



Rotsonen. Livet i rotsonen.



Jordarbeiding som pløying, harving, såing og tromling påvirker miljøforholdene i jorda. Organisk materiale flyttes, gjødsel tilføres og sammen med levende planter gir det næring og energi til mikroorganismene i jorda.

Mangfold av bakterier i jord og kompost

Mikroorganismer er viktige når matrester komposteres, men også når husdyrgjødsel eller organisk materiale skal omdannes i jord. Det finnes tusenvis av ulike grupper og arter. Tilgang på næring og miljøforhold betyr mest for hvilke bakterier som utvikler seg.

TEKST OG BILDER: Reidun Pommeresche (NORSØK)

ILLUSTRASJONER: Katelyn Solbakk (Mikroliv)

MIKROORGANISMER ER ÉN ELLER FÅ CELLER. Mikroorganismer, også kalt mikrober, er ørsmå (0,2- 50 mikrometer), selvstendige livsformer som man trenger gode mikroskop for å kunne se. De er én- og fåcellede organismer som bakterier, encellede protister og flere mikroskopiske sopp- og algearter. De deles i to hovedtyper etter hvordan de får tak i karbon og energi til stoffskiftet. *Autotrofe* mikroorganismer lager nytt organisk materiale via fotosyntesen eller ved kjemiske reaksjoner, mens *heterotrofe* mikroorganismer lever av organisk materiale fra levende eller dødt organisk materiale. Fokuset her er på bakterier.

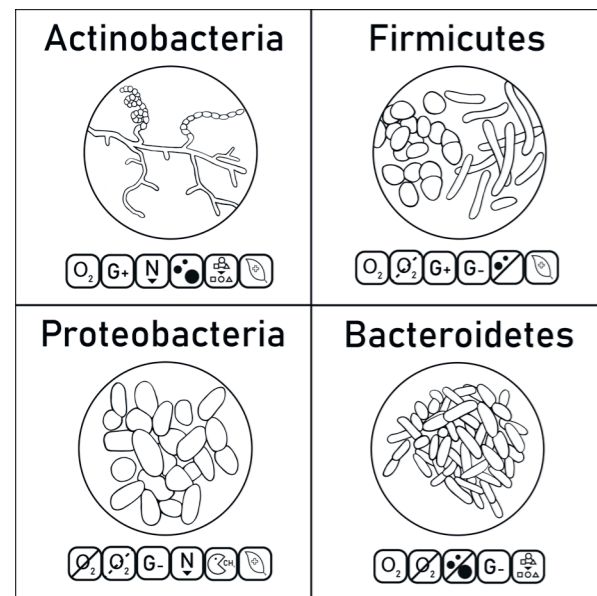
STOR LOKAL VARIASJON I MILJØFORHOLDENE. I en kompost eller en jordbruksjord vil ulike mikrobielle prosesser domi-

nere når vi snur massene ofte, eller lar dem ligge mer eller mindre i ro. Jordarbeiding og kompostvending påvirker miljøforholdene for mikroorganismene; slik som forholdet mellom O_2 og CO_2 i porelufta, endringer i fuktighet og pH, tilgangen på mat, samt endringer i redokspotensialet (Eh).

Noen biokjemiske prosesser vil være de samme, mens andre vil være forskjellige. I tillegg vil noen mikrobiologiske prosesser variere mye innen et svært lite jordvolum. Eksempelvis vil de mikrobiologiske og kjemiske prosessene på utsiden og inne i den samme lille klump med jord være ulike. Det samme vil være tilfelle utenpå og inni en klump med kuskitt blandet med halm. Det vil også foregå ulike prosesser i jord som er vannmettet sammenlignet med godt drenert jord.

DE FIRE STORE. Det er et utall av bakterier som inngår i biokjemiske prosesser i jord, gjødsel og kompost. I jord er det fire grupper kultiverbare bakterier som dominerer, kalt «de fire store». Dette er fyla (gruppene) Actinobacteria > Firmicutes > Proteobacteria > Bacteroidetes (Ottow, 2011). Disse er også vanlig i komposteringsprosesser (Partanen m. fl. 2010).

Partanen m.fl. (2010) undersøkte mangfoldet av bakterier i et lite (5 m³) og i et stort (160 m³) matkompostanlegg, begge med aerob kompostering i trommelanlegg. De fant et utrolig mangfold av gensekvenser (arter/typer) fra alle de fire omtalte bakteriefyla. De estimerte hele 2 000 ulike «arter» (fylotyper) i komposteringsprosessene. ►►



◀ **De fire store.** Noen kjennetegn for bakterieartene i de fire ulike bakteriegruppene. Tegninger Katelyn Solbakk og idé Reidun Pommeresche.

Tegnforklaring:

-    ◀ Aerobe, anaerobe, fakultative
-   ◀ Gram positiv eller gram negativ cellevegtype
-    ◀ Noen danner sporer - andre ikke, flesteparten danner sporer, veldig få danner sporer
-  ◀ Noen binder luftnitrogen (N₂) inn i planter og/eller jord
-  ◀ Noen bruker metan som næring
-  ◀ Viktige nedbrytere av organisk materiale
-  ◀ Noen kan styrke plantehelsen, eks. ved at noen produserer antibiotika, soppgifter eller hormoner

URBAKTERIER VIKTIGE OGSÅ I DAG. Bakterier hører til prokaryote organismer og er inndelt i Bacteria og Archaea. Archaea, gjerne kalt arke- eller urbakterier, er bakterier som er tilpasset ekstreme livsmiljøer. Vi hører gjerne om dem i varme kilder, vulkankratre og saltsjøer. Molekylære teknikker brukt på jord viser imidlertid at flere bakterier fra denne Archea-gruppen er langt mer vanlige i landbruksjord og kompost enn tidligere antatt (Ottow 2011, Weil & Brady 2017). Flere av disse bakteriene er særlig viktige i kretsløpene til karbon, nitrogen og svovel i jorda (Pepper m. fl. 2015, Odelade og Babalola 2019).

Noen typer arkebakterier kan produsere metan, kalt metanogene bakterier, og andre typer kan reduserer mengden metan, kalt metanotrofe bakterier. Flere ulike typer arkebakterier er viktige i nitrogen- og svovelkretsløpet. Generelt tåler noen arkebakterier miljøer uten oksygen og noen tåler høye temperaturer eller ekstremt surt miljø med pH < 2.

FIRE ULIKE KOMBINASJONER. Mikroorganismene hører til en av fire ulike grupper basert på både hvilken energikilde og karbonkilde de bruker. Blant bakterier finnes det både fotoautotrofe, kjemoautotrofe, ftoheterotrofe og kjemoheterotrofe organismer (**tabell 1**). Det gjør bakterier til en kompleks, men spennende og veldig allsidig gruppe organismer. Sammen danner de multifunksjonelle samfunn i jord og kompost hvor hovedfunksjonen er å bryte ned organisk materiale av ulike typer og under ulike forhold. Det er imidlertid også mange

bakterier som spesialiserer seg på å leve i smale nisjer når det gjelder næring og miljøforhold.

SAMSPILL. Mange bakterier i jord samarbeider med planterøtter på ulike måter. Bakterier fra slekten *Rhizobium* bidrar til nitrogenbinding i belgvekster. Aktinobakterier fra slekten *Frankia* bidrar til nitrogenbinding hos ulike trær (gråor og svartor). Noen arter nitrogenbindende bakterier lever i samspill med planterøtter, mens andre lever av organisk materiale og fritt i jorda, men fikserer også nitrogen. Omdanning av nitrat til nitritt og ammonium er også eksempler på biokjemiske reaksjoner i jord hvor ulike bakterier inngår.

Noen bakterier bruker lysenergi, slik som planter, til å drive elektrontransport og skaffe seg energi. Eksempel på det er ulike blågrønne bakterier som lever øverst i jordlaget. Andre bakterier lever anaerobt og uten lys, men lager likevel nytt organisk materiale. Dette ved at de bruker f.eks. hydrogensulfid som energikilde. Det betyr at de kan lage nye karbohydrater av CO₂ og H₂O, slik som under fotosyntesen, men med kjemisk energi og uten at de trenger lysenergi. Disse er mindre kjente, men har viktige funksjoner i jord og kompost (Pepper m. fl. 2000). Bakterier kan utnytte energien som frigis i ulike typer kjemiske reaksjoner i jord, og de lager enzymer som de skiller ut og som påvirker eller katalyserer biokjemiske reaksjoner. Slik utnyttes både energien og de ulike formene for næringen som er i systemene.

FLEKSIBLE MIKROORGANISMER. Mange bakterier kan være fakultativt anaerobe, med det menes at de kan skaffe seg energi både med og uten oksygen til stede i nærmiljøet. Noen kan også bruke ulike typer karbonkilder, dvs. være metabolsk fleksible, avhengig av omgivelsene. Noen kjemoautotrofe bakterier bruker reduserte, uorganiske stoffer som elektronkilder, med oksygen som elektronakseptor, eller f.eks. sulfat eller karbondioksid når oksygen ikke er til stede. Lilla ikke-svovelbakterier kan eksempelvis drive anaerob fotosyntese, men kan leve på organiske stoffer hvis oksygen er tilgjengelig og fungerer da som en kjemoheterotrofe organisme.

Både mangfold av bakterier og deres fleksibilitet har betydning for at organisk materiale brytes ned både med og uten oksygen i kompost eller i jord. Samlet er substratet, miljøforholdene og bakteriesamfunnene med på å gjøre forskjell på hvor fullstendig, og til hvilke produkter (metabolitter) ulike typer organisk materiale omdannes. En fullstendig nedbryting av en kuru eller en død plante kalles mineralisering. Men underveis kan deler av utgangsmaterialene både fermentere/gjære og/eller råtne. Nedbryting og omdanning kan altså skje på mange ulike måter, og med tusenvis av ulike stoffer, på vegen til at alt karbonet i utgangsmaterialet blir til CO₂.

ØKT FOKUS PÅ JORDBAKTERIER. I jordbruksjord er bakterier i rotsonen ekstra i søkelyset mht. næringsforsyning, jordhelse og plantehelse. Fakultative bakterier, som kan skifte mellom ulike karbonkilder og/eller

FIRE GRUPPER MIKROORGANISMER.

Næringstype	Energikilde	Karbonkilde	Aktuelle organismegrupper i jord og organisk materiale
Fotoautotrofe	Lys	CO ₂	Alger (<i>Chlamydomonas</i>), blågrønne bakterier (<i>Nostoc</i> , <i>Chlorella</i>)
Kjemoautotrofe	Uorganiske stoffer: Nitrogenholdige forbindelser som amider (NH ₂), ammonium (NH ₄ ⁺) og nitritt (NO ₂ ⁻), svovelholdige stoffer som sulfhydril (HS), hydrogen-sulfid (H ₂ S), hydrogen (H ₂)	CO ₂ og karbonater	Eks. Nitrosomonas sp. (NH ₄ ⁺ til NO ₂ ⁻), Nitrobacter (NO ₂ ⁻ til NO ₃ ⁻), <i>Thiobacillus denitrificans</i> (S til SO ₄ ²⁻), <i>Thiobacillus ferrooxidans</i> (Fe ₂ ⁺ til Fe ₃ ⁺), Metanproduserende (metanogene) bakterier
Ftoheterotrofe	Lys	Organisk materiale	Eks. noen lilla svovelbakterier: <i>Chromatiaceae</i> og <i>Ectothiorhodospiraceae</i>
Kjemoheterotrofe	Organiske forbindelser av ulike typer	Organisk materiale	Sopp, aktinobakterier og de fleste bakterier (eks. <i>Bacillus</i> spp., <i>Clostridium</i> spp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp. og <i>Pseudomonas</i> sp.) Metanspisende (metanotrofe) bakterier Nitrogenfikserende <i>Rhizobium</i> -bakterier. Noen bakterier i svovelkretsløpet

Tabell 1. Inndeling av mikroorganismer i ulike næringstyper etter hvordan de skaffer seg energi (drifstoff) og karbon (til kroppsmasse mm.) for å vokse og leve.

energikilder, kan her ha et konkurransefortrinn (Lecomte m. fl. 2018). Forskere mener også at mikrobefunn rundt røtter kan tilpasse seg skiftende jordforhold, og at de artene som er fleksible kan bli ekstra viktige fremover. Dette fordi miljøforholdene endres raskt i rotsonene, eksempelvis tilgang på oksygen eller nitrat, og hvilken i form ulike metallioner forekommer.

Bakterier i rotsonen er viktige for næringsforsyning, plantevekst og plantehelse. Stadig nye sammenhenger blir belyst gjennom forskning. I praksis er det viktig å ha fokus på mikroorganismene i jorda, selv om vi ikke vet alt om dem. En god del vet vi allerede og det kan brukes inn i en god forvaltning av jord og organisk materiale. Nærings-tilgang og miljøforhold er de faktorene som vi kan påvirke og til en viss grad medvirke til hvilke mikroorganismer som finnes og kan trives i jord og kompost. 🌱

Denne artikkelen er en kortversjon av fagartikkelen *Bakterier i jord og kompost som du finner publisert på Agropub.no*



▲ **Gul og hvit.** Tegning av to trådformede aktinobakteriegrupper som kan finnes i jord og kompost. Den gule med svarte sporer er en *Micromonospora*-art og den hvite med hvite kjeder av sporer en *Streptomyces* art.

Kilder.

- Lecomte, S.M. 2018. Diversifying anaerobic respiration strategies to compete in the rhizosphere. *Frontier in Environmental Science*.
- Odelade, K.A. & Babalola, O.O. 2019. Bacteria, Fungi and Archaea domains in rhizospheric soil and their effects in enhancing agricultural productivity. Finnes på nett.
- Ottow, J.C.G. 2011. *Mikrobiologie von Böden*. Bok. Springer.
- Partanen, P. m. fl. 2010. Bacterial diversity at different stages of the composting process. *BMC Microbiology*.
- Pepper m. fl. 2015. *Environmental Microbiology*. Bok, Elsevier, USA.
- Weil, R.R. & Brady, N.C. 2017. *The nature and properties of soils*. Bok, Pearson.