

Kallio KILDEMA,

Oolu RÕOS, Erna ANNUKA

## TÖÖSTUSMAASTIKU PINNASE MIKROFLOORA

Tööstustegevusega kaasneb tihti mulla kui maastikukomponendi hävimine (näiteks maavarade pealmaakaevandamisel) või jäämine tööstusheitmete, tehispinnase ja ehitiste alla. Seetõttu oleks tööstusmaastiku puhul niisugustel juhtudel õigem kasutada mõiste «muld» asemel laiemat tähendusega mõistet «pinnas», mida on ka käesolevas artiklis tehtud.

Kui aga muld säilib, toimuvad tööstustegevuse tagajärjel nihked geokeemilistes protsessides, muutub mulla reaktsioon (Кулагин, 1974) ning alaneb tema biogeensus. Näiteks alumiiniumitehase mõjupiirkonnas paikneva pöögimetsa varises on täheldatud huumuse moodustamises osalevate lestad arvu vähenemist tehasele lähenemisel: 6 km kaugusel oli m<sup>2</sup> kohta 3936—5920, 3 km kaugusel 493—622, 0,3 km kaugusel ainult 230—257 isendit (Bader, 1974).

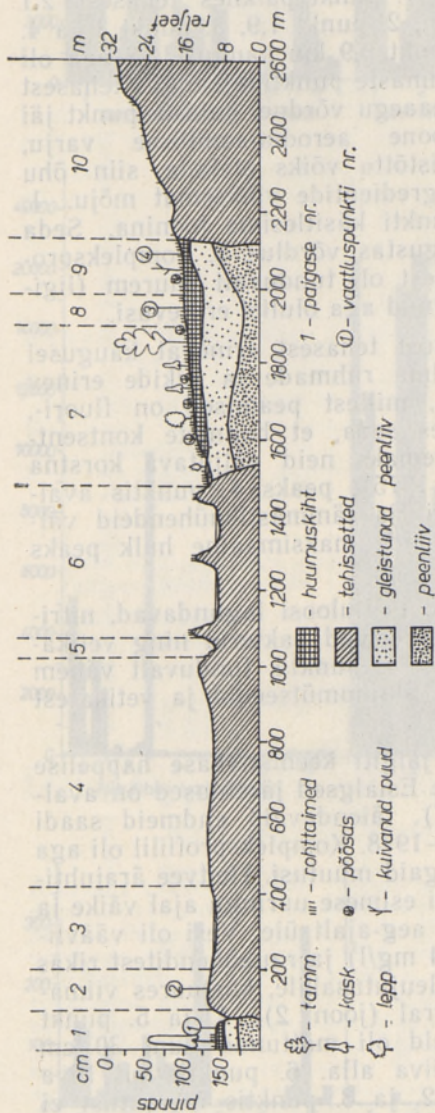
Eestis ei ole teadaolevalt tööstusmaastiku mullaelustikku uuritud, välja arvatud K. Kildema ja O. Rõosi rekognoosuring Maardu ümbruses aastail 1973—1974 (Kildema, Rõos, 1977).

Allpool on esitatud mõningaid andmeid mikroorganismide arvukuse arvatava sõltuvuse kohta tööstusemissioonist ja lisamaterjali eelmainitud rekognoosuringule. Maastikulise uurimise tegi Tallinna Botaanikaead, mulla agrokeemilised analüüsid Aianduse Peavalitsuse Konstrueerimise ja Tehnoloogia Büroo kesklaboratoorium, heitvee keemilise analüüsi Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse TUI keemia-kesklaboratoorium, mikrobioloogilised analüüsid Eksperimentaalbioloogia Instituudi mikrobioloogiasektor.

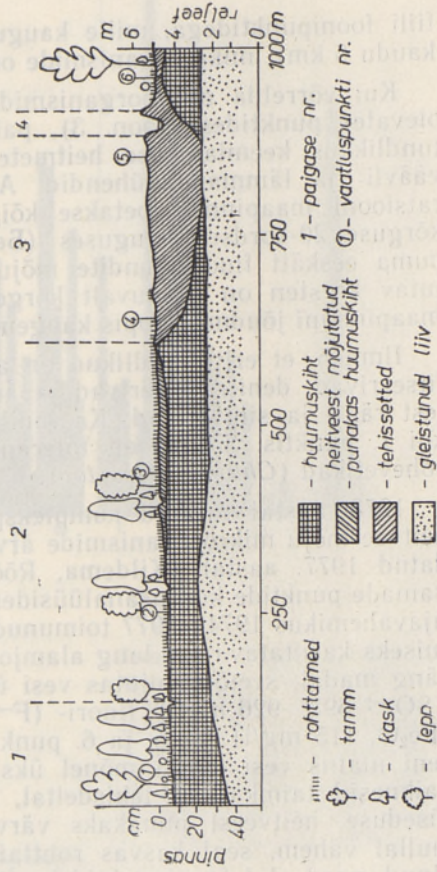
Uuritav tööstusmaastik on kujunenud fosforiidimaagi kaevandamise ja töötlemise ning fosforvæetiste tootmise tagajärjel. Tööstusheitmetest on kaevandamisala ümbritsevale maastikule mõju avaldanud 1) fosforiidimaagi rikastamise jääk flotatsiooniliiv, millest on moodustunud 5—7 m kõrgune lava, kust tuul liiva ümbruskonda kannab, 2) õhku paisatud fluori-, väevli- ja lämmastikuühendid, mis kutsuvad esile maastiku biotiliste komponentide kõrvalekaldeid, ja 3) happelise reaktsiooniga heitvesi, mis ojja juhitud ja ojasängist liiva kaasa haarates on enne merre suubumist moodustanud ulatusliku tehisdelta.

Mulla mikroorganismide uurimine toimus kahel kompleksprofiilil: õhu ingredientide mõju selgitamiseks rajati 1977. aastal kompleksprofiil nr. 1 (joon. 1), tehase heitvee mõju jälgimiseks aga kasutati 1973. aastal rajatud profiili (kompleksprofiil nr. 2, joon. 2). Mõlema profiili vaatluspunktid paiknesid kuivendatud mereliivatasandikul, kuhu oli kuhjunud ka tehnogeenseid setteid.

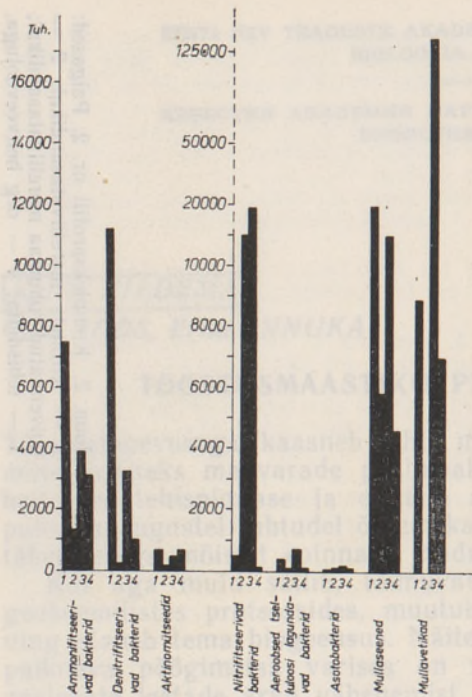
1. kompleksprofiili 1., 3. ja 4. vaatluspunktis valitsesid gleistunud kamarmullad, 2. punkt paiknes flotatsiooniliivalaval ja siin muld puudus (mikroorganismide arvukuse seisukohast ei ole see punkt teistega võrreldav). Vaatluspunktide mulla agrokeemilised näitajad on esitatud tabelis 1. 1., 3. ja 4. punkt asusid niidul, 2. punktis taimkate puudus. 1. ja 4. punktis oli tüse taimjäänuste kiht, 3. punktis seda ei olnud, sest



Joon. 1. Kompleksprofiil nr. 1. Paigased:  
 1 — kuivendatud mereliivatasandik puude ja pöõsastega; 2, 4 — flotatsiooniliivajava; 3, 6 — tehisveekogud; 5 — org heitveevooluga; 7 — kuivendatud mereliivatasandik puude ja pöõsastega; 8 — puuviljaaed kuivendatud mereliivatasandikul; 9 — rohumaad kuivendatud mereliivatasandikul; 10 — tahkete tööstusheitmetega täidetud karjäär väheste rohhtaimedega.



Joon. 2. Kompleksprofiil nr. 2. Paigased:  
 1 — lehtmets mereliivatasandikul; 2 — kuivendatud rohumaad mereliivatasandikul; 3 — tehisdelta; 4 — org heitveevooluga.



Joon. 3. Mikroorganismide arv 1 g absoluutselt kuiva pinnase kohta kompleksprofiilil nr. 1 vaatluspunktides 1, 2, 3 ja 4. Proovid on võetud kõigis punktides 27. IX 1977, 31. V ja 28. IX 1978 ning 30. X 1979.

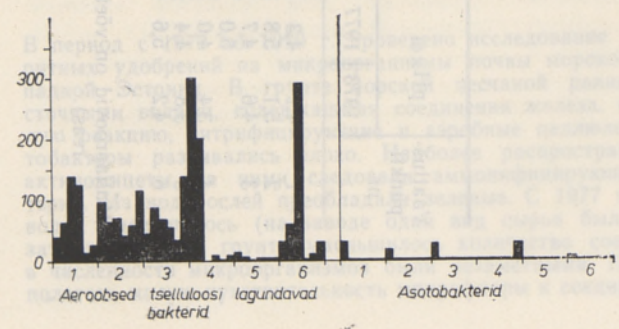
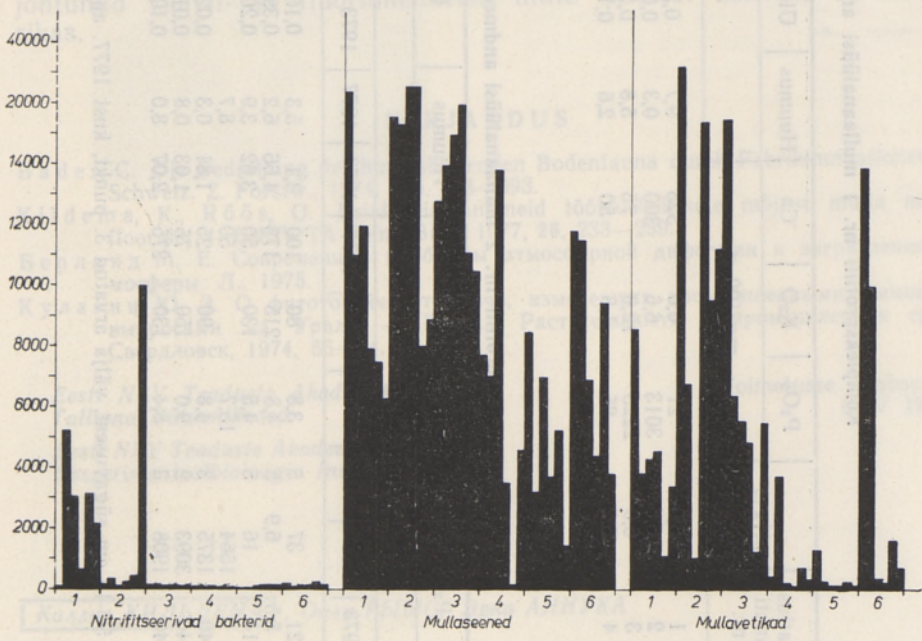
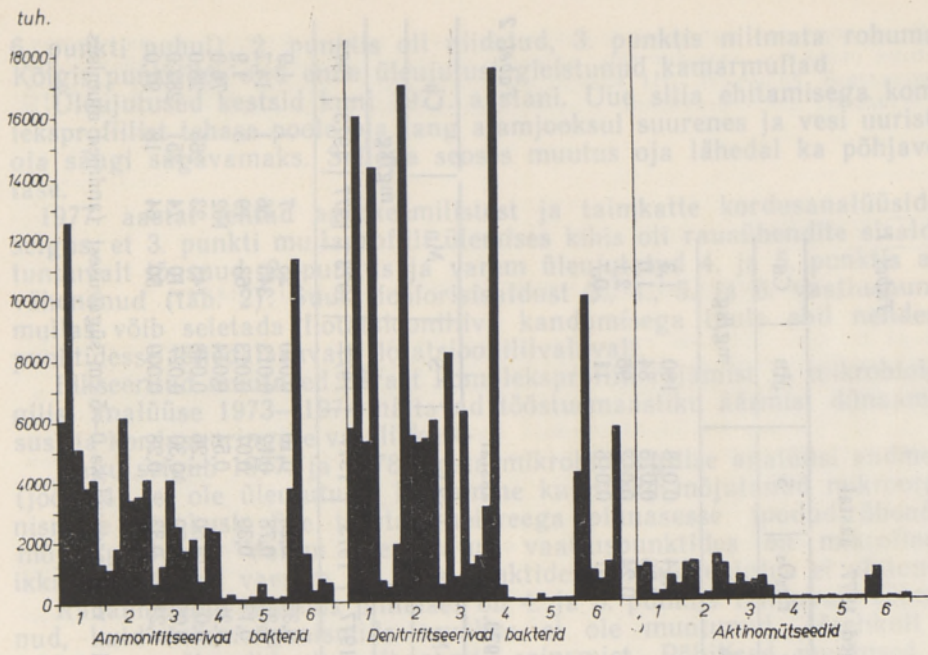
punkt paiknes niidetaval alal. Et tegu oli endise aiamaaga, oli siin mulla huumushorisont tunduvalt tüsedam kui 1. ja 4. punktis. Põhjajavesi oli profiili rajamise ajal (1977. aasta mais) 70–85 cm sügavusel (välja arvatud 2. punkt).

1. punkt paiknes tehastest 2.1 km, 2. punkt 1,9, 3. punkt 1 ja 4. punkt 0,9 km kaugusel. Seega oli viimaste punktide kaugus tehastest peaaegu võrdne, kuid 3. punkt jäi hoone aerodünaamilisse varju, mistõttu võiks oletada siin õhu ingredientide väiksemat mõju. 1. punkti käsitlesime foonina. Seda õigustas võrdlus 2. kompleksprofiili foonipunktidega, mille kaugus tehastest oli tunduvalt suurem (ligikaudu 6 km), mikroorganismide osas ei olnud aga olulisi erinevusi.

Kui võrrelda mikroorganismide arvukust tehastest erineval kaugusei olevates punktides (joon. 3), paistab silma rühmade ja liikide erinev tundlikkus keemiatehase heitmete suhtes, millest peamised on fluori-, väävli- ja lämmastikuühendid. Arvestades seda, et heitmete kontsentratsiooni maapinnal loetakse kõige suuremaks neid väljutava korstna kõrguse 20-kordses kauguses (Берлянд, 1975), peaks 4. punktis avalduma eeskätt fluoriühendite mõju (väävli- ja lämmastikuühendeid väljutav korsten on tunduvalt kõrgem ja nende maksimaalne hulk peaks maapinnani jõudma hoopis kaugemal).

Ilmneb, et eriti tundlikud on aeroobsed tselluloosi lagundavad, nitritifitseerivad, denitrifitseerivad ja ammonifitseerivad bakterid ning vetikatest räni- ja sinivetikad. Ka mullaseeni on 4. punktis tunduvalt vähem kui 1. punktis. Suhteliselt tolerantid on aktinomütseedid ja vetikatest rohevetikad (*Chlorella*, *Nostoc*).

1973. aastal rajatud kompleksprofiilil jälgiti keemiatehase happelise heitvee mõju mikroorganismide arvukusele. Esialgsed järeldused on avaldatud 1977. aastal (Kildema, Rõös, 1977), täiendavaid andmeid saadi samade punktide kordusanalüüsides 1977–1978. Kompleksprofiilil oli aga ajavahemikus 1974–1977 toimunud mõningaid muutusi. Heitvee ärajuhtimiseks kasutatava oja lang alamjooksul oli esimese uuringu ajal väike ja säng madal, seetõttu ujutas vesi ümbruse aeg-ajalt üle. Vesi oli väävli- ( $\text{SO}_4^{2-}$  692–926 mg/l), fluori- ( $\text{F}^-$  77–164 mg/l) ja rauaühenditest rikas ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  115 mg/l). 4., 5. ja 6. punkt jäid üleujutusala, kusjuures viimasteni ulatus vesi ainult mõnel üksikul korral (joon. 2). 4. ja 5. punkt paiknesid taimkatteta tehisdeltal, kus muld oli mattunud kuni 30 cm tüseduse, heitveest punakaks värvunud liiva alla. 6. punktis oli liiva mullal vähem, seal kasvas rohttaimi. 1., 2. ja 3. punktis üleujutust ei olnud, need olid foonipunktideks. 1. punkti ümbruses oli lehtpuid (nagu



Joon. 4. Mikroorganismide arv 1 g absoluutselt kuiva pinnase kohta kompleksprofiilil nr. 2 vaatluspunktides 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Proovid on võetud kõigis punktides 20. IX 1973, 29. VIII 1974, 27. VI ja 12. X 1977 ning 24. V ja 6. X 1978.

Tabel 1

## Kompleksprofiili nr. 1 mullaanalüüsi andmed 1977. aastal

Vaatlus-punkti nr.	pH <sub>KCl</sub>	mg/100 g				%				mg/kg		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Huumus	Üld-N	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	Mn	Cu		
1	5,9	21	6,0	325	9,7	0,343	0,64	0,018	180	1,3		
2	6,6	3013	6,6	300	0,3	0,014	0,06	0,015	84	1,0		
3	6,0	2223	12,0	75	5,8	0,266	0,24	0,012	96	2,1		
4	5,2	25	1,8	50	2,6	0,105	0,01	0,016	11	0,7		

Tabel 2

## Kompleksprofiili nr. 2 mullaanalüüsi andmed 1973. ja 1977. aastal

Vaatlus-punkti nr.	pH <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Ca		Huumus		Üld-N		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		S		Mn		Cu		
	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	1973	1977	
1	4,1	4,3	21	37	5	3,8	80	100	3,1	5,3	0,16	0,35	0,24	0,10	0,010	25	7	25	1	1,9	
2	5,1	5,8	5,5	6,9	5	4,8	215	175	4,66	6,2	0,39	0,35	0,78	0,12	0,013	345	56	1	1	14,7	
3	4,6	4,7	14	16	5	4,5	130	50	3,62	3,9	0,20	0,17	0,39	0,07	0,013	63	19	5	5	1,9	
		5,0		1564		15,7		50		8,7		0,28		0,54	0,014		152				76,0
4	3,4	4,0	40	1375	3	4,8	90	25	1,81	0,3	0,02	0,03	19,50	1,26	0,048	145	23	265	28,0	28,0	
5	3,8	4,4	40	3093	2	9,0	150	75	1,03	0,8	0,01	0,05	13,50	0,30	0,027	110	74	251	282,0	282,0	
6	4,2	5,6	40	1908	3	8,4	130	275	2,07	8,0	0,10	0,273	0,33	0,28	0,009	50	64	18	18	97,0	

Mullaproovid on võetud 5–15 cm sügavusest, välja arvatud 3. punkt, kust 1977. aastal võeti proovid ka 0–5 cm sügavusest (andmed alumises reas).

6. punkti puhul), 2. punktis oli niidetud, 3. punktis niitmata rohumaa. Kõigis punktides olid enne üleujutust gleistunud kamarmullad.

Üleujutused keetsid kuni 1977. aastani. Uue silla ehitamisega kompleksprofiilist tehase poole oja lang alamjooksul suurenes ja vesi uuristas oja sāngi sügavamaks. Sellega seoses muutus oja lähedal ka põhjaveetase.

1977. aastal tehtud agrokeemilistest ja taimkatte kordusanalüüsides selgus, et 3. punkti mullaprofiili ülemises kihis oli rauaühendite sisaldus tunduvalt tõusnud, 2. punktis ja varem üleujutatud 4. ja 5. punktis aga vähenenud (tab. 2). Suurt fosforisisaldust 3., 4., 5. ja 6. vaatluspunkti mullas võib seletada flotatsiooniliiva kandumisega tuule abil nendesse punktidesse lähedalasuvalt flotatsiooniliivalavalt.

Fikseeritud muutused pärast kompleksprofiili rajamist ja mikrobioloogilisi analüüse 1973—1974 näitavad tööstusmaastiku äärmist dünaamilisust ja kordusuuringute vajalikkust.

Nagu selgub 1977. ja 1978. aasta mikrobioloogilise analüüsi andmeist (joon. 4), ei ole üleujutuste lakkamine kuigivõrd mõjutanud mikroorganismide arvukust. See tõestab heitveega pinnasesse toodud ühendite mõju püsivust. Varem üleujutatud vaatluspunktides on mikrofloora ikkagi tunduvalt vaesem kui neis punktides, kuhu üleujutus ei ulatunud.

Rauaühendite sisaldus pinnases on 4. ja 5. punktis tunduvalt vähenenud, kuid mikroorganismide arvukus ei ole muutunud. Järelikult ei mõjuta rauaühendid oluliselt nende esinemist. Põhilised muutused on johtunud väävl- ja fluoriühendeist, mille poolest heitvesi oli samuti rikas.

#### KIRJANDUS

- Bader, C. Die Bedrohung der humusbildenden Bodenfauna durch Fabrikimmissionen. — Schweiz. Z. Forstw., 1974, 125, 388—393.
- Kildema, K., Rõõs, O. Esialgseid andmeid tööstusheitmete mõjust mulla mikrofloorale. — ENSV TA Toim. Biol., 1977, 26, 233—239.
- Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. Л., 1975.
- Кулагин Ю. З. О фитотоксичности почв, измененных промышленными дымовыми выбросами на Урале. — В кн.: Растительность и промышленная среда. Свердловск, 1974, 56—64.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Tallinna Botaanikaead

Toimetusse saabunud  
6. V 1981

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Каллио КИЛЬДЕМА, Оолу РЫЫС, Эрна АННУКА.

#### МИКРОФЛОРА ГРУНТА ТЕХНОГЕННОГО ЛАНДШАФТА

В период с 1973 по 1979 г. проведено исследование влияния отходов завода фосфоритных удобрений на микроорганизмы почвы морской песчаной равнины Северо-Западной Эстонии. В грунте морской песчаной равнины, периодически затопляемой сточными водами, содержащими соединения железа, серы и фтора и имеющими кислую реакцию, нитрифицирующие и аэробные целлюлозоразлагающие бактерии и азотобактеры развивались плохо. Наиболее распространены были почвенные грибы и актиномицеты, за ними следовали аммонифицирующие и денитрифицирующие бактерии. Из водорослей преобладали зеленые. С 1977 г. содержание железа в сточных водах уменьшилось (на заводе один вид сырья был заменен другим), прекратились затопления, и в грунте уменьшилось количество соединений железа. Но изменения в численности микроорганизмов были незаметными. На основании этого можно предполагать малую чувствительность микрофлоры к соединениям железа.

К газообразным выбросам (соединениям азота, серы и фтора) самыми чувствительными оказались азотобактеры, нитрифицирующие бактерии, а также диатомовые и синезеленые водоросли. Из водорослей преобладали зеленые (*Chlorella*, *Nostoc*), а из остальных микроорганизмов — актиномицеты и почвенные грибы.

Kallio KILDEMA, Oolu ROOS, Erna ANNUKA

## BODENMIKROFLORA DER INDUSTRIALLANDSCHAFT

Während der Jahre 1973—79 wurde der Einfluß der Abfälle der Phosphoritdüngerwerke in Nordwest-Estland auf die Bodenmikroflora der Meeressandebene untersucht.

Das untersuchte Gebiet wurde vom Düngerwerke periodisch mit eisen-, schwefel- u. fluorgehaltigen Abwässern (mit säurehaltiger Reaktion) überschwemmt. Die nitrifizierenden und die aeroben zelluloseabbauenden Bakterien und die Azotobakter entwickelten sich hier schwach. Am meisten verbreiteten sich die Bodenpilze u. die Aktinomüzetzen (Abb. 2). Quantitativ folgten ihnen die ammonifizierenden und denitrifizierenden Bakterien. Unter den Algen waren die Grünalgen auf der ersten Stelle.

Seit dem Jahre 1977 sind die Überschwemmungen aufgehört. Der Eisenverbindungengehalt hat sich auch im Boden verringert, doch hat man an der Anzahl der Mikroorganismen keine Veränderungen beobachten können. Auf Grund dessen können wir annehmen, daß die Mikroorganismen gegen die Eisenverbindungen wenig empfindlich sind.

Gegen die Abgase der Düngerwerke erwiesen sich meist empfindlich die Azotobakter, die nitrifizierenden Bakterien und die Kiesel- u. Bläualgen (Abb. 4).

Unter den Algen waren die Grünalgen (*Chlorella*, *Nostoc*), unter den anderen Mikroorganismen die Aktinomüzetzen und Bodenpilze am meisten verbreitet.