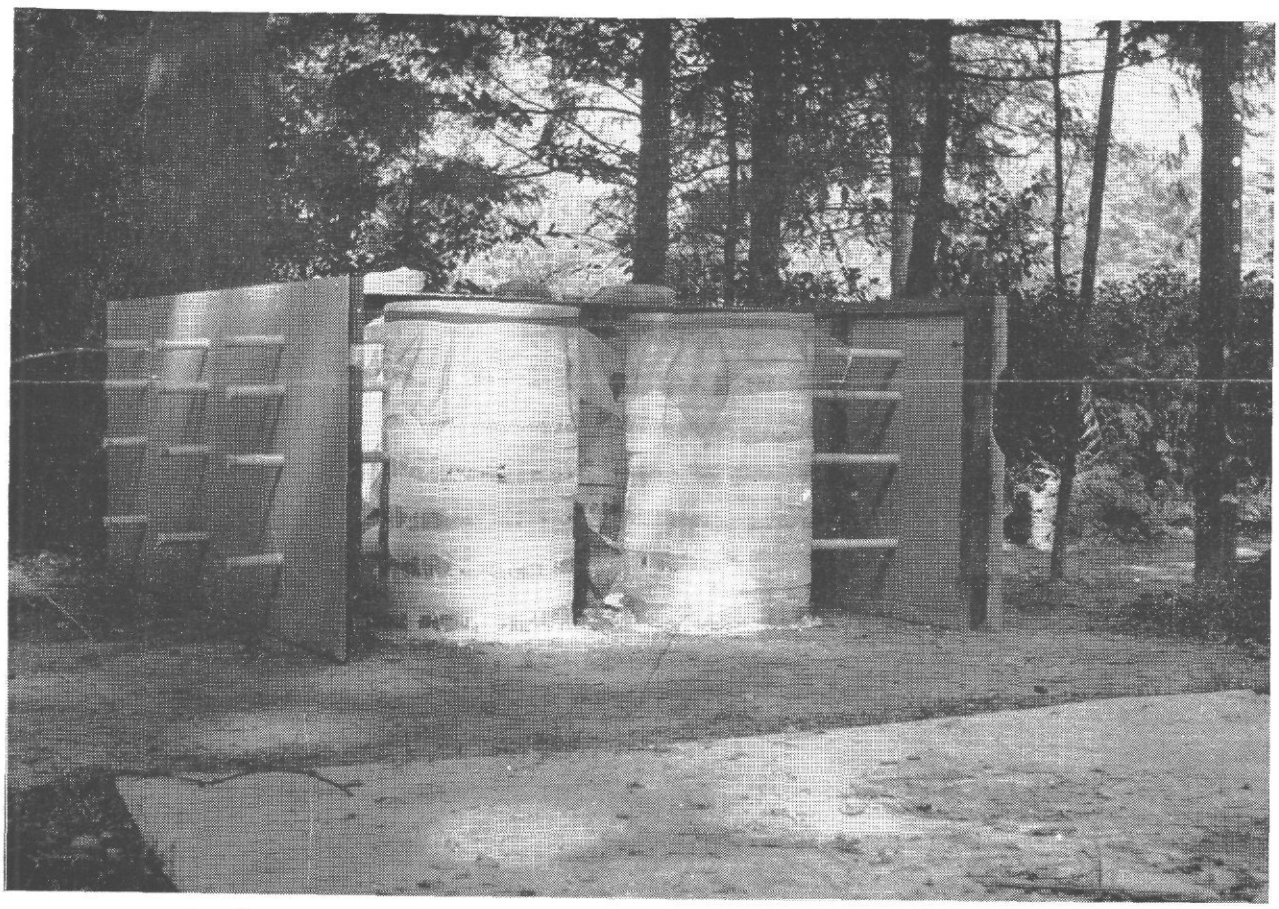
296835

SEPARAAT
No. 23350

DE CONTACTCOMMISSIE VOOR BIOLOGISCHE BODEMVERBETERING

G. MINDERMAN

296



Opstelling van grondcylinders voor het onderzoek naar de invloed van biociden op de wormenfauna.

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

OVERDRUK UIT „TNO-NIEUWS" NO. 196 (JUNI 1962) BLZ. 318-327

OVERDRUK NO. 5133

De Contactcommissie voor Biologische Bodemverbetering

G. MINDERMAN

Biologische bodemverbetering – dat is het stimuleren van de activiteiten van het bodemleven die een milieuverbetering voor de hogere plant teweegbrengen – is in bepaalde gevallen te verkiezen boven structuurverbetering door mechanische ingrepen. Omdat bij een zoveel omvattend onderwerp specialisten op velerlei gebied moeten samenwerken is in 1959 een contactcommissie ingesteld die kan dienen als klankbord voor wensen en voor problemen en resultaten die de deelnemende onderzoekers in bespreking willen brengen. In onderstaand artikel wordt een en ander verteld over het werk van deze commissie waarin twaalf instituten en twee consulentschappen zijn vertegenwoordigd. De consulenten brengen de praktijkproblemen in, die door zoveel mogelijk onderzoekers uit verschillende gezichtspunten worden bestudeerd.

Inleiding

Onder biologische bodemverbetering wordt verstaan het stimuleren van die activiteiten van het bodemleven, welke een milieuverbetering voor de hogere plant ten gevolge hebben.

De biologische wijze van bodemverbetering is gebaseerd op de waarneming dat steeds invloeden van biologische aard werkzaam zijn in gronden welke als regel bijzonder goede oogsten opleveren van gewassen die hoge eisen stellen aan hun standplaats. De hierbij optredende, door het bodemleven veroorzaakte structuurtoestanden, blijken bijzonder gunstig te zijn voor de wortelontwikkeling en zijn zowel in onder- en bovengrond merkbaar.

Tegenover deze gunstige biologisch ontstane structuurverbetering hebben mechanische ingrepen, hoe noodzakelijk soms ook uit andere overwegingen, vaak slechts een kortstondig effect en kunnen op den duur zelfs een nadelige invloed uitoefenen. De door het bodemleven veroorzaakte structuurveranderingen zijn bestendiger van aard, de hierbij betrokken processen verlopen langzamer, maar kunnen voortdurend werkzaam zijn, tegen een constante dreiging van degeneratie ten gevolge van klimaat- en cultuuromstandigheden.

Maatregelen om het bodemleven te stimuleren bestaan uit het scheppen van gunstige omstandigheden en/of het vermijden van nadelige beïnvloeding.

Het is echter eenzijdig om alleen de fauna- en microflora van de grond in beschouwing te nemen. Van groot belang zijn ook hogere planten voor de biologische bodemverbetering. Planten hebben een grote betekenis voor de produktie van organische stof en de verdeling hiervan in het profiel. Ook het ontstaan van poriën en kanalen en de stabilisatie daarvan speelt een grote rol.

Onder het bodemleven moet dus zeker ook de hogere plant zelf gerekend worden hetzij als cultuurgewas, hetzij als een plant in de natuurlijke vegetatie.

Door de voorziening van de grond met organische stof kan ingegrepen worden in de omvang en wellicht ook in de samenstelling van flora en fauna. Bekend is b.v. dat de C/N-verhouding van de organische materialen van invloed is op deze samenstelling. Een te hoog C/N-quotiënt (te weinig stikstof) is ongunstig.

De omstandigheden in de grond zijn verder mede bepalend voor de aard en activiteit van het bodemleven. Voorlopig neemt men aan dat die omstandigheden, die voor de hogere plant gunstig zijn ook een gunstige levensgemeenschap in de grond in stand houden.

Extremen in de water- en luchthuishouding zijn nadelig, evenals die in bodemtemperaturen. Soms kan ook toediening van groeistoffen of ontsmettingsmiddelen nadelig werken.

Bodembehandelingsmethoden dienen bij de teelt aangepast te worden. Veel hangt af van de eigenschappen en toestand waarin de grond verkeert. Wat geen verbetering behoeft moet met rust gelaten worden. De bereikbare resultaten kunnen veelal pas op langere termijn en met hoge kosten tot stand worden gebracht. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de beoordeling van de verbeteringsmogelijkheden van een profiel. Soms zal men niet met biologische bodemverbetering kunnen beginnen, voordat enkele van de meest essentiële omstandigheden zijn verbeterd. Heel vaak betreft dit de ontwateringstoestand van het profiel of de doorlatendheid voor water, lucht en plantenwortels. Ontwatering en een goed gekozen mechanische ingreep gevolgd door een spoedige inzaai van een bodembedekker, die de verkregen mechanische verbetering stabiliseert en/of toediening van organische materialen zijn belangrijke wapens bij de biologische bodemverbetering.

TNO

De samenbundeling

Door het vermelden van fauna en structuur blijkt dat de vragen welke gesteld worden niet alleen op het terrein der bodem-microbiologie gelegen kunnen zijn, doch dat naast de bacteriologen en mycologen ook gespecialiseerde bodemkundigen, zoölogen en oecologen een bijdrage moeten gaan leveren willen wij tot een verbetering van het inzicht komen over de samenhang tussen plantengroei, fysische eigenschappen, chemische rijkdom en geaardheid van de microflora en

de fauna van de grond. Het is duidelijk dat de aanpak van dit grote onderzoek met zijn veelheid van aspecten niet aan een enkele onderzoeker kan worden opgedragen, zelfs niet aan een der bestaande instituten. Geen der huidige instituten is op voldoende ruime basis opgezet om een dergelijk terrein met een voldoend aantal deskundigen te kunnen bezetten.
Samenbundeling van alle in aanmerking komende specialisten binnen één nieuw of bestaand instituut zou een ongemotiveerd leegzuigen betekenen van reeds bestaande meer of minder intensief op dit terrein werkzaam zijnde afdelingen van andere instituten, die uit hoofde van hun werkopdracht zich op dit gebied moeten bewegen als een der facetten van hun meer algemene doelstelling.

Edelman en Van der Kloes kwamen dan ook tot het idee een centraal contactpunt te creëren, een ontmoetingsplaats voor allen, die actief werkzaam zijn op gebieden welke direct of indirect te verbinden zijn met het begrip biologische bodemverbetering. Ook de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek TNO bleek met dit plan te kunnen instemmen.

Het gevolg is geweest, dat in januari 1959 een eerste algemene bijeenkomst van de Contactcommissie voor Biologische Bodemverbetering (de CCBB) gehouden werd, waarin de voor- en nadelen van deze bundeling uitvoerig door de instituutsvertegenwoordigers werden uiteengezet. Velen stonden enigszins sceptisch tegenover de levensvatbaarheid van een contactcommisie, welke geen enkele bijzondere binding heeft met een der instituten in het bijzonder, die geen directe invloed mag en kan uitoefenen op de instituutsprogramma's of op hun medewerkers en slechts zal mogen en moeten dienen als klankbord voor wensen en voor de problemen en resultaten die de deelnemende onderzoekers in bespreking willen brengen. Nu de contactcommisie drie jaar bestaat, is het een grote voldoening te mogen constateren dat dit een zeer waardevol contactpunt gebleken is. Het onderlinge contact tussen de onderzoekers van verschillende instituten is sterk toegenomen, de stimulatie die hiervan uitgaat is in het werk bemerkbaar, terwijl de onderlinge waardering voor andere benaderingswijzen van de problemen en andere aanpak van het onderzoek nog steeds groeiend is. Stellig kan een goed contactpunt beter werken dan het samenbundelen van alle in aanmerking komende onderzoekers in één groot instituut. Door de geaardheid en een zekere beslotenheid van de huidige instituten, bezit ieder een eigen traditie en sfeer met een eigen onderzoekmentaliteit en benaderingswijze van de problemen. Binnen een contactgroep kunnen al deze onweegbare zaken op zeer bevruchtende wijze het onderzoek stimuleren, terwijl de veelheid van deze waardevolle eigenaardigheden binnen één groot instituut zou worden genivelleerd.
Door de veelheid van instituten, welke één of ander facet van bodembiologisch onderzoek in de loop der jaren ter hand zijn gaan nemen, zou men in de werkprojecten vele dupliceringen en ook een grote heterogeniteit kunnen verwachten. Zoals verderop aangetoond zal worden, valt dit erg mee. Vanzelfsprekend vindt men als resultante van deze projecten geen op één centraal doel gerichte aanpak, maar wel bemerkt men dat in de verschillende instituten een zelfde ideeën-complex een rol gespeeld heeft bij het opstellen van de onderzoekprojecten. Het blijkt ook dat over het algemeen een goede aansluiting aan te wijzen is tussen de op vele plaatsen in onderzoek genomen onderwerpen.
Momenteel worden in de contactcommissie twaalf instituten en laboratoria benevens twee consulentschappen vertegenwoordigd door in totaal 30 leden.
De aanwezigheid van de consulenten is van bijzondere betekenis voor een goede communicatie tussen de onderzoekers en de praktijk. De consulenten brengen de problemen binnen de kring der onderzoekers en trachten de problemen aan de man te brengen, trachten één of meer onderzoekers te vinden die genegen zijn om binnen de lijnen van hun instituutsprogramma en al dan niet met financiële tegemoetkomingen van buitenaf, deze problemen ter hand te nemen. Op deze wijze zijn b.v. een tweetal werkprojecten ondergebracht bij het Itbon.
Momenteel wordt de tijd rijp geacht om een derde project op te zetten, dat de biogische bestrijding in de grond van ziekten en moeheidsverschijnselen omvat.

Activiteiten

Gedurende de drie jaren sinds de oprichting, zijn naast twee geheel huishoudelijke vergaderingen, tien wetenschappelijke bijeenkomsten gehouden waar achtereenvolgens behandeld werden:

1. Bodemrijping in het algemeen, inclusief homogenisatie en heterogenisatie.
2. Bijzondere bodemrijping: de veraarding van veen.
3. Voordrachten over lopende onderzoekingen aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.
4. Organische stof vraagstukken uit de landbouwpraktijk.
5. Bijzondere bodemrijping: Noordoostpolder en Flevoland.
6. Bodembehandeilng in de Zeeuwse Fruitteelt.
7. Microbiologische aspecten van de stikstofhuishouding in de grond.
8. Parasitaire organismen, hun optreden en verspreiding in de grond.
   I. De microflora, virussen en aaltjes in 't algemeen.
9. II. Plantenparasitaire aaltjes en moeheidsverschijnselen.
10. De rol van milieu, microflora en fauna bij veranderingen in de toestand van de organische stof.

Deze bijeenkomsten hebben sterk bijgedragen tot de ideevorming dat, willen wij komen tot een biologische bodemverbetering, een gedegen kennis nodig is van de algemene bodembiologie, althans van vele aspec-

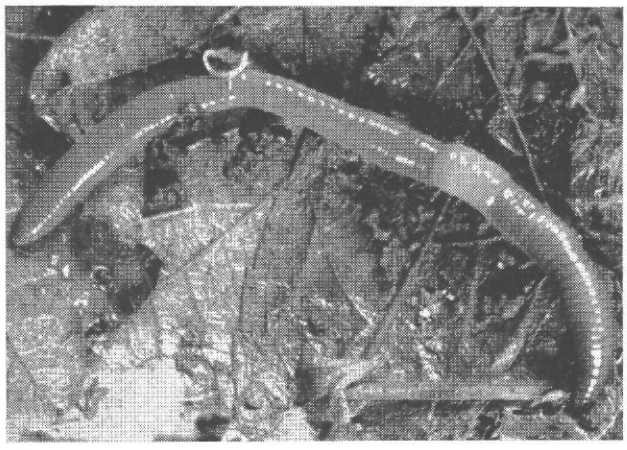


Fig. 1. Een zeer belangrijke medewerker aan de biologische bodemverbetering, een volwassen regenworm.

ten daarvan. Het is duidelijk dat slechts een gedeelte van het huidige onderzoek op directe verbetering gericht kan zijn, daar op het gebied van basale kennis nog een bijzonder groot manco bestaat. Speciaal de kwantitatieve aspecten van de processen zijn slecht bekend en vragen om nog zeer veel verdiepend en uitbouwend microbiologisch en faunistisch onderzoek. Een moeilijkheid is vaak dat de hoofdproblemen zich nog slechts vagelijk aftekenen, waardoor een terzake doende juiste formulering van de probleemstelling bijzonder lastig is. Het huidige stadium kenmerkt zich vooral door een moeizaam punkteren tot zich een aangrijpingspunt voordoet dat perspectieven biedt voor diepgaand onderzoek.

Behorend tot de normale instituutsprogramma's wordt, zoals reeds opgemerkt, door verscheidene onderzoekers aan verschillende bodembiologische projecten gewerkt. Uitdrukkelijk zij opgemerkt dat de C.C.B.B. als zodanig geen invloed of bemoeienis heeft met deze instituutsprogramma's, doch ter verduidelijking van hetgeen onder biologische bodemverbetering verstaan wordt en op welke gebieden daarvan hier in Nederland gewerkt wordt, meent de C.C.B.B. een algemeen overzicht te mogen geven gecompileerd uit de gezamenlijke instituutprogramma's.

Schematisch overzicht van het huidige onderzoek in Nederland

I. FUNDAMENTEEL BODEMBIOLOGISCH ONDERZOEK

A. Algemeen Onderzoek

1. De kringlopen van stikstof en koolstof. Onderzoek naar de energetische en chemische vnl. kwantitatieve grondslagen bij de kringloop van koolstof en stikstof met de daarbij optredende transformaties voor zover deze plaats vinden in de pedosfeer. (v. Dijk, Harmsen, Jager, Minderman, Mulder c.s., v. Schreven).
2. Samenstelling van de biocoenose of levensgemeenschap van de grond.
   Algemene oriëntatie over de samenstelling van microflora en fauna van de grond. (v. d. Drift, Harmsen, Jager, Mulder, v. Schreven, Went, Wieringa).
3. Invoeging van de biocoenose in de kringlopen.
   Onderzoek naar de wijze waarop door tussenkomst van microflora en -fauna de omzettingen onder 1 vermeld, plaats vinden. (Doeksen, v. d. Drift, Jager, Harmsen, Minderman, Mulder, van Rhee, Went).
4. De activiteit van de soorten.
   Auto-ecologisch-fysiologisch onderzoek aan die componenten van microflora en -fauna welke een belangrijke rol spelen in de kringloop-processen.
   (Doeksen, v. d. Drift, Jager, Jongerius, Harmsen, v. Rhee, Went, Wieringa).
5. Relatie milieu – biocoenose.
   Onderzoek betreffende de relatie milieu – biocoenose, waarbij ook aandacht geschonken wordt aan de landbouwkundig belangrijke relatie: milieu – wortel. (Brouwer, Doeksen, v. d. Kloes, Minderman, Schuurman, Went, Wiersum).
6. Structuurvormen ontstaan door de activiteit van de biocoenose. Beschrijving van de optredende biogene bodemstructuren en humusmorfen, gepaard gaand met onderzoek tot verklaring van het ontstaan van deze vormingen. (Doeksen, Egberts, Hoeksema, Jongerius).

B. Bijzonder (vnl. Fytopathologisch) Bodembiologisch Onderzoek

7. De relaties tussen parasiet – bodem – plant, waarbij inbegrepen de z.g. moeheidsverschijnselen. (de Boer, Hoestra, Kuiper, Sol).
8. Onderzoekingen naar de mogelijkheden tot biologische bestrijding van ziekten en plagen in de grond. (de Boer, van Emden, Hoestra, Kuiper, Labruyère).
9. De invloed van chemische bestrijdingsmiddelen op de biocoenose. (v. d. Drift).

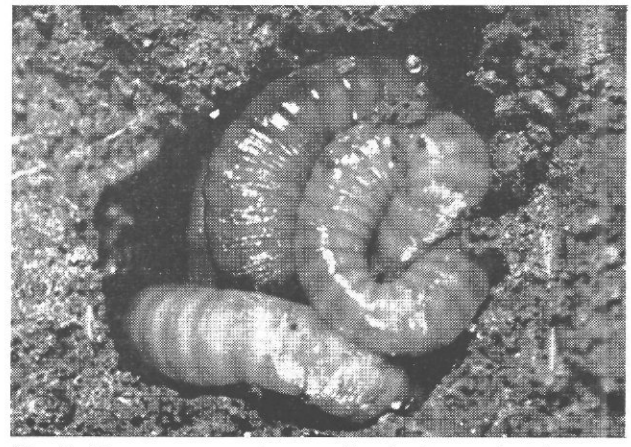


Fig. 2. Een regenworm in rust, diep in de grond, tijdens een droogteperiode.

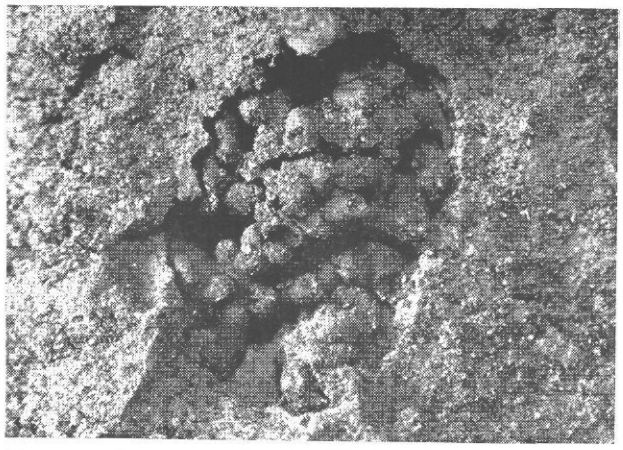


Fig. 3. Holte in de grond, gemaakt door een regenworm, later weer opgevuld met wormuitwerpselen. Een locale structuurverbetering.

II. TOEPASSING VAN SUB. I

10. Bestudering van de kwantitatieve invloed van de activiteit van de fauna-elementen op de opbrengst der gewassen, op de rijping en hoedanigheid van de gronden (vnl. semi praktijkproeven). (Doeksen, v. d. Drift, van Rhee).
11. Praktijkproeven tot verbetering van de biogene bodemstructuur. (v. d. Boon, Doeksen, van Rhee, proefstations en voorlichtingsdiensten).

1. *De kringloop van stikstof en koolstof*

In vitro zijn van vele organismen vele gegevens bekend, doch kwantitatieve gegevens met grond als milieu zijn schaars en vaak weinig zeggend.

Mulder en zijn medewerkers te Wageningen zijn bezig met verschillende problemen welke de *kringloop van de stikstof* betreffen.

Becking houdt zich bezig met de voorwaarden waaronder door *vrij levende bacterien* stikstof gebonden wordt, terwijl Mulder c.s. zich vooral toeleggen op de stikstofbinding in *symbiose met hogere planten*. Van groot belang zijn ook hun onderzoekingen over de zeer talrijk in de grond aanwezige *Arthrobacters*. Organismen welke zich voordoen als staven coccen of oliebolachtige cellen. Zonder stikstof of andere voedingszouten zetten de staafjes glucose voor 25 % om in CO_2 en water, terwijl de rest vastgelegd wordt in onbekende stoffen in het bacteriemateriaal (reservestof). Bij het coccenstadium treedt dit verschijnsel ook op, doch in mindere mate. Bij het ontbreken van stikstof waar men weinig droge-stof-produktie zal verwachten, zien wij hier juist veel materiaal gevormd worden. In hoeverre deze organismen van werkelijk belang zijn bij de omzettingen in de grond dient nog afgewacht te worden.

Woldendorp houdt zich bezig met het opsporen van de oorzaak van de N-verliezen welke optreden bij het toedienen van *stikstofmeststoffen* aan *graslanden*. Door gebruikmaking van N-15 was het ontwijken in gasvorm aan te tonen. Waarschijnlijk berust dit op een denitrificatieproces, dat zich ontwikkelt onder invloed van de levende plantenwortel en in de rhizosfeer aanwezige denitrificerende organismen. Dilz vond bij concurrentieproeven tussen gras en klaver bij verschillende pH-waarden, dat in zure grond waar zich normaliter weinig wortelknolletjes ontwikkelen, de vorming sterk gestimuleerd kan worden door lang voordien toegevoegde stalmest. Hierbij moet sprake zijn van een secundair effect. Over de aard hiervan is nog niets bekend.

Mulder c.s. evenals Jager werken ook aan de nog steeds niet bevredigend beantwoorde vraag betreffende de relatie tussen het aantal in de grond aanwezige *bacteriën* en de bijbehorende *CO_2 produktie*. Een van de opmerkelijkste verschijnselen is b.v. dat, indien na uitdroging of na partiële sterilisatie de grond weer bevochtigd wordt, binnen zeer korte tijd zich een sterke CO_2 produktie manifesteert, welke niet in overeenstemming gedacht kan worden met de dan nog weinig talrijke bacteriën.

Van Schreven te Kampen gaat o.a. na wat de oorzaken zijn waardoor de grote hoeveelheid in het *Flevopolder-slik* opgeslagen stikstof tot een snel verdwijnen gedoemd is.

Verder onderzoekt hij de betekenis van de stikstofbinding door de vrijlevende bacterie *Azotobacter chroococcum* voor de stikstofvoorziening van de gewassen. De Russische onderzoekers zijn veelal bijzonder positief in hun lof over de invloed van deze bacterie, terwijl Westerse onderzoekers een bijzonder grote gereserveerdheid tonen.

Te Groningen onderzoeken Jager en Harmsen hetgeen in de *rhizosfeer* gebeurt. Dit is een onderzoek dat sterke aanvullingen geeft op het werk van Woldendorp. Met Wiersum samen houden zij zich ook bezig

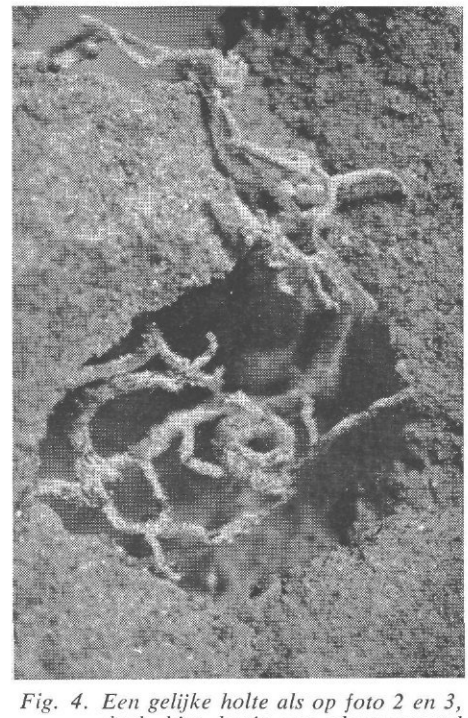


Fig. 4. Een gelijke holte als op foto 2 en 3, doch hier heeft een plantenwortel geprofiteerd van de mogelijkheid sterk uit te groeien, de omgevende grond is hiervoor te stug.

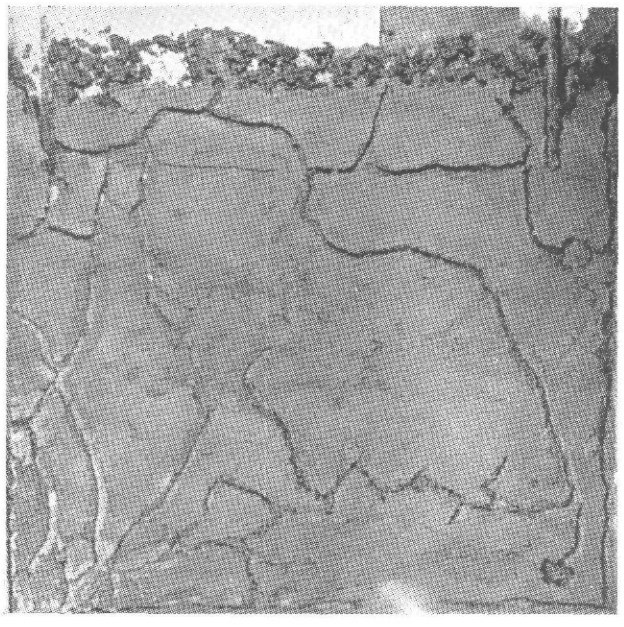


Fig. 5. Door regenwormen vervaardigd gangenstelsel in een kunstmatig profiel, onderaan rechts is een rustholte zichtbaar.

met de mogelijke invloed van toegediend gemakkelijk aantastbaar organisch materiaal op de afbraak en opbouw van bestendige *humus*. Daarenboven zoeken Harmsen met Jager en ook Van Dijk ieder op de hun eigene wijze naar een mogelijkheid om de inerte humusfracties te scheiden van de nog aantastbare humeuze stoffen.

Ook bemoeit Jager zich met het nagaan van de aard der gemakkelijk assimileerbare stoffen welke in de grond ontstaan na partiële sterilisatie door uitdroging. Dit onderzoek geeft een aanvulling en uitbreiding aan het onderzoek van Birch voor Centraal-Afrikaanse gronden.

Over de afbraak van *aminozuren* in de grond is onlangs een publikatie verschenen van Van Driel. Dit onderzoek, dat indertijd is uitgevoerd onder leiding van Van Herk te Amsterdam, werpt echter meer vragen op dan het kan beantwoorden. Harmsen houdt zich onder meer bezig met problemen rondom de *stikstofmineralisatie,* dit is het beschikbaar komen voor de gewassen van stikstof die door de microben voornamelijk in hun lichaam is vastgelegd. Dit onderzoek is vooral van belang voor het verkrijgen van een beter inzicht in de doseringshoogte van stikstofmeststoffen voor de landbouwpraktijk. Dit is zeer gewenst, want ofschoon door chemisch grondonderzoek een aardig kwantitatieve benadering mogelijk is voor de behoefte-bepaling aan de overige voedingselementen, is men voor stikstof nog steeds aangewezen op ervaringscijfers aangevuld door pot- en veldproeven. Het mechanisme dat bij de mineralisatie een rol speelt, de banden van de microwereld met het fysische milieu en met de aanwezige organische stof worden nog slechts gebrekkig gekend. Het proefveldonderzoek waarbij Harmsen tracht om met behulp van chemische analyses de balans van *stikstofaanvoer en -afvoer sluitend* te maken, gaat gepaard met intensief microbiologisch onderzoek, dat aansluit bij dat van Van Dijk naar de stikstof-koolstof relatie, waarbij de activiteit van de microflora het bindend en dirigerend element vormt. De oorsprong van de organische stof in de grond bleek hierbij een belangrijke rol te spelen. Er is immers een zeer groot verschil tussen bijv. heide-humus en de humus gevormd onder een langdurig grasbestand.

Van Dijk tracht deze verschillende humusvormen en -soorten (inclusief venen) chemisch en microbiologisch te karakteriseren (onderzoek naar de kwaliteit van de organische stof). Daarnaast verricht hij diepgaand onderzoek naar de betekenis van *huminezuren,* als gemeenschappelijke component bij de verschillende humussoorten, voor de vruchtbaarheid van de grond in het algemeen. Verder onderzoekt hij ook het verloop van organisch *gebonden stikstof in zandgronden.*

Minderman tracht de wijze en de snelheid in omzetting van de verschillende stofgroepen in *strooisel* en grond te achterhalen door chemisch onderzoek. Hiertoe werden de analysemethoden van Groszkopf en Waksman als uitgangspunt genomen, doch allengs zeer veranderd en verbeterd. Voor de scheiding van lignine uit humusstoffen werd een geheel nieuwe methode ontwikkeld. Door middel van de metingen van de ontwikkelde warmte in vrijwel ongestoorde grondmonsters, gecombineerd met chemisch onderzoek en experimenteel ingrijpen, wordt gepoogd de invloed van de verschillende groepen organismen in de grond na te gaan.

2. *Samenstelling van de biocoenose*

Bij een biologisch onderzoek is het onvermijdelijk dat de organismen waarmee men te maken heeft bekend zijn of beschreven worden. Hoewel dit voor de microflora een niet te realiseren opdracht schijnt, pogen verschillende onderzoekers het deel der biocoenose dat hun aandacht heeft zo goed mogelijk tot op de soorten uiteen te rafelen.

Mulder c.s. bemoeien zich in het bijzonder met de *Arthrobacters.* Wieringa heeft een aantal *pectine splitsende bacteriën* geïsoleerd en gedetermineerd, en werkt momenteel aan de invloed van de *microflora* op de humificatieprocessen.

Harmsen en Van Schreven trachten een oplossing te vinden door de microflora te splitsen in groepen welke een bepaald substraat kunnen aantasten, b.v. *eiwitsplitsers, cellulosesplitsers* etc. Went maakt gebruik van de methode van Lockhead waarbij de groepsindeling gebaseerd is op de behoefte der bacteriën aan verschillende groeistoffen en aminozuren. De mate van reproduceerbaarheid van deze tijdverslindende methode is momenteel in onderzoek. De samenstelling van de *schimmelflora* van enige bosgronden is door Witkamp in zijn proefschrift verwerkt. Van der Drift en Van Rhee hebben op vele plaatsen gegevens verzameld over de soortsamenstelling en de aantallen van *wormen,* slakken, insekten

met hun larven, miljoenpoten, spinnen, mijten en springstaarten, zowel in bossen als in cultuurgronden.

3. *Invoeging van de biocoenose in de kringlopen*

Op dit gebied wisten Van der Drift en Witkamp een schoolvoorbeeld te geven door hun gelukkige onderzoek naar de *afbraaksnelheid van bladstrooisel* door tussenkomst van een insektenlarve. Dit betreffende dier, Enoicyla pusilla, is een terristrisch levende kokerjuffer, die een enkele maal massaal voorkomt in bosstrooisel. In het veld, aangevuld met laboratoriumproeven, konden zeer gedetailleerd en kwantitatief de voedselopname en assimilatie bepaald worden. Duidelijk is hierbij naar voren gekomen, dat zoals voor andere bodemdieren reeds vermoed werd, de rol van de dieren bij de strooiselafbraak vooral van belang is door het fijnkauwen van het blad. De door de dieren in hun lichaam opgenomen hoeveelheid voedingsstoffen is slechts gering, doch door het fijnmaken van het grove blad wordt het aangrijpingsoppervlak voor micro-organismen zeer sterk vergroot, hetgeen goed bemerkbaar is in de CO_2 produktie en O_2 opname.
De door andere onderzoekers aan *wormen* toegeschreven eigenschappen als humusvorming in het opgenomen substraat tijdens de darmpassage en sterke verhoging van het aantal bacteriën in de excrementen t.o.v. het opgenomen voedsel, worden door nieuwe onderzoekingen van Went, Van der Drift en Van Rhee niet bevestigd.
Door het aanbieden van minder gecompliceerde milieus dan grond, tracht Doeksen de werkelijke voedselbehoefte van regenwormen te bestuderen.
Het directe effect van de microflora op vers in de grond gebrachte organische stof is moeilijk na te gaan. Went tracht voor *cellulose* dit te onderzoeken door cellofaanfilmpjes in de grond te brengen en de tijd te meten welke nodig is om dit cellofaan te doen verdwijnen. Deze verteringssnelheid blijkt sterk afhankelijk te zijn van de aard van de grond en de vochttoestand. De aantasting gebeurt door schimmels en door bacteriën gezamenlijk, terwijl ook enkele dieren hierbij een rol spelen. Ook aan het I.B. maakt men voor bepaald onderzoek gebruik van cellofaanfilmpjes.

4. *De activiteit van de soorten*

Naast de activiteit van de verschillende flora- en fauna-elementen in het geheel van het omzettingsproces is het nodig voor een goed begrip van de rol welke deze organismen spelen eveneens enig inzicht te hebben in de eisen welke zij stellen aan hun milieu. De eisen welke door de bodemkundig zeer belangrijke groep der *regenwormen* gesteld worden, zijn in onderzoek bij Doeksen en Van Rhee. Het is Doeksen gebleken dat de „bleke" wormsoorten gemakkelijk in een rusttoestand kunnen geraken na in contact gekomen te zijn met nog niet nader geïdentificeerde eigen afscheidingsprodukten, terwijl de meer haemoglobine bevattende groep, de „rode" soorten, na dit contact sterven en daardoor kwetsbaarder zijn voor deze stoffen. In kweekruimten blijkt zelfvergiftiging van het milieu heel gemakkelijk op te treden.
Doeksen en ook Jongerius onderzoeken welke dieren evenals wormen met hun voedsel ook kleideeltjes opnemen, waardoor de door hen geproduceerde excrementen mee kunnen helpen bij de opbouw van zeer stabiele bodemstructuren.
Enchytraeën zijn aan regenwormen verwante kleine meestal witte wormpjes, vaak in grote aantallen voorkomend in organisch materiaal. Van der Drift kon aantonen dat enkele soorten in staat zijn om zeer moeilijk aantastbare stoffen zoals dennenaaldenstrooisel en doorgevroren zwartveen op te nemen. Een onderzoek van deze groep is pas kortgeleden mogelijk geworden door systematisch onderzoek van enkele Deense zoölogen. Een medewerker van Van der Drift, De Gunst, heeft zich in Denemarken in deze materie kunnen inwerken. Voor wormen, mijten, miljoenpoten, insekten en springstaarten zijn voedselvoorkeurproeven nog lopend of voor een deel reeds afgesloten.
Niet alleen voor fauna-elementen, doch ook voor uit de grond geïsoleerde belangrijke *microben* is het nodig, hun optimaal milieu en voedseleisen te leren kennen, zomede de door hen geproduceerde stoffen. Voor de momenteel in de belangstelling staande organismen gebeurt dit door Mulder voor de Arthrobacters, door Wieringa voor de pectinesplitsers en door Went voor de cellulose-aantasters.

5. *Relatie milieu – biocoenose*

Het leven van planten, microben en dieren is op den duur alleen mogelijk indien het milieu aan de door hen gestelde levensvoorwaarden beantwoordt. Voor alle groei- en levensprocessen in de grond is een wisselwerking nodig tussen milieu en organisme. Het milieu kan samengesteld gedacht worden uit een groot aantal samenwerkende factoren. Een aantal van deze factoren, n.l. luchtvochtigheid, lucht- en bodemtemperatuur, lichtintensiteit, zuurstof en watervoorziening worden door Brouwer bestudeerd in hun invloed

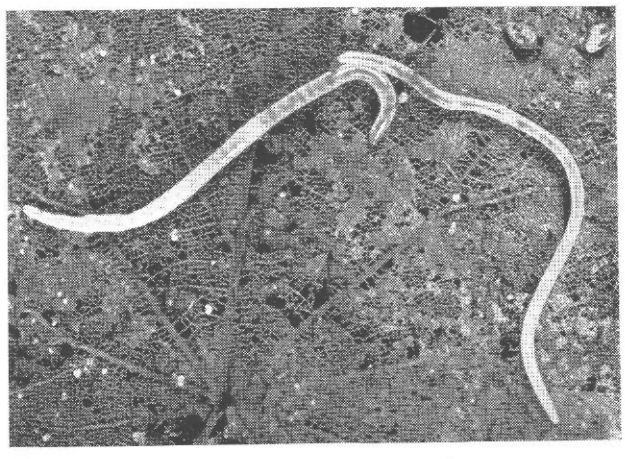


Fig. 6. Naast regenwormen kunnen ook andere wormsoorten belangrijk zijn. Potwormen of enchytraeën, witte dieren als regel < 2 cm kunnen aanzienlijke hoeveelheden plantenafval opnemen en verkleinen.

op de *wortelontwikkeling* van verschillende gewassen.
Schuurman onderzoekt de groei der wortels van de cultuurgewassen onder veldcondities en in geconditioneerde potproeven. In zijn onderzoek wordt de groei van de wortels gebruikt als indicator voor verschillende bodemomstandigheden.
Een tweede aspect van het onderzoek van Schuurman omvat de betekenis van de in de verschillende lagen van het profiel achtergebleven wortels voor de humusvorming in die lagen.
De fysiologische aspecten van de organische stof in de grond met betrekking tot de groei en functionering van het wortelstelsel worden door Wiersum onderzocht. Grondextracten blijken een specifieke werking te kunnen uitoefenen op de wortelontwikkeling. Getracht wordt om na te gaan in hoeverre in gerijpte tuinbouwgronden dit effect groter is dan in jonge gronden en door welke stoffen dit eventuele effect veroorzaakt wordt. Nauw bij dit onderzoek aansluitend is de bestudering van de zuurstofvoorziening in diepere lagen. Door elektrometrische bepalingen van de diffusiesnelheid van O_2 in de verschillende lagen is het mogelijk om na te gaan of belemmeringen voor de wortelgroei op de zuurstofvoorziening is terug te voeren, dan wel dat in een geheel andere richting gezocht dient te worden.
Naast onderzoek in cultuurgronden is het voor fundamenteel werk van belang om ook onderzoek te verrichten in gronden welke van jaar tot jaar weinig verandering ondergaan en waarin in evenwicht verkerende systemen verwacht kunnen worden, omstandigheden welke in *oude bosgrond* gerealiseerd worden.
Minderman heeft in deze bosgronden de oorzaken bestudeerd waarop de plaatselijke snelle (= Mull) en plaatselijk langzame verdwijning (= Mor) van het strooisel terug te voeren is. Voor zover momenteel beoordeeld kan worden, verlopen de omzettingsprocessen van het gelijke bladstrooisel in Mull en Mor geheel verschillend. Het zijn in de eerste plaats in fysisch opzicht verschillende milieus, met een verschillende stofhuishouding, welke mogelijk in hoge mate door de waterhuishouding ter plaatse gereguleerd wordt.
Voor land- en tuinbouw is belangrijk, dat droge gronden tenderen naar een Mor-vorming (dit omvat een fysisch ongunstige humusvorm) en dat bij meer vochthoudende gronden een Mullvorming overweegt (dit is een fysisch gunstiger humusvorm) De microflora in deze Mull en Mor typen wordt onderzocht door Went. De activiteit van de bacteriën is steeds hoger in Mull dan in Mor, terwijl in Mor de hoeveelheid en de activiteit van de schimmels overweegt. Ook de fauna vertoont in Mull en Mor belangrijke verschillen, in samenstelling maar ook in activiteitsperiode.
In bepaalde milieus blijkt wormontwikkeling niet, of slechts voor een enkele zeer speciale soort mogelijk te zijn. In sommige gevallen zijn de fysische of hydrologische omstandigheden hieraan schuldig. Het komt echter ook voor, dat afvalstoffen van hogere planten (b.v. Rhododendron) wormenleven onmogelijk maken (Doeksen).

6. *Structuurvormen ontstaan door de activiteit van de biocoenose* (biogene structuren)

Door hun levensverrichtingen kunnen de bodembewonende organismen, gunstige bodemstructuren doen ontstaan. Deze structuren blijken zich het best te uiten onder een lang bestaand gesloten vegetatiedek. Het is juist door dit laatste dat de *fruitteelt* zich bijzonder goed leent om te trachten hier biologische bodemverbeteringen in te voeren. Bij *bouwland* wordt direct of indirect door de cultuurmaatregelen de opbouw van actieve structuren tegengewerkt en is de structuur van de grond praktisch altijd voor verbetering vatbaar. Hoeksema tracht door deductie uit veldwaarnemingen af te leiden op welke wijze een verbetering door te voeren is en aan te geven op welke wijze de gewenste processen gestimuleerd kunnen worden. Op een nauw verwant gebied is ook Jongerius werkzaam. Naast een nauwkeurige morfologische beschrijving van de voorkomende bodemstructuren, tracht hij ook de *oorzaken van de structuurvormingen* en veranderingen in de grond te achterhalen. Een belangrijk aspect van zijn werk is de vormbeschrijving van de organische stof-partikeltjes in de grond en het opsporen van de oorzaken die leiden tot de grote diversiteit onder verschillende omstandigheden. Ten behoeve van zijn structuuronderzoek heeft Jongerius een opmerkelijke techniek ontwikkeld, welke het mogelijk maakt om van grond in ongestoorde ligging slijpplaten te maken ter grootte van ongeveer een vierkante decimeter en slechts enkele tientallen micra dik. Hierdoor is een diepgaand onderzoek mogelijk geworden, dat mede omvat de mogelijkheid om door directe visuele metingen het poriënvolume te bepalen dat behoort bij een bepaalde diameter van de bodemcapillairen. Een deel van dit structuuronderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de bodemzoölogen v. d. Drift en Doeksen.

7. *De relatie parasiet – bodem – plant*

Deze reeks parasiet – bodem – plant is bewust zo opgesteld, omdat hierdoor wordt aangegeven dat de bodem enerzijds van invloed is op het gedrag en de pathogeniteit van het parasitaire organisme en anderzijds op de groei en het reactievermogen van de hogere plant. Hoewel bij het fytopathologisch onderzoek de invloed van de bodem reeds veelvuldig is betrokken, is de kennis op dit gebied nog zeer beperkt, hetgeen bij het verdere onderzoek als een gemis wordt ondervonden. De factor bodem is in dit verband zo complex dat het zeer moeilijk is de regulerende activiteit voldoende juist te benaderen. Bij het optreden van de vele *moeheidsverschijnselen* ontkomt men er echter niet aan het bodemcomplex in studie te nemen. De lopende onderzoekingen van Hoestra wijzen er op dat als regel niet een enkele factor is aan te wijzen voor deze verschijnselen. Het

feit dat bepaalde moeheidsverschijnselen in de fruitteelt in enkele streken, zoals de kleigronden van West-Brabant, niet bekend zijn, geeft mogelijk een aanknopingspunt voor verder onderzoek. De regionaliteit van bodemziekten is met vele voorbeelden verder te illustreren, echter het centraal stellen van de factor bodem in het onderzoek blijft als regel achterwege.

Bij het optreden van *virusziekten* kan niet aangenomen worden dat een virus zich actief door de grond kan bewegen. Hier moet één of ander mechanisme aanwezig zijn dat de overdracht van de ziekte op de gezonde plant tot stand brengt. Sol heeft kunnen aantonen, dat het ratelvirus door de nematodesoort Trichodorus pachydermus wordt overgebracht. In hoeverre schimmels en bacteriën als vectoren kunnen optreden wordt nog onderzocht. Overdracht vindt ook plaats door wortelcontact, zonder dat van een wortelvergroeiing sprake is.

8. *Biologische bestrijding van ziekten en plagen*

De mogelijkheid om langs biologische weg in de grond een ziekte of plaag te bestrijden heeft een reeks belangwekkende waarnemingen opgeleverd, doch nog niet geleid tot een praktisch uitvoerbare effectieve bestrijdingswijze. Wel zijn er aanwijzingen verkregen dat langs deze weg mogelijkheden aanwezig zijn, welke gecombineerd met andere cultuurmaatregelen een gunstig resultaat kunnen opleveren. De Boer vond bij haar Rhizoctonia onderzoek, dat door toevoeging van maismeel aan de besmette grond of door een sporenpreparaat van de Antagonist Trichoderma, de *Rhizoctoniaziekte* bij aardappelen in sterke mate kan afnemen en de opbrengst soms verhoogd wordt. Onderzocht zal worden waar de remmende werking van maismeel op berust.

Schurft bij aardappelen, veroorzaakt door Streptomyces scabies is van oudsher een probleem, dat langs chemische weg moeilijk op te lossen is. In het buitenland trachtte men dit probleem ook langs biologische weg op te lossen, waarbij vooral gebruik gemaakt is van het onderbrengen van organisch materiaal. Onderzoek van Labruyère heeft aangetoond, dat in de grond voor Streptomyces scabies specifieke antagonisten kunnen voorkomen. Onderzocht wordt in hoeverre dergelijke antagonisten, eventueel tesamen met organisch materiaal het schurftniveau in de grond kunnen verlagen. Daarnaast wordt getracht inzicht te krijgen in het voorkomen van Streptomyceten in bepaalde gronden in verband met de mate van optreden van schurft.

Slootweg heeft reeds aangetoond dat door het aanplanten van Afrikaantjes een bepaalde parasitaire aaltjespopulatie op ernstig besmette grond sterk verlaagd wordt. Uit de wortel van Afrikaantjes zijn daarna door Bijlo en Uhlenbroek een tweetal stoffen geïsoleerd die in vitro een sterk *aaltjesdodend* effect vertonen. Een verband tussen deze stoffen en het effect van Afrikaantjes op de aaltjespopulatie is echter nog niet aangetoond.

Dit laatste onderzoek begeeft zich in een richting welke is ingeslagen bij het zoeken naar systemische bestrijdingsmiddelen, dat zijn middelen die alleen via de plant werkzaam zijn tegen de parasieten. De waarneming van De Boer opent echter perspectieven voor een biologische werkwijze waarbij niet zozeer gedacht moet worden aan een enkele bepaalde effectstof, doch wel aan een complex van toevoegingen en/of maatregelen welke het geheel van de bodembiocoenose in een bepaalde gewenste richting sturen.

9. *De invloed van chemische bestrijdingsmiddelen op de biocoenose*

De huidige noodzakelijkheid om langs chemische weg ziekten en plagen te bestrijden, brengt onvermijdelijk met zich dat een deel van de toegediende chemicaliën op en in de grond terecht komt. Het is denkbaar dat zij daar een aanzienlijke invloed kunnen uitoefenen op flora en fauna. Hierdoor zouden zij kunnen medewerken om de biologische activiteit van de grond te verminderen met alle gevolgen daarvan voor het handhaven van gunstige biogeen actieve bodemstructuren.

Van der Drift en Blankwaardt gaan na in hoeverre door de spuitmiddelen in boomgaarden, de wormenfauna beïnvloed wordt. Een aantal *insecticiden* doodt inderdaad een deel van de populatie, de intensiteit van de doding is afhankelijk van het weer. In een natte grond is de werking veel sterker dan in een droge grond.

De invloed van *grondontsmetting* in kassen op de fauna en flora wordt eveneens bestudeerd. (v. d. Drift, Went).

II. TOEPASSING VAN SUB. I

10. *De invloed van de fauna op de opbrengst*

In het algemeen zullen bij een grotere biologische activiteit ook grote aantallen wormen in de grond aanwezig zijn. De *wormenpopulatie* wordt een grote rol toegedacht in de vorming van bodemstructuren welke een gunstig milieu scheppen voor de groei der gewassen. In hoeverre deze activiteit uit te drukken is in een meeropbrengst, tracht Van Rhee na te gaan in potproeven.

Is grasland en in boomgaarden met een grasbegroeiing heeft Van Rhee waargenomen dat het blad slecht verteert en zich een turfachtige laag vormt op de minerale grond. Er zijn sterke aanwijzingen dat dit alleen het geval is indien wormen ontbreken. Veldproeven zijn lopend om door introductie van wormen dit landbouwkundig ongunstige laagje te doorbreken en in de grond te doen opnemen.

11. *Structuurverbeteringsproeven*

Op een aantal lang durende proefvelden wordt door Doeksen getracht een *stimulering van het bodemleven* in gras- en bouwland te bewerkstelligen door een geschikte combinatie van bestaande praktijkmaatregelen, waarbij enkele extremen als controle zijn ingevoegd.



Fig. 7. Ook de aan aquariumliefhebbers welbekende Tubifex, rode, slanke wormpjes, doen mee aan bodemstructuurvorming. Dit is een opname van levende Tubifex in een cuvette, de gangen zijn duidelijk zichtbaar, door een bekleding blijven de wanden ook later intact.

Gezien de huidige stand van ons inzicht in de bodembiologische processen is het duidelijk dat op het gebied van praktijkproeven slechts aarzelende pogingen tot economisch verantwoorde verbetering van de structuur langs biologische weg ondernomen kunnen worden. Ook tracht hij door toevoegen van doorgevroren zwartveen, *zware kleigronden* geschikt te maken voor *fruitteelt*. In hoeverre hier sprake is van verbetering op biologische wijze, dan wel dat slechts sprake is van een verbetering in het luchtporiënvolume door het toevoegen van sterk poreus materiaal, zal op den duur pas duidelijk blijken. Ditzelfde probleem treedt ook op bij het rijpmaken van gronden voor tuinbouwdoeleinden. Door toevoeging van organische stof (mulch, compost, stalmest of veenprodukten), treedt als regel een mechanische structuurverbetering op. In hoeverre ook de biologische activiteit verbetert en op een hoger niveau blijft waardoor een biogene structuurvorming actief wordt, is nog in onderzoek. In de fruitteelt zoekt men (o.a. Van der Boon c.s.) het meer in de richting van een levende grondbedekking zoals gras dat geregeld gemaaid en gemulched wordt en blijft liggen en dan buitengewoon attractief is voor regenwormen. Op indirecte wijze wordt dan veelal op deze manier de actieve bodemstructuur verbeterd.

Enkele conclusies van belang voor de C.C.B.B.

1. In een driejarige periode is gebleken dat het mogelijk is om binnen een contactcommissie, dus in een gespreksgroep, onderzoekers van velerlei instituten te binden en door intensieve kennisneming van elkaars werk te inspireren tot vernieuwing van de eigen aanpak van onderzoek en geregeld te doen bezinnen op eigen doelstelling en werkwijze.
Een contactcommissie blijkt onderzoek te kunnen stimuleren door de aanpak van nieuwe projecten aan bepaalde instituten mogelijk te maken, door financiële steun van buitenaf te verzekeren. Verder blijkt zij een effectieve samenwerking bij bepaalde problemen sterk te kunnen bevorderen en een gezamenlijke planning van speciale projecten soepel te doen verlopen.

2. In de contactcommissie blijken twee duidelijk te onderkennen richtingen van onderzoek aanwezig te zijn. De eerste vraagt naar precies omschreven uit de praktijk komende en direct voor de praktijk van belang zijnde probleemstellingen.
Deze richting dient op den duur in de C.C.B.B. sterker op de voorgrond te treden. Het is van het grootste belang dat bodemkundige problemen welke door de praktijk om dringende redenen naar voren gebracht worden, door zoveel mogelijk onderzoekers vanuit verschillende gezichtspunten bestudeerd zullen worden. Deze onderzoekers zullen zich van te voren als groep terdege moeten realiseren welke aspecten in deze gronden om verbetering vragen en in welke richting gezocht dient te worden om de duidelijk gestelde problemen tot een voor de praktijk bevredigende oplossing te brengen.
Zo dient b.v. ook de invloed van de extreme vormen van bodembehandeling op bepaalde gronden in onderzoek genomen te worden. Meestal zal door reeds bekend onderzoek vanaf de aanvang in principe al bepaald zijn langs welke wegen dit onderzoek zich zal bewegen om het doel te bereiken. Bij de tweede richting avonturiert men vanuit het gezichtspunt dat de bodem een eenheid is met in zich vele interacties tussen de levensgemeenschap en het organische en anorganische milieu, en dat men deze interacties wil leren kennen.
De probleemstellingen zijn hierbij in de aanvang meestal vaag gesteld, de onderzoeker dient tijdens zijn onderzoek de zich aandienende problemen te onderkennen, scherper te stellen en hieruit zelf een keuze te maken voor verder onderzoek. Het direct praktisch belang is vaak ver te zoeken. Men stelt zich tot doel de achtergronden te leren kennen van de zich soms zeer simpel voordoende verschijnselen, die in wezen de resultante blijken te zijn van een reeks ingewikkelde processen. Een duidelijk inzicht in deze processen moet uiteindelijk van bijzonder belang geacht worden

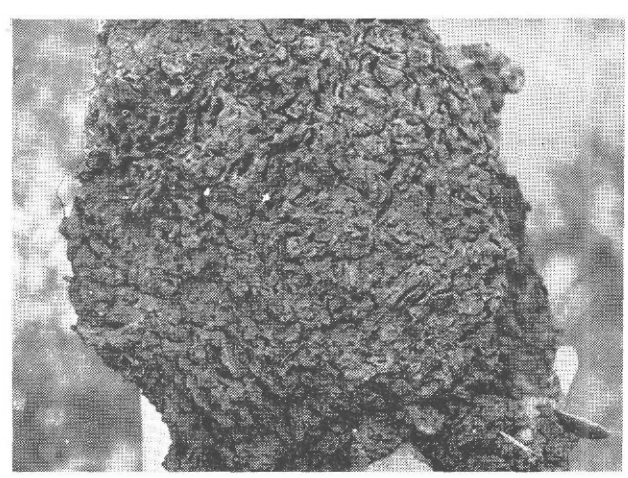


Fig. 8. Een sponsstructuur, locaal voorkomend op verschillende diepte in kleigronden, oorspronkelijk door Tubifex onder water gevormd, thans een gewaardeerde ondergrondstructuur in cultuurgronden.

voor een beter begrip der algemene bodembiologie, bodemkunde of akkerbouw.

3. Voor de fruitteelt en enkele andere gebieden van de Nederlandse landbouw wordt het momenteel urgent geacht om een gecoördineerd onderzoek langs deze beide benaderingsrichtingen te beginnen op het gebied van de biologische bestrijding van moeheidsverschijnselen en plantenziekten. Naast het verkrijgen van directe praktijkresultaten door intuïtief opgezette veldproeven, dient het basisonderzoek naar het vrij onbekende gebied van de relatie parasiet – bodem – plant uit verschillende gezichtspunten te worden aangepakt. De vorming van een speciale sectie van de C.C.B.B. of een aparte werkgroep dient op korte termijn overwogen te worden.

4. Tot de processen welke zich bijzonder moeilijk laten benaderen, behoren die rond de relatie stikstof – organische stof. De stikstofhuishouding staat reeds lang in veler belangstelling. Op vele plaatsen in de wereld wordt intensief onderzoek op dit gebied bedreven. Ook het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen heeft in zijn lang bestaan op het gebied van stikstofonderzoek veel en mooi werk verricht. Ook de huidige staf zet deze traditie op fraaie wijze voort. Mulder c.s. in Wageningen zijn in recente jaren het Nederlandse basis-onderzoek aanzienlijk komen verstevigen. Overal ter wereld wordt in een aantal richtingen voortgang geboekt. Ondanks dit alles meent de Unesco bij monde van een speciale commissie (Arid zone, september 1961) dat op het gebied van bodembiologisch inzicht bij de stikstofhuishouding een betere internationale samenwerking zeer gewenst zou zijn. De mening bestaat dat momenteel ook in Nederland het betrekken van meer onderzoekers uit vele instituten bij dit werk mogelijk is.
In het bijzonder wordt gemeend dat de relatie tussen stikstof – organische stof – abiotisch milieu – microflora – plant, beter bekend dient te worden. Deze relatie bestaat vermoedelijk uit reeksen betrekkingen en processen waaraan nog generaties bodembiologen kunnen arbeiden.
Mogelijk is het op dit gebied een dringende eis om binnen de C.C.B.B. tot een speciale sectie te komen. Bij dit enorm veel omvattende onderzoek zal het direct toepasbare voorlopig wel sterk achterstaan bij de poging tot verdieping van het inzicht in de plaatsvindende processen en optredende relaties.

Ledenlijst van de Contactcommissie voor Biologische Bodemverbetering 31 december 1961
Ir. L. J. J. v. d. Kloes, voorzitter.
G. Minderman, secretaris, Kemperbergerweg 11, Arnhem.

Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek, Bornsesteeg 47, Wageningen.
Dr. S. de Boer.

Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, Bornsesteeg 65, Wageningen.
Dr. R. Brouwer,
Dr. Ir. J. Doeksen.

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, van Hallstraat 3, Groningen.
Ir. J. van der Boon,
Drs. H. van Dijk,
Dr. Ir. G. W. Harmsen,
Drs. G. Jager,
Dr. J. J. Schuurman,
Dr. L. K. Wiersum.

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Binnenhaven 4a, Wageningen.
Ir. J. H. van Emden,
Ir. R. E. Labruyère,
Dr. H. H. Sol.

Instituut voor toegepast biologisch onderzoek in de natuur, Kemperbergerweg 11, Arnhem.
Dr. J. van der Drift,
G. Minderman,
Dr. J. A. van Rhee,
Dr. J. C. Went.

Laboratorium voor Microbiologie der Landbouwhogeschool, Hesselink van Suchtelenweg 4, Wageningen.
Prof. Dr. E. G. Mulder,
Dr. Ir. K. T. Wieringa.

Laboratorium voor Microbiologie van de Directie der Wieringermeer, Molenstraat 28, Kampen.
Dr. Ir. D. A. van Schreven.

Laboratorium voor Mineralogie, Geologie en Regionale Bodemkunde der Landbouwhogeschool, Duivendaal 10, Wageningen.
Prof. Dr. Ir. C. H. Edelman,
Ir. K. J. Hoeksema.

Plantenziektenkundige Dienst, Geertjesweg 15, Wageningen.
Ir. H. Hoekstra,
Ir. K. Kuiper.

Proefstation voor de boomkwekerij, Valkenburgerlaan 3, Boskoop.
Ir. H. Egberts.

Rijkslandbouwconsulentschap voor bodem- en bemestingsvraagstukken, Bovenweg 7, Bennekom.
Dr. Ir. S. F. Kuipers.

Rijkstuinbouwconsulentschap voor bodemaangelegenheden, Prinses Marijkeweg 13, Wageningen.
Ir. L. J. J. van der Kloes.

Stichting voor Bodemkartering, Bovenweg 7, Bennekom.
Dr. Ir. A. Jongerius,
Dr. Ir. L. J. Pons,
Dr. Ir. J. Schelling.

Stichting Bosbouwproefstation „De Dorschkamp", Domeinweg 1, Wageningen.
Ir. C. P. van Goor.