

OM JORDBUNDENS MIKROFLORA I DENS ALMENE FORHOLD TIL PLANTEVÆKSTEN.

Referat af Foredrag ved Nordiske Jordbrugsforskeres Forenings finske
Afdelings Aarsmøde i Helsingfors 1951.

H. L. JENSEN

*Statens Planteavlslaboratorium (Bakteriologisk Afdeling),
Lyngby, Danmark.*

*»Uden Agerbrug ingen Civilisation.
Uden Bakterier intet Agerbrug
Uden Bakterier ingen Civilisation».*
(HJALMAR JENSEN).

Gennem de grundlæggende Studier, der skyldes Jordbunds bakteriologiens Pionerer (HELLRIEGEL & WILLFARTH, WINOGRADSKY, BEIJERINCK, WOLLNY, HJALMAR JENSEN o.a.) i det 19. Aarhundredes Slutning, blev man klar over, at de højere Planter Vækst og derigennem vor egen Existens er betinget af Bakteriernes Virksomhed i Kvælstoffets Kredsløb og de døde organiske Stoffers Nedbrydning i Jordbunden. Senere har man indset, at Bakterierne sammen med Svampe, Alger, Protozoer, Nematoder, etc., kun udgør en enkelt Gruppe af hele Jordbundens levende »Mikrokosme» (P. E. MÜLLER), hvis Stofskifte danner Grundlaget for de højere Organismers Livsytringer. Denne Mikrokosme udøver sin Indflydelse paa de højere Planter dels gennem stofnedbrydende og dels gennem stofopbyggende Processer, der er uløseligt knyttede til hinanden, og dels endelig ved at træde i direkte Forbindelse med de højere Planter som pathogene eller symbiotiske Organismer; det klassiske Exempel paa det sidste er som bekendt Bælgplanterne og Rodknoldbakterierne.

For at faa et Billede af Jordmikrokosmens Betydning vil det være af Vigtighed at danne os et Begreb om, hvor store Mængder levende Stof vi her har med at gøre. Heraf synes Bakterierne at udgøre en meget væsentlig Del. Man har længe vidst, at de »Kimal», som man ved Laboratorieforsøg kan fastslaa ved Dyrkning paa kunstige Substrater, kun repræsenterer en ubetydelig Fraktion af det totale Antal, da intet kunstigt Substrat tillader, eller overhovedet vil kunne tillade, Vækst af alle de Bakterier, der forekommer i Jorden. Man har dog efterhaanden udarbejdet rela-

tivt paalidelige Metoder til direkte mikroskopisk Bestemmelse af Bakteriernes Antal i Jorden (21, 9, 10), og selv om vi maa regne med betydelige Fejlgrænser, giver disse Metoder dog et godt Begreb om Tallenes Størrelsesorden. Det har vist sig, at en Markjord i almindelig god Kulturtilstand gennemgaaende indeholder fra 1000 til 5000 Mill. Bakterieindivider pr. Gram. Disse Tal bliver mere anskuelige, naar man erindrer, at 1000 Mill. Bakterier tilnærmelsesvis kan anslaaes til at veje 1 mgm, altsaa 0.1—0.5 % af hele Jordmassens Vægt. Med lignende Tilnærmelse kan Bakteriecellernes Tørstofindhold anslaaes til 25 % og Kvælstofindholdet heri til 10 %; i en Agerjord med 4 % Humus, 0.2 % Kvælstof og 4000 Mill. Bakterier pr. gm vil saaledes 2.5 % af alt Jordens organiske Stof og 5 % af dens Kvælstof være tilstede i Form af levende Bakteriesubstans. Hertil kommer de forskellige andre Grupper af Jordbundsmikroorganismer, Protozoer og Nematoder, hvis samlede Vægt (15) kan anslaaes til nogle hundrede kg pr. ha (sml. med 2.5—12.5 Tons Bakterier), samt Svampene, hvis Masse er mindre let at fastslaa, men hvorom man dog kan gøre sig en Forestilling ved at maale Længden af Mycelfragmenter paa samme Maade, som Bakterierne kan tælles mikroskopisk. Man kan i almindelig Kulturjord finde 10—30 m Mycel pr gm Jord (9), hvilket imponerende Tal dog ikke svarer til nogen overordentlig Stofmængde; betragter vi Svampehyfen som en Cylinder af 5 μ Diameter, svarer 20 m Mycel til ca. 0.4 mm³ eller 0.4 mgm Cellesubstans med ca. 0.1 mgm Tørstof, altsaa en betydelig mindre Stofmængde end repræsenteret af Bakterierne i en lignende Jord. I Jord med Tilsætning af letsønderdeleligt organisk Stof kan dog Myceltætheden stige meget stærkt (SWABY (19) maalte indtil 100 m/gm Mycel, svarende til ca. 0.5 mgm Tørstof), og dets Masse kan i visse Tilfælde, f.Ex. i stærkt sure Jorder, sikkert overstige Bakteriernes. Alt i alt er det saaledes, ialtfald i humusfattige Jorder, en ikke ubetydelig Del af Jordens organiske Stof, der repræsenteres af de levende Mikroorganismers Protoplasma.

Den mest umiddelbart indlysende Side af denne levende Stofmasses Funktioner er Nedbrydningen og den gradvise Mineralisering af døde organiske Stoffer, der tilføres Jorden i Form af Plante- og Dyrerester og organiske Gødningsstoffer. Naar et saadant Materiale tilføres Jorden, vil Mikroorganismene straks begynde at formere sig og at udnytte Materialet som Næringsstof. De Mikroorganismer, der deltager i denne Formering [den »zymogene« Mikroflora (WINOGRADSKY, 26)] er ofte helt forskellige fra den i Jorden oprindeligt fremherskende »autochtone« Mikroflora; Svampe og sporedannende Bakterier synes typiske Repræsentanter for den zymogene Flora. Disse Organismer lægger under deres Formering Beslag paa en Del af det omsatte organiske Stof til Opbygning af deres Cellesubstans, medens en anden Del af Stoffets Kulstof og Brint frigøres som Kuldioxyd og Vand gennem Organismernes Respirationsproces. Hvis det organiske Stof indeholder mere Kvælstof end nødvendigt for de virksomme Organismers Stofopbygning, kan Overskuddet heraf frigøres som Ammoniak, medens kvælstoffattigt organisk Stof omvendt kan give Anledning til, at Mikroorganismene dækker deres Kvælstofbehov ved Optagelse af Ammoniak eller Nitrat fra Jorden. Under særlige Omstændigheder — Overskud af lettilgængelige Kulstofforbindelser — kan kvælstofbindende Bakterier (*Azotobacter*, *Clostridium butyricum*) komme til Udvikling og atmosfærisk Kvælstof op-

tages. Balancen mellem de forskellige Komponenter i den zymogene Flora afhænger af økologiske Faktorer: med tiltagende sur Reaktion udføres en stigende Del af Stofomsætningen af Svampe, ved høj Temperatur, især i Forbindelse med lav Fugtighedsgrad, fremhersker Actinomyceter, ved lav Temperatur Bakterier og Svampe, og ved høj Fugtighedsgrad kan Bakterierne næsten blive eneraadende.

Mikroorganismernes første stærke Formering og Respiration giver saaledes Anledning til en *primær* Nedbrydning af det organiske Stof. Efterhaanden som dette omsættes, indtræder der et Fald i Organismernes Antal, idet en Del af dem dør og selv omsættes af andre; saaledes kan Svampemyceliet bl.a. nedbrydes af Actinomyceter, Bakteriecellerne kan nedbrydes af andre Bakterier eller tjene som Næring for Protozoer og Nematoder. Samtidig angribes de mere tungt omsætteligt Bestanddele af det oprindeligt tilsatte organiske Materiale, og vi faar saaledes en asymptotisk forløbende Proces, hvis Slutresultat er en Omdannelse af det komplekse organiske Materiale til simple mineralske Bestanddele, der igen er tjenlige som Plantenæring: Vand, Kuldioxyd, Ammoniak, Fosforsyre, Svovlsyre, etc. Ammoniakken kan yderligere gennem de nitrificerende Bakteriers Virksomhed iltes til Nitrat, saafremt den ikke allerede er optaget af Planterødderne, og Nitratet kan eventuelt ved Denitrifikation reduceres til frit Kvælstof. Om Rækkefølgen af de forskellige Grupper af organiske Stoffer i Nedbrydningsprocessen kan man vel generelt sige, at først omsættes organiske Syrer, simple Kulhydrater, Aminosyrer og visse Proteiner, noget langsommere enkelte andre Proteiner (f.Ex. Keratin), Hemicelluloser og Chitin, derefter egentlige Celluloser, langsomst Lignin.

At et hvilket som helst naturligt forekommende organisk Stof fra Myresyre til Nukleoproteiner kan sønderdeles af en eller flere Grupper af Jordbundsorganismer, er hvad man kunde vente. Desuden er det bemærkelsesværdigt, at ogsaa mange syntetiske Forbindelser, der er »fremmede» for Mikrofloraen, kan undergaa biologisk Sønderdeling, takket være Mikroorganismernes Evne til Dannelse af adaptive Enzymer som Reaktion paa nye Stoffers Tilstedeværelse. Dette gælder forskellige Benzol- og Fenolderivater, f.Ex. 2,4-Diklorphenoxyeddikesyre (3). Paa denne enestaaende Tilpasningsevne hos Jordbundens Mikroorganismer beror det sikkert for en stor Del, at saadanne syntetiske »Hormonmidler» kan anvendes til Ukrudtsbekæmpelse uden at ophobes i Jorden og udøve Skadevirkning paa Plantevæksten i Almindelighed.

Den primære Nedbrydningsproces er altsaa stedse ledsaget af en Opbygning af nyt Stof i Form af Mikroorganismers Cellesubstans, hvorfra Plantenæringsstofferne først kan frigøres ved *sekundær* Nedbrydning af de døde Celler. Den Procentdel af det primært omsatte organiske Stof, der omdannes til Cellemateriale og maa passere herigennem, før der mineraliseres, varierer efter Omstændighederne, men synes at kunne naa indtil Halvdelen. I en vis Forstand synes Mikrofloraens samlede Stofskifte at blive mere økonomisk med aftagende Temperatur, idet ganske vist Mikroorganismernes Formeringshastighed nedsættes, men i endnu højere Grad nedsættes deres Dødshastighed, og de stofopbyggende Processer tenderer derfor til at fremherske ved lav Temperatur (23). Et Exempel herpaa ses i følgende Forsøg (8) over Sønderdeling af organisk Stof (Kløver-Græs-Blanding) i humusfattig Jord ved forskellig Tempe-

ratur. Mikroskopiske Bakterietællinger udførtes, og Mængden af Kvælstof heri beregnedes ud fra den Forudsætning, at 1000 Mill. Bakterieceller vejer 1 mgm og indeholder 25 % Tørstof med 10 % Kvælstof.

| Inkubations- Temperatur | % af tilsat Kvælstof fundet som | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| | Bakteriesubstans efter | | | NO ₃ +NH ₄ efter | | |
| | 28 d. | 51 d. | 85 d. | 28 d. | 51 d. | 85 d. |
| 5° C | 42 | 29 | 26 | 14 | 22 | 29 |
| 15° C | 24 | 23 | 14 | 23 | 28 | 38 |
| 25° C | 18 | 17 | 15 | 36 | 38 | 54 |
| 37° C | 16 | 16 | 11 | 42 | 49 | 62 |

Det ses her, at medens Mineraliseringsgraden af det organiske Kvælstof stiger med Temperaturen, aflejres der mest Kvælstof i Bakterieceller ved lav Temperatur. Hertil kommer Kvælstoffet i Svampemyceliet, hvis Mængde ikke i disse Forsøg udtryktes i absolut Maal, men som ligesom Bakterierne udvikles rigeligst ved 5—15°C.

Dette bidrager til at forklare, hvorfor Jordens Humusindhold geografisk set aftager med stigende Temperatur. JENNY (7) fandt for udyrkede Jorders Vedkommende, at Humusindholdet er en exponentiel Funktion af den aarlige Gennemsnitstemperatur, og empirisk fandtes der en Fordobling af Jordens Kvælstofindhold for hver 10°C Aftagen i Temperaturen. I Overensstemmelse hermed finder man rigelig Humusaflejring i arktiske og subarktiske Jorder til Trods for en sparsom Vegetation, og paafaldende lidt Humus i tropiske Jorder med yppig Plantevækst. En Del af de syntetiserede Proteiner i Mikroorganismernes Cellesubstans synes at kunne forbinde sig med Lignin til resistente Forbindelser, der indgaar i hele det Komplex af organiske Stoffer i Jorden, som vi kollektivt betegner »Humus» (24). Jordens Humusindhold, med dets velkendte Betydning for Jordens fysiske Beskaffenhed, vandholdende Evne og potentielle Næringsindhold, bliver saaledes en Funktion af Jordens Mikroflora.

Jordens fysiske Struktur afhænger imidlertid ikke blot af det døde organiske Stof, men ogsaa af selve Mikroorganismernes Evne til at binde de mineralske Jordpartikler sammen i stabile Aggregater af forskellig Størrelse, hvorpaa Jordens ejendommelige »Kornstruktur» tildels beror. Dette Forhold har man især skænket Opmærksomhed, siden man har faaet Øjet op for de Ødelæggelser, som Jorderosion kan anrette, navnlig i tropiske og subtropiske Egne, hvor uheldige Dyrkningssystemer kun efterlader forholdsvis smaa Mængder Planterester i Jorden. Som Følge af den høje Gennemsnitstemperatur sønderdeles de organiske Stoffer hurtigt, kun en ringe Del bliver til Mikrobesubstans, Jordens Kornstruktur gaar tabt, og Betingelserne for Bortvaskning af Jord med Regnvandet og Bortfygning med Vinden er til Stede. Resultat: Jorderosion.

Mikroorganismernes Evne til Aggregatdannelse varierer betydeligt. Saaledes fandt SWABY (19), at Svampehyfer, der udvikles rigeligt efter Tilsætning af letsønderdeleligt organisk Stof, har en udpræget Evne til at binde Jordpartiklerne sammen i stabile Aggregater, men denne Virkning er ret kortvarig, da Svampehyferne selv,

ialtfald i normal Agerjord, er ret forgængelige Dannelser og snart sønderdeles af andre Organismer. Mange Bakterier har en udpræget opløsende Virkning paa de af Svampene dannede Aggregater, og den mere permanente Aggregatdannelse synes at skyldes andre Faktorer, saasom visse Komponenter af Humuskomplekset eller langsomt sønderdelelige Polysaccharider dannede af forskellige Bakterier (20).

Mikroorganismernes Indflydelse paa Plantevæksten er dog ikke udtømt hermed. Ikke blot Nedbrydningsprocessernes Slutprodukter (CO_2 , NO_3 , PO_4 , etc.), men ogsaa mange intermediære Produkter dannede ved Nedbrydning af mere komplicerede eller Opbygning fra simple Forbindelser, kommer i Berøring med Planterødderne og har Mulighed for at kunne optages. Her kommer et specielt Fænomen ind, nemlig den mikrobiologiske Tilstand i Planterøddernes umiddelbare Nærhed, *Rhizosfæren*, der i de senere Aar særlig er blevet studeret af kanadiske (LOCHHEAD og Medarbejdere) og russiske Forskere (KRASILNIKOV o.a.). Denne Zone rummer en Mikroflora af en helt anden Beskaffenhed end selve Jorden, karakteriseret ved en overordentlig Rigdom paa Individuer, der for en stor Del hører til andre Typer end de, der er fremherskende i den egentlige Jordbundsflora. Planterne viser sig at udøve en vis selektiv Virkning paa den Flora, der udvikler sig i deres Rhizosfære, hvor Mikroorganismene ernærer sig dels af Rodsekretionsprodukter, dels af afstødt Rodvæv. Bakterier, der kræver Aminosyrer som N-Kilde, synes rigeligt repræsenterede i Rhizosfæren, medens saadanne, der kræver Vækststoffer af vitaminagtig Karakter, er mere karakteristiske for den egentlige Jordbundsflora (13). Et særligt interessant Forhold er det, at visse Planter, f.Ex. Tobak- og Hørsorter (*Linum*) modtagelige for Fusariose, har, selv naar det drejer sig om sunde Planter, en langt rigere Rhizosfære-Flora end modstandsdygtige Sorter af samme Art (LOCHHEAD o.a., 12). Den Faktor, der begunstiger Rhizosfære-Organismerne i Almindelighed, synes saaledes ogsaa at begunstige de pathogene Arter.

Hvilken Vekselvirkning bestaar nu mellem denne Rhizosfære-Flora og de højere Planter? Herom er vor Viden endnu meget ringe, og Problemerne maa udredes af den fremtidige Forskning. Man har ofte forestillet sig Rhizosfæren som et særligt gunstigt Substrat for fritlevende kvælstofbindende Bakterier, især *Azotobacter*, men omend disse Bakterier ialtfald i nogle Tilfælde forekommer rigeligere her end i selve Jorden, synes de dog at udgøre en saa underordnet Bestanddel af den totale Flora, at man vanskeligt kan tillægge dem nogen større Betydning for Planternes Kvælstofforsyning. Det har da heller ikke manglet paa Forsøg paa at forøge deres Rigelighed ved kunstig Tilførsel (Behandling af Frø med *Azotobacter*-Kulturer). Da jo imidlertid Planterne har Tendens til at udvælge en bestemt Mikroflora i deres Rhizosfære, har kunstig Tilførsel af andre Organismer ikke større Udsigt til at medføre nogen permanent Ændring af Floraens Sammensætning. Det har da ogsaa vist sig, at denne Behandling, som man særlig fra russisk Side har været interesseret i, sjældent har givet positive Resultater andetsteds (1, 2, 5, 18). Ganske vist er der i de senere Aar af og til fra Tyskland kommer Meddelelser om Forsøg, der viste en ret ubetydelig, men dog tilsyneladende signifikant Udbyttetigning som Følge af *Azotobacter*-Behandlingen, men i visse Tilfælde (11) havde dræbte Kulturer samme Virkning som levende. Det ligger nær at formode, at den gunstige Virkning, for saa

vidt den er reel, skyldes reducerende Stoffer i Kulturerne (sml. 22), der muligvis kunde begunstige Kimplanternes Vækst og saaledes give Afgrøden en bedre Start. Som en almen Regel tør man saaledes antage, at saalænge det totale Milieu i Jorden eller Rhizosfæren ikke ændres, har Tilførsel af en eller anden Mikroorganisme liden Udsigt til at paavirke Planternes Vækst; fra denne Regel gælder vel i Hovedsagen kun een, men rigtignok ogsaa en meget vigtig Undtagelse: »Podning» af Bælgplantefrø med Kulturer af Rodknoldbakterier, saafremt disse ikke er til Stede i Jorden.

Dannelse af Vækststoffer ved Mikroorganismer i Jorden er sikkert et Moment af Betydning. At saadanne Stoffer som de forskellige Komponenter af B-Vitamin-Komplekset, Heteroauxiner, etc., forekommer i Jorden er ganske sikkert, og at de kan syntetiseres af Rhizosfærens Mikroorganismer er højst sandsynligt, men hvorledes de paavirker Plantevæksten ved vi faktisk ikke (se 17). I Almindelighed er jo de højere Planter, selv i sterile Systemer, i Stand til at opbygge alle deres organiske Bestanddele fra uorganiske Næringsstoffer, men man kan ikke se bort fra den Mulighed, at deres Stofproduktion kan forøges og deres Næringsværdi eventuelt forbedres gennem Optagelse af organiske Stoffer gennem Rødderne; dette er imidlertid et Spørgsmaal, der venter paa sin Løsning. I visse Tilfælde (4, 16) vil man have iagttaget en gunstig Indflydelse af Thiaminoptagelse gennem Rødderne; et andet nærliggende Exempel er VIRTANEN'S (22) Undersøgelser over Ascorbinsyrens og andre reducerende Stoffers Indflydelse paa Planternes Udnyttelse af Nitrat og paa N-Bindingen hos Bælgplanter. Hvis saadanne Stoffer (hvad der forekommer sandsynligt) kan produceres i Rhizosfæren og viser sig at kunne paavirke normale Planternes Vækst i naturlig Jordbund, vil et meget vigtigt Afsnit af disse Organismers Rolle i Naturen blive forstaaelig.

Et højst betydningsfuldt, men endnu relativt uudforsket Omraade af Mikroorganismernes Virksomhed, ikke mindst i Rhizosfæren, er utvivlsomt de antagoniske Fænomener: det Forhold, at en Organisme eller Gruppe af Organismer kan undertrykke Udviklingen af andre gennem Dannelse af specifikke Hemningsstoffer, *Antibiotica*. Af saadanne Stoffer kender vi nu et meget stort Antal, deriblandt fire af fremragende medicinsk Betydning: Penicillin, Streptomycin, Chloromycetin og Aureomycin. Deres Opstaaen og Virksomhed er let nok at paavise i kunstige Substrater, i visse Tilfælde ogsaa i steril Jord, men om deres Rolle i naturlig Jord ved vi yderst lidt. Der kendes dog adskillige Exempler paa, at Planterøddernes Infektion med pathogene Svampe eller Bakterier kan modvirkes gennem andre Mikroorganismers Virksomhed, selv om man ikke har kunnet paavise specifikke Antibiotica som Aarsag hertil. Saaledes fandt WEST & HILDEBRAND (25), at i Jord, hvor Rodforraadnelse hos Jordbærplanter var fremtrædende, kunde Tilførsel af kulhydratrigt organisk Stof ændre Jordbundsfloraens Sammensætning, saaledes at de Organismer, der er Skyld i Rodforraadnelsen, trængtes tilbage, og Rodangrebet aftog i Intensitet. Noget lignende gælder ifl. GARRETT (6) for Hvededræbersvampen (*Ophiobolus graminis*). Et andet slaaende Exempel er givet af LOCHHEAD & LANDERKIN (14): *Actinomyces scabies*, der er Aarsag til Kartoffelskurv, hemmes i kunstig Kultur af mange andre Actinomyceter; Tilførsel til Jorden af visse organiske Materia-

ler, f.Ex. Soyabønner som Grøngødning, synes at kunne fremme disse sidstes Vækst og derved bevirke, at Skurvangrebet aftager.

Der melder sig saaledes en hel Række Problemer: Danner bestemte Grupper af Mikroorganismer specifikke Stoffer, der kan paavirke de højere Planters Stofproduktion og kemiske Sammensætning? Er Planterødderne i Stand til at udskille Stoffer, der modvirker Angreb af rodpathogene Organismer (i nogle Tilfælde synes dette at ske), og i saa Fald under hvilke Betingelser? Danner visse Mikroorganismer i Jorden specifikke Stoffer, der som Vækststoffer kan begunstige Udviklingen af gavnlige Organismer (f.Ex. Knoldbakterierne) eller hemme Udviklingen af skadelige Organismer? Og endelig: Hvis saadanne Stoffer dannes, hvilke er da deres kemiske Karakter, og har man Mulighed for at drage Fordel af deres Anvendelse i syntetisk Form?

Om alle disse Spørgsmaal er vor Viden endnu yderst ringe, men saa meget des større er Mulighederne for Resultater af en Betydning, der vanskelig kan overskues.

LITTERATURHENVISNINGER.

- (1) ALLISON, F. E. 1947. — Soil Sci., v. 64, pp. 413—429.
- (2) ALLISON, F. E., GABBY, V. L., PINCK, L. A., og ARMIGER, W. H. 1947. — Soil Sci., v. 64, pp. 489—497.
- (3) AUDUS, L. J. 1950. — Nature, v. 166, p. 356.
- (4) BONNER, J., og GREENE, J. 1938. — Bot. Gaz., v. 100, pp. 226—237.
- (5) FÄHRÆUS, G., NILSSON, R., SUNDELIN, G., og RASMUSSEN, J. 1948. — Medd. No. 24, Lantbruks-högskolan, Uppsala.
- (6) GARRET, S. D. 1938. — Ann. Appl. Biol., v. 25, pp. 742—766.
- (7) JENNY, H. 1941. — Factors of Soil Formation. (McGrath Hill Co., New York).
- (8) JENSEN, H. L. 1939. — Proc. Linn. Soc. N.S.W., v. 64, pp. 601—608.
- (9) JONES, P. C. T., og MOLLISON, J. E. 1947. — Rept. Proc. Fourth Int. Congr. Microbiol. Copenhagen, pp. 461—463.
- (10) JONES, P. C. T., og MOLLISON, J. E. 1948. — J. Gen. Microbiol., v. 2, pp. 54—69.
- (11) LESCH, W. 1949. — Z. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., v. 47 (92), pp. 231—248.
- (12) LOCHHEAD, A. G., TIMONIN, M. I. og WEST, P. M. 1940. — Scient. Agric., v. 20, pp. 414—418.
- (13) LOCHHEAD, A. G., og THEXTON, R. H. 1947. — Canad. J. Res., C, v. 25, pp. 20—26.
- (14) LOCHHEAD, A. G., og LANDERKIN, G. B. 1949. — Plant and Soil, v. 3, pp. 271—276.
- (15) OVERGAARD NIELSEN, C. 1949. — Studies on the Soil Microfauna (Thesis, København).
- (16) ROULET, M. A., og SCHOPFER, W. H. 1950. — Fourth Int. Congr. Soil Sci. Trans. 1, pp. 202—203.
- (17) SCHMIDT, E. L. 1951. — Soil Sci., v. 71, pp. 129—140.
- (18) SCHMIDT, O. C. 1949. — Z. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., v. 48 (93), pp. 135—150.
- (19) SWABY, R. J. 1949. — J. Gen. Microbiol., v. 3, pp. 235—254.
- (20) SWABY, R. J. 1950. — J. Soil. Sci., v. 1, pp. 182—194.
- (21) THORNTON, H. G., og GRAY, P. H. H. 1934. — Proc. Roy. Soc. London, B, v. 115, pp. 522—543.
- (22) VIRTANEN, A. I. 1950. — Acta Agric. Scand., v. 1, pp. 1—19.
- (23) WAKSMAN, S. A., og GERRETSEN, F. C. 1931. — Ecology, v. 12, pp. 33—60.
- (24) WAKSMAN, S. A. 1938. — Humus (2nd. Ed., Williams & Wilkins, Baltimore).
- (25) WEST, P. M., og HILDEBRAND, A. A. 1941. — Canad. J. Res., C, v. 19, pp. 199—210.
- (26) WINOGRADSKY, S. 1925. — Ann. Inst. Pasteur, v. 39, pp. 299—354.

SUMMARY:

THE SOIL MICROFLORA IN ITS GENERAL RELATIONS TO PLANT GROWTH.

H. L. JENSEN

Statens Planteavlslaboratorium (Bakteriologisk Afdeling), Lyngby, Denmark.

The functions of the soil microflora in its relation to the growth of agricultural crops are discussed under the following aspects:

- 1) Decomposition of organic matter and release of plant nutrients.
 - 2) Synthesis of microbial cell substance and its bearing upon humus formation and soil structure.
 - 3) Formation by the soil and rhizosphere flora of specific substances (growth compounds or antibiotics) that may influence the metabolism of the plant or determine its susceptibility to attack by pathogenic organisms.
-