



Jordlevende bakterier

Reidun Pommeresche, Bioforsk og Berit Swensen, Vital Analyse.
E-post: reidun.pommeresche@bioforsk.no

Bakterier er noen av de minste og mest tallrike organismene i jorda. I ett gram jord kan det være flere milliarder. Det er anslått at det finnes mer enn 60 000 ulike bakteriearter, hvorav de fleste ikke en gang har fått noe navn. Hver av disse har sine spesielle roller og funksjoner. Flest bakterier finner vi i de øvre 10 cm av jordlaget, i rotsonen, meitemarkganger og andre steder der det finnes organisk materiale.

Kjennetegn på bakterier

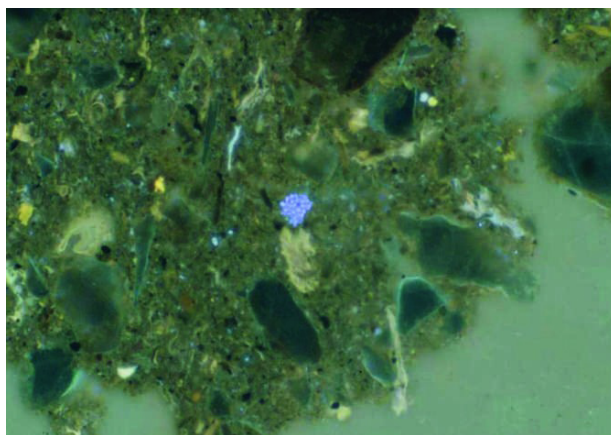
Bakterier omtales gjerne som en ensartet gruppe, til tross for at de finnes i et enormt artsmangfold og de finnes i alle typer habitater. Mange bakterier er vanskelige, nesten umulige å dyrke i laboratoriet, og det er en viktig årsak til at mange arter ennå er ukjente. Bakterier varierer veldig i former, størrelser og hvilke funksjoner de har. Noen arter bakterier er veldig skjøre og dør ved bare små endringer i jordforholdene. Andre arter er ekstremt robuste og kan tåle høy varme, kulde og uttørking. Noen kan ligge i dvale i flere tiår i påvente av riktige miljøforhold. Andre kan bruke nitrogen rett fra luften eller omdanne giftige stoffer til mindre farlige stoffer. Det fins både patogene (sykdomsfremkallende) og skadelige bakterier i jord, men de aller fleste er til nytte, og det er de som er i fokus i denne artikkelen.

Finnes i overgangssoner

Flest bakterier finner man i ulike overgangssoner i jorda. De trives i rotsonen, i meitemarkganger, i overflatestrøet på bakken, i kompost og i vannfilmen mellom og inne i jordaggregater (Fig.1). Stabil tilgang på vann er essensielt for bakterier. Næring er også en begrensende faktor for dem og de kan ha lange inaktive hvilefaser. Til gjengjeld responderer de raskt når forholdene blir ideelle. Populasjoner av bakterier kan blomstre opp eller bryte sammen i løpet av få dager. De kan dele seg (reprodusere) flere ganger i løpet av en time (Fig. 2.). Si at de f.eks. deler seg hvert 20. min. Ved at alle cellene deler seg hver gang, blir det et enormt antall bakterier i løpet av et døgn. En bakterie blir til to, ved neste deling blir det fire og fire blir til 8 etter en time. Den ene bakterien som etter en time var blitt 8, er etter 6 timer blitt til over 2 millioner (2097152) og i løpet av 24 timer er det blitt $4,7 \cdot 10^{21}$ bakterier! Dette er under ideelle forhold, gjerne i laboratoriet, med slik er det ikke alltid i jord.

Små kuler og spiriller

I mikroskop gjenkjennes ofte bakterier som små kuler eller staver. Typiske kule-bakterier (kokker) har en diameter på en tusendels millimeter ($1 \mu\text{m}$), mens staver kan være flere mikrometer lange. Noen ganger danner de kjeder eller klumper, noen opptrer mer enkeltvis. Noen har form som små «hårkrøller» (spiriller) eller lange tråder. Når vi ser bakterier med bare øyet, er det ofte som litt



Figur 1. Et snittbilde av et jordaggregat (liten klump jord). De blålige prikkene er en koloni med bakterier som er farget blå, og som lever i en pore (hulrom) i jordaggregatet. Foto: K. Ritz, European Atlas of Soil Biodiversity (EASB).

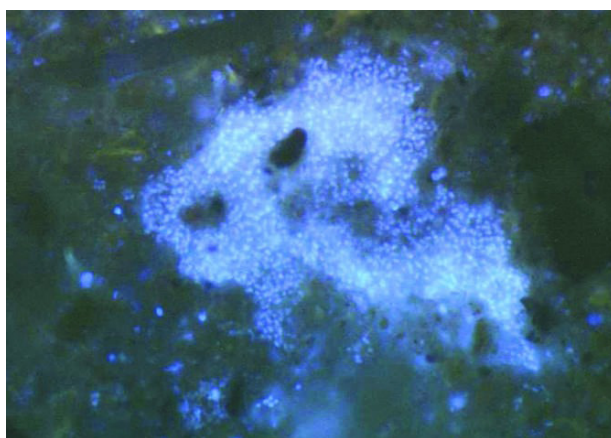
Mikrometer - $1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$

Aerob - med oksygen, trenger oksygen

Anaerob - uten oksygen, trives ikke med oksygen.

Jordaggregat - klumper med jordpartikler som holdes sammen av leire, røtter, organiske forbindelser skilt ut av røtter, sopphyfer og/eller organismer i jorda. Det kan være luftrom (porer) i og mellom slike aggregater. Størrelsen på aggregatene kan variere.

Roteksudat - stoffer som planten sender ut i jorda via planterøttene. Det kan være aminosyrer, organiske syrer, karbohydrater, vitaminer og proteiner.



Figur 2. En stor koloni av bakterier som vokste i jord etter at det ble hatt på glukose (sukkertype). Bakteriene er tilsatt blåfarge for å skille dem fra bakgrunnen. Hver liten prikk er en bakterie. Næring er ofte en begrensende faktor for jordlevende bakterier. De tilbringer derfor store deler av tiden i ulike dvaler eller hvilefaser. For så å respondere raskt dersom forholdene blir optimale. Foto: K. Ritz, EASB.

geleaktig, slimaktig belegg på mat, i jorda eller på døde plantedeler (Fig. 3). De er ikke «hårete» og ullaktige som soppkolonier oftest er. Noen bakterier har farger og gir oransje, gule eller grønne bakteriekolonier, mens mange er hvite og gråaktige.



Figur 3. Hver koloni på denne skålen er dannet fra en mikroorganisme i jord som har formert seg mange ganger. Litt jord er rørt ut i vann og deretter fortynnet flere ganger, før litt av vannblandingen er strøket utover på næringsagaren i petriskålen. Hver koloni med ulik form og farge, er en «art» jordlevende bakterie/sopp. De hvite og fargede, geleaktige koloniene er typisk for bakterier, den mer hårete kolonien er mer typisk for sopp. Foto: R. Wheatley, EASB.

Organisk materiale og roteksudater

De fleste bakterier i jord er heterotrofe, det betyr at de skaffer seg energi ved å spise organisk materiale. Det kan være planterester og døde organismer som har levd både over og i jorda. Ut i jorda fra planterøtter sender mange planter ulike roteksudater. Eksudatene kan være aminosyrer, organiske syrer, karbohydrater, sukker, vitaminer, planteslim og proteiner. Opptil 20 % av alt karbon planten samler i fotosyntesen, er påvist sendt ut igjen via røttene. Selv om ikke alle planter er like «gavmilde», er disse roteksudatene en betydelig tilførsels av organisk materiale til jord. Plantenes fotosyntese er altså ikke bare viktig for plantens vekst og alle oss som lever over bakken - den sørger også for mesteparten av maten til jordlivet. Det finnes noen fotosynteseaktive alger og cyanobakterier i jord. Det finnes også noen kjemoautotrofe bakterier

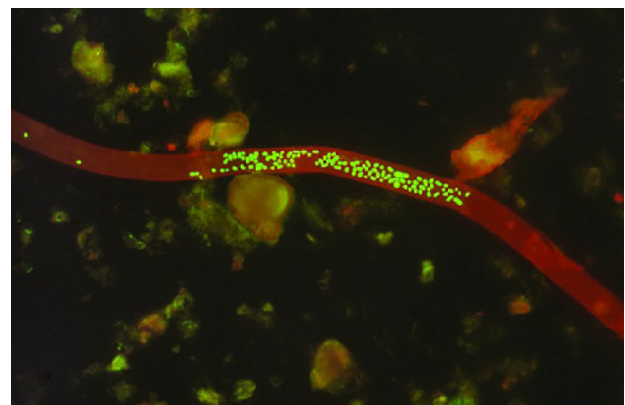
som skaffer seg energi ved å oksidere ulike kjemiske forbindelser, for eksempel nitrifikasjonsbakterier og metanoksidierende bakterier, men disse bidrar lite som primærprodusenter. Deres roller er imidlertid også viktige i den store sammenhengen og i næringskretsløpet.

Ressursene resirkuleres

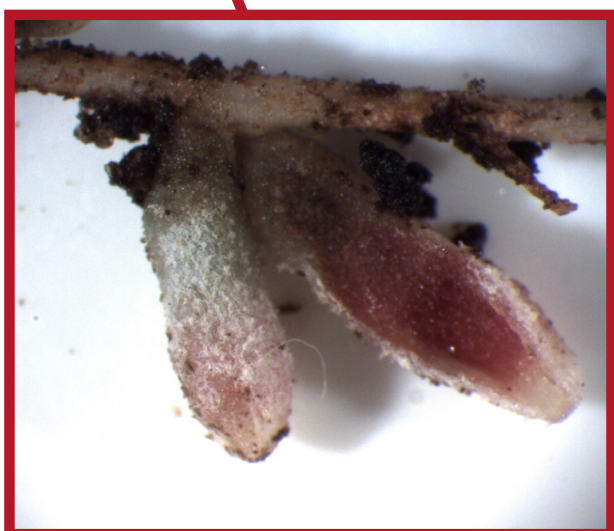
På samme måte som livet over bakken, reguleres livet i jorda gjennom mattilgang (primærproduksjon), beiting og predasjon. Det handler om «å spise» og om faren for «å bli spist». Bakteriene er sammen med soppene de viktigste beitedyra i jorda, de beiter på ulike typer organisk materiale. Alle mikroorganismene er potensiell mat for ulike encellede dyr (protozoer), nematoder, spretthaler og større dyr i jorda. Samtidig kan stoffer som jordlivet skiller ut nyttes av planterøttene. Det er et komplisert samspill hvor ressursene går i kretsløp og utnyttes av ulike organismer. Stoffer brytes ikke bare ned, men mye bygges også om og opp.

Omdannere

De bakteriene som lever av dødt organisk materiale kalles ofte for nedbrytere, omdannere eller saprofytter. De er med å omdanne materialet til jord og humus. *Bacillus subtilis* og *Pseudomonas fluorescens* er eksempler på slike bakterier. I et enormt mangfold av arter finner vi enkeltarter eller grupper som kan omdanne en rekke ulike organiske forbindelser. Noen kan til og med bryte ned naturfremmede stoffer.



Figur 4. Bakterieceller (farget neongrønn) som vokser på overflaten av en sopphyfe. Jord er et komplekst biologisk system, fullt av samspill mellom ulike organismer. Foto K. Ritz, EASB.



Figur 5. Nitrogenfikserende bakterier på røttene til hvitkløver (A). I en slik knoll kan det være over 50 000 bakterier (B). Den røde fargen kommer fra de oksygenregulerende molekylene leghemoglobin (C). Er knollene rødlig inne er bakteriene aktive og omdanner nitrogen fra lufta til en nitrogenform som planten kan bruke. Foto: R. Pommeresche, Bioforsk Økologisk.

Aerobe bakterier er bra

Aerobe bakterier trenger oksygen for å leve. God tilgang på oksygen i jorda er også viktig for planterøttene og for at aktiviteten av jordlivet (omdanningen) skal være høy. Aerobe bakterier som omdanner planterester til jord, bruker energien i dette materialet. I prosessen bruker det i tillegg oksygen og skiller ut CO_2 . Dersom det er nok oksygen i jorda, vil aerobe organismer dominere og det er bra, for da omdannes utgangsstoffene mer fullstendig og det dannes færre giftige stoffer.

Anaerobe bakterier er mindre bra

Naturen har også en gruppe bakterier som klarer å leve uten oksygen. For noen av disse er oksygen giftig. Denne gruppen inkluderer evolusjonsmessig veldig gamle typer av bakterier, men er ikke de vi ønsker å ha flest av i jordbruksjorda vår. Anaerobe bakterier favoriseres i våt og dårlig drenert jord. Under slike forhold oppformerer de seg, men i stedet for å produsere CO_2 danner de ulike mer eller mindre giftige stoffer. En del av disse stoffene kan hemme plantenes rotvekst og gjøre røttene mer mottakelige for ulike rotsykdommer.

Nitrogenfikserende bakterier

Alle organismer trenger nitrogen, men bare enkelte mikroorganismer kan nyttiggjøre seg luftas store innhold av nitrogengass (N_2). Disse organismene kalles nitrogenfikserere (Fig.5) og kan splitte det molekylære nitrogenet, slik at de selv og planten får nitrogenforbindelser de kan bruke. Industriell produksjon av ammonium-nitrogen i kunstgjødsel er kostnads- og energikrevende. Det kreves både høy temperatur og høyt trykk. Nitrogenfikserende bakteriene klarer dette under helt naturlige forhold, av ressurser som finnes på stedet og energi de får gjennom fotosyntesen. Et bakterie-enzym som kalles nitrogenase katalyserer prosessen.

Mange nitrogenfikserere lever fritt i jorda, men for jordbruket betyr de som lever i symbiose med belgvekster og vikker mest. Før de sistnevnte kommer inn i planterøttene lever de fritt i jorda og ernærer seg på dødt organisk materiale. Roteksudat fra belgvekster stimulerer dem til å formere seg og komme inn i planterota. Sammen danner så bakteriene og planten knoller på røttene hvor bakteriene driver sin nitrogenfiksering. For å få mange slik knoller i jorda, er det derfor viktig med porøs jord, slik at bakteriene har tilgang på luftnitrogen.

Samspillet mellom *Rhizobium*-bakterier og belgvekstenes røtter kalles ofte for en positiv symbiose. Nitrogenfiksering kan under norske forhold tilsvare mellom 5 og 15 kg N per dekar og år. Nitrogenfikserende bakterier finnes naturlig i jord, men for å sikre en god etablering av dem, kan en kultur med riktige arter tilføres belgvekstfrøene før såing.

Azotobacter og *Azospirillum* er eksempler på frittlevende, nitrogenfikserende bakterier. Flere av de frittlevende nitrogenfikserne får energien til fikseringsprosessen fra organisk materiale i jorda. Noen er aerobe andre klarer seg uten oksygen.

Sykdomshemmende bakterier

Mange bakterier har ulike mekanismer for å hemme veksten av andre, eksempelvis kan de skille ut antibiotiske og veksthemmende stoffer som et ledd i sin egen populasjonsøkning. Flere bakterier med slik hemmende virkning er blitt brukt i biologisk kontroll av ulike plantesykdommer knyttet til jord. *Bacillus megaterium* er et eksempel på en bakterie som er brukt i noen vekster for å begrense utbrudd av svartskurv, forårsaket av en sopp kalt *Rhizoctonia solani* (svartskurv). *Pseudomonas fluorescens* kan

også være nyttig mot denne sykdommen. *Bacillus subtilis* har blitt brukt for å begrense "seedling blight" hos solsikker, forårsaket av *Alternaria helianthi*. Hvor effektive de er diskuteres ikke her.

Aktinobakterier

Aktinobakterier (strålebakterier) er viktige saprofytter i jord, de er særlig viktige for omdanning av cellulose og kitin. Noen av disse vokser ved å danne forgrenede tråder, som kan minne om soppmycel, derfor kalles de også for strålebakterier eller strålesopp. Aktinobakterier fra slekten *Frankia* fikserer nitrogen fra lufta og finnes i knoller på røttene til oretrær. De fleste lever aerobt, men noen også anaerobt. Sammen med noen jordlevende sopp, er det aktinobakterier som gir jord den karakteristiske jordlukta, som man kan kjenne på litt fuktige varme dager eller om man lukter på en neve jord.

Forvaltning av jordbakterier

Med unntak av noen få bakterier som kan brukes på frø, er det vanskelig å bygge opp ønskede populasjoner av bakterier bare ved å tilføre dem til jorda. Dersom populasjonene av bakterier er



Figur 6. Flere agronomiske råd som gjelder for god plantevekst, er også viktig for jordas aerobe bakterier. Slike bakterier trenger mellom annet oksygen og næring i form av organisk materiale for å trives. For å unngå jordpakking, som reduserer antall luftporer i jorda, er det derfor viktig å vente til jorda er tørr nok før vi kjører. Foto: Reidun Pommeresche, Bioforsk Økologisk.

lav, skyldes det hovedsakelig ugunstige forhold, og enhver ny tilførsel vil lide den samme skjebnen. For å få en aerob omdanning av organisk materiale og et mangfold av arter til å utføre ulike funksjoner i jorda, er det forholdene vi kan gjøre mest med. De fleste bakteriepopulasjoner påvirkes negativt av tørke, sur jord, veksling mellom aerobe og anaerobe forhold, jordpakking, høye saltkonsentrasjoner og mangel på organisk materiale.

En god forvaltning av jordas aerobe bakterier fås ved å:

- unngå pakking og ha mest mulig aerobe forhold.
- ha en god, tett matte av gras/kulturvekster og/eller dødt organisk materiale som jorddekke.
- bevaring og om mulig økning av mengden organisk materiale i jorda (moldinnholdet) gjennom bruk av kompost, grønngjødselplanter, jorddekke, aerob husdyrgjødsel og minimum jordarbeiding.

Hver av disse praksisene har flere fordeler for jordlivet og vil bidra til et mangfold av jordbakterier. Dårlig drenering og jordpakking favoriserer anaerobe bakterier og kan føre til produksjon av uønsket lystgass. Pakkingen fører også til mindre plass til de ulike organismene i jorda og til dårlig gassutveksling generelt. Minst mulig jordpakking og oppbygging av jordas moldinnhold vil både bedre infiltrasjonen av vann og øke jordas evne til å holde på vannet. Bedre struktur og mer luft øker antallet aerobe bakterier og hemmer veksten av de anaerobe.

Bidrag

Dette informasjonsmateriellet er finansiert av Statens Landbruksforvaltning gjennom prosjektet «Økologisk Foregangsfylke Buskerud - jordkunnskap og jordstruktur» og med midler fra Bioforsk Økologisk. Med tillatelse til å bruke deler av faktaarket om jordbakterier «soil bacteria» skrevet av G. Reid og P. Wong hos NSW. Med tillatelse til å bruke bilder fra European Atlas of Soil Biodiversity.

Litteratur og bilder

- Bardgett, R., 2005. The biology of soil. A community and ecosystem approach. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-852503-5
- Grøtta, M. 2008. Nitrogenfiksering hos belgvekster. Økologisk landbruk, nr. 1, s. 12- 17.
- Jeffery, S. m. fl. 2010. European Atlas of Soil Biodiversity (EASB) http://eu soils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/Biodiversity_Atlas/Download.cfm
- Reid, G. og Wong, P. 2005. Soil bacteria. NSW Department of Primary Industries, Australia. www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/resources/soils/biology/soil-biology-basics
- Teavis, S.W. m fl. 2003. Root exudation and rhizosphere biology. Plant physiology, 132, s 44-51. www.plantphysiol.org

Andre Bioforsk TEMA om livet i jorda:

- 2011 nr. 14 - Et yrende liv rundt planterøttene
 2011 nr. 15 - Spretthaler - jordas små kaniner
 2011 nr. 16 - Nematoder - sirkulering av næringsstoffer
 2001 nr. 18 - Jordlevende sopp
 2011 nr. 19 - Protozoer - de minste «dyra» i jorda
 2011 nr. 20 - Kompostering
 2007 nr. 2 - Meitemark gir god jord
 2007 nr. 3 - Studer meitemark ved å grave jordprofil
 2007 nr. 4 - Artsbestemmelse av meitemark

BIOFORSK TEMA
 vol 6 nr 17
 ISBN: 978-82-17-00849-1
 ISSN 0809-8654

Fagredaktør:
 Atle Wibe
 Ansvarleg redaktør:
 Forskningsdirektør Nils Vagstad
 Forsidefoto:
 Reidun Pommeresche

www.bioforsk.no