

TEMA

Åkermarkens organismer

Lyssna på vår podcast
som anknyter till artikeln:
[www.slf.fi/publikationer/
podcast/](http://www.slf.fi/publikationer/podcast/)



Vem bor i åkermarken - hur ser de ut och hur lever de?

Kristina Lindström, Professor i Hållbar utveckling, Helsingfors Universitet
Nina Sevelius, Utvecklingschef för trädgårdsproduktion, SLF

Förlusten av det vi kallar biodiversitet, alltså naturens mångfald, är ett av de stora globala hoten just nu tillsammans med klimatuppvärmningen. Medan klimatuppvärmningen kan mätas som temperatur och koldioxidhalt i atmosfären, är det mycket svårare att mäta biodiversiteten. Det fina är i alla fall att vi faktiskt kan påverka mångfalden genom att i första hand använda våra egna ögon som verktyg.

Diversitet och jordbruk

En åker där det växer en enda gröda, till exempel spannmål, har låg biodiversitet åtminstone beträffande växtarter. En vall med gräs och olika klöverarter har en större artrikedom, dvs. diversitet. Där ser man också många olika pollinerande insekter som ökar biodiversiteten. En dikesren med många olika blommande växter är ett eldorado för de pollinerande insekterna och där är biodiversiteten betydligt större än i åkern. Åkerns fåglar är en viktig komponent i ett artrikt ekosystem. I takt med att åkerns artrikedom minskat har fåglarna också minskat i oroande grad. Organismerna är alla beroende av varandra.

I den här artikeln ska vi titta närmare på biodiversiteten



Organismerna är alla beroende av varandra.

i underjorden. Marken är ju inte bara det underlag som växterna fäster vid, utan rötterna som tränger ner i marken möts av ett sjudande liv av stor betydelse för både avkastningen och miljön. Daggmaskarna är bekanta för de flesta. De är också ett tecken på åkermarkens

hälsa. Markhälsa innebär att markens skick är sådant att växterna mår bra – rätt struktur, fuktighet, lagom med näringsämnen och ett myller av organismer som man inte ser med blotta ögat. Vilka är då de här mer eller mindre osynliga medhjälparna som arbetar tillsammans med odlaren?

Daggmaskarna flyttar tiotals ton jord per hektar varje år

De tre mest utbredda daggmaskarterna i finsk åkerjord är stor lövdaggmask (*Lumbricus rubellus*), åkerdaggmask (*Aporrectodea caliginosa*) och stor daggmask (*Lumbricus terrestris*). En daggmask kan leva i 3–10 år, men i naturen lever de oftast en kortare tid. Alla daggmaskar är tvåkönade men de behöver para sig med en annan individ för att få avkomma.

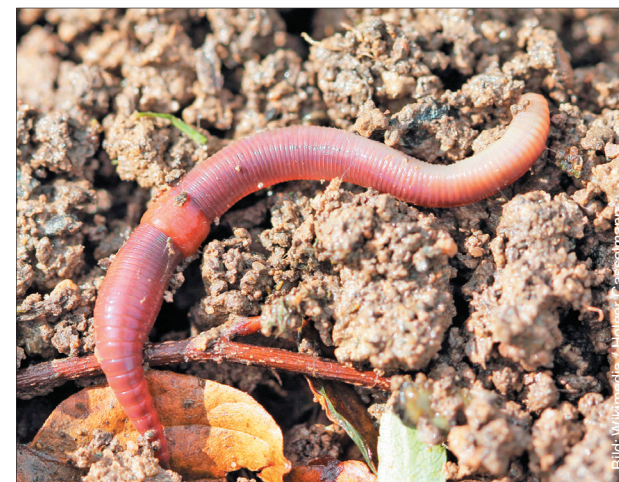
Det är vanligt att det finns runt 100 daggmaskar men som mest har man hittat upptill 1000 daggmaskar per kvadratmeter åkermark. Daggmaskarna trivs bäst i obearbetad mark, till exempel vall eller betesmark, som innehåller mycket växtrester som de kan använda som föda. Det



Forskare har beräknat och uppskattat det genomsnittliga vimlet under ett stövelspår när stövlarna är av storlek 42. Arterna varierar beroende på markkvaliteten.

har också visat sig att daggmaskarna trivs bäst i neutralt pH och därför gynnar strukturskalkning av jordar med lägre pH maskarna, däremot är hårt packad mark en av de största fienderna. Daggmaskarna kan röra sig med god koordination i och utanpå marken

med hjälp av sitt hydrostatiska skelett, sina yttre segment samt de långsgående musklerna och ringmusklerna med vars hjälp deras kropp dras samman respektive pressas framåt. Daggmaskar saknar ögon men kan urskilja om det är ljus eller mörkt. Sitt



Stor lövdaggmask (på bilden) och stor daggmask har pigment för att klara solens UV-strålar och är därför rödaktig, åkerdaggmasken däremot saknar pigment och är därför känslig för solljus.

DAGGMASK

Daggmaskar kan bli skadade t.ex. i samband med jordbearbetning. Förlorar de en del av bakkroppen överlever den och en ny bakända kan växa ut igen. Om daggmasken däremot blir kapad framför gördeln, dör båda delarna av masken. En daggmask blir alltså inte två daggmaskar!

På ungefär 25 år har hela vårt matjordslager på ca 20–30 cm passerat genom tarmen på någon daggmask.

Ijussinne använder de för att veta om de befinner sig nere i marken eller om de kommit upp till ytan. Häftigt regn kan tvinga daggmasken upp till markytan och detta kan bli ett problem eftersom solens ultraviolettera strålar, även vid molnigt väder, är livsfarliga för dem.

Daggmaskarna har inga käkar utan de äter genom att bilda ett tryck i svalget och suger in maten. De drar ner växtlämningar i sina gångar genom att äta jord, växtdelar, svampmyfer, alger och bakterier. De lämnar också sina ekskrementer på markytan och vänder på så sätt långsamt jorden så att växtresterna på jordytan överlagras och hamnar nere i jorden, samtidigt ökar jordens mullhalt och det bildas stabilare markpartiklar. Daggmaskarnas spillning innehåller flera gånger högre halter av växttillgängligt kväve, fosfor och kalium än vad den omgivande jorden gör. Den jord som passerat maskarnas tarm har pH 7, och maskarna motverkar därför försurning. De bidrar även till jordens genomluftning och dränering samt stimulerar mikrofloran.

Tusenfotingen har inte tusen ben

Dubbelfotingarna lever främst i markens ytskikt och kallas i folkmun oftast till tusenfotingar. Både den vuxna individen och ungdomsstadier lever främst av för-



Dubbelfotingen har fler än åtta ben, men inte 1000 trots sitt namn tusenfoting.

multnande växtmaterial men kan även äta levande växter och därmed i undantagsfall även vara skadegörare. Förutom att de alltså är viktiga nedbrytare av organiskt material hjälper de även till att lufta jorden. Det finns resultat som indikerar att kväve- och fosforinnehållet är högre i tusenfotingskompost än i maskkompost. Våra inhemska dubbelfotingar har en kroppslängd mellan 2 mm och 5 cm och högst 100 benpar. Utomlands kan man hitta dubbelfotingar med en längd på närmare fyra decimeter och med upp till 750 ben – men man känner däremot inte till en enda

tusenfoting med 1000 ben. En tusenfoting kan vara rätt långlivad, den kan ofta leva minst 1 år men många arter kan leva upp till 10 år.

Dubbelfotingen rör sig långsamt och när den blir skrämmd kan den rulla ihop sin förkalkade cylindriskt långsträckt kropp. Många arter kan också skydda sig mot rovdjur med sina stinkporer på kroppen som kan avsöndra ett giftigt sekret. På huvudets sidor har de vanligen en grupp punktögon samt ett organ med tätt ställda sinnesceller som torde vara känsliga för mekanisk retning eller skak-

ENKELFOTINGAR

Enkelfotingar är nära släkt med dubbelfotingarna men de har bara ett benpar per kroppssegment som sitter på sidan av kroppen. Det främsta benparet är omvandlat till giftklor. Enkelfotingarna rör sig snabbt och lever som rovdjur på kvalster och andra smådjur i marken.

ningar. Dubbelfotingarna förökar sig vanligen generativt, men man vet att en del arter också kan föröka sig asexuellt utan parning. Ägggen befruktas först vid äggläggningen och ur äggen utvecklas en pupoid som inte kan röra sig. Ur pupoiden utvecklas ganska snabbt det första ungdomsstadiet med 3–4 benpar, vid varje hudömsning får ungdomen flera benpar – en tusenfoting kan ha upp till 15 olika ungdomsstadier före den är fullvuxen.

Hoppstjärter kan hoppa 200 gånger sin egen höjd

De flesta hoppstjärter lever i markens övre skikt, många även fritt ute på markytan eller i vegetationen. Mänsklig verksamhet som markpackning och användningen av insekticider påverkar kraftigt antalet hoppstjärter i marken. Hoppstjärter har en viktig roll i markens näringsväv genom att de bryter ned döda växter till mindre beståndsdelar som i sin tur blir föda åt mikroorganismerna. Med sin verksamhet stimulerar de alltså tillväxten av mikroorganismerna i marken. En del hoppstjärter lever direkt av svampar, alger och bakterier. Undantagsvis kan hoppstjärter även agera som skadedjur genom att gnaga på frö och groddplantor.

Hoppstjärterna är 0,2–2 mm stora och därmed nätt och jämnt synliga för det mänsk-



Hoppstjärter. På nedre bilden en med 6 ben och hoppgaffel.

liga ögat, men det kan finnas tusentals av dem i en liter jord. Eftersom de är så små transporteras de lätt med vinden till nya platser. Hoppstjärterna har sex ben som insekterna de är nära släkt med men är vinglösa. De har

ett fåtal punktögon, fyra till sex antenner och fortsätter ömsa hud hela sin livstid. De hoppstjärter som lever i marken saknar pigment och är därför vita eller gula till färgen, ytlevende hoppstjärter är mörkfärgade.

HOPPSTJÄRTAR

Namnet hoppstjärta har de fått genom att de i bakänden har ett gaffelliknande utskott som hjälper dem att göra långa hopp och på så vis undkomma en fiende. De hoppstjärter som lever djupare ner i marken har tillbakabildat hopporgan eftersom det är svårt att hoppa i hålrummen mellan jordpartiklarna.

Kvalster är nära släkt med spindlarna

Kvalstren har ungefär samma roll i markens näringsväv som hoppstjärtarna men de finns ofta i ett ännu större antal, i en liter jord kan det finnas åtskilliga tusentals kvalster. I näringsämnenas kretslopp spelar de vanligen en mindre roll än övriga här nämnda organismer, men när det gäller till exempel kalcium har kvalster en stor roll. Kvalster sprider även effektivt många olika bakterier eftersom de ofta går igenom deras matsmältning utan att påverkas.

Kvalster har en rund kropp och åtta korta ben, de saknar både antenner och vingar. De kvalster som le-



Bild: Riikka Elo

KVALSTER

De rovkvalster som lever i marken är lite större (0,3–2 mm) än hornkvalstren. Deras kroppar är påronformade, till färgen gulorange och som föda har de bl.a. hornkvalster, urdjur och nematoder.

ver i marken kan vara renodlade rovdjur som lever av andra markdjur eller så kan de livnära sig på organiskt

material. Kvalster är oftast mindre än 2 mm, enstaka arter är större. De största grupperna av markkvalster



Bild: Riikka Elo



Bild: Riikka Elo

Hornkvalster rör sig klumpigt men är viktiga nedbrytare.

är hornkvalster (*Oribatida*) och rovkvalster (*Mesostigmata*). Hornkvalster är glänsande, gulbruna eller svarta, ögonlösa, små 0,1–1 mm djur som äter svampmycel, bakterier och förmultnande växtrester. Hornkvalster kan leva i tre år.

Småringmasken liknar daggmasken

Det finns stora mängder småringmaskar (*Enchytraeidae*) i marken och de trivs speciellt i mullrik jord. De är enormt viktiga för att upprätthålla markens skick. De äter antagligen främst svamphyfer men också förmultnande växtrester, bakterier, daggmaskavföring men också mineralpartiklar. När dessa födoämnen går igenom småringmaskarnas matsmältning återgår fosfor och kväve till marken i sådan form att växterna lätt kan ta upp den. Småringmaskarna kan även äta skadliga bakterier och kan på så sätt förhindra deras spridning.

Småringmaskar är nästan genomskinliga maskar som både liknar och är nära släkt med daggmaskarna, de är dock mindre vanligen mellan 1–20 mm långa. Beroende på arten förökar de sig endera sexuellt eller asexuellt, utvecklingsstadierna är ägg följt av ett flertal nymfstadier före de blir vuxna. Nymfstadierna liknar den vuxna men är mindre.



Bild: Wikimedia

Det finns åtminstone 50 olika arter av småringmask som lever i våra åkrar och trädgårdar.

Protozoer (urdjur) är encelliga organismer som kan röra sig

Protozoerna förekommer praktiskt taget i alla jordar och i alla klimatområden. Protozoer kallas ibland också för urdjur. Protozoer är ingen enhetlig grupp organismer men har det gemensamt att de är encelliga, har förmåga att röra sig, saknar

fotosyntes och inte kan klassificeras som växter, djur eller svampar. De urdjur som lever i marken är betydligt större än bakterierna som lever där. De lever i markens vattenfyllda porer. I normal matjord finns det ca 1 miljon protozoer per gram jord. En del protozoer äter bakterier och svampar medan andra livnär sig på lösliga organiska föreningar i markvätskan. Bland protozoerna finns en

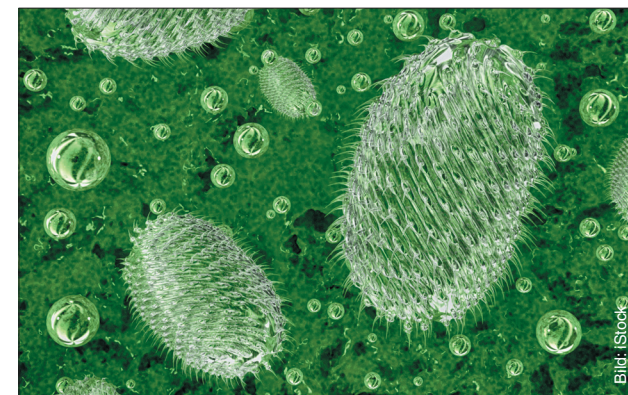


Bild: iStock

De encelliga urdjuren kan röra på sig.

del som parasiterar på andra organismer. Protozoer har en mycket viktig roll i samspelet mellan mikrober och växter. När de äter bakterier leder det bland annat till att ammoniumjoner bildas, de i sin tur kan tas upp av växter eller omvandlas av bakterier och arkéer till nitrit och nitrat.

Det finns 60 miljoner nematoder för varje människa på jorden

Nematoder som också kallas rundmaskar klarar av mycket extrema förhållanden och är kanske därför ett av jordens vanligaste flercelliga djur. De förekommer i marken, i sött och salt vatten men även som parasiter på växter och djur. På en kvadratmeter åkermark kan det i matjordsskiktet finnas flera miljoner nematoder. En av nematodernas viktigaste funktioner i marken är att bära på levande mikroorganismer via matsmältning eller på sin yta. De flesta nematodarterna bidrar till att hålla åkermarken i god kondition genom att de förvandlar organiskt material till växttillgängliga näringsämnen. Nematoder beräknas stå för 25 % av kväve mineraliseringen i åkermark.

Marklevande nematoder är millimeterstora, trådlika och osynliga för det mänskliga ögat utan mikroskop. De saknar egentliga andnings-



Det kan finnas ca 10 kg nematoder per hektar och 2–4 ton daggmaskar per hektar.

organ och hjärta, de har dock ett muskelsystem och nerver som styr musklerna samt tarmar som transporterar maten de ätit. Nematoderna består vanligen av han- och honindivider och deras utveckling har ett flertal olika ungdomsstadier. De har ett kemiskt sinne, med vars hjälp de kan förflytta

sig till lämpliga livsmiljöer samt hitta föda och lämpliga parningskumpaner. Marklevande nematoder är så små att de lever sitt liv knutna till vattenfilmen runt jordaggregat. De rör sig i allmänhet inte mer än någon centimeter per dygn. Nematoder indelas ofta i fem grupper efter vad de livnär sig på;

NEMATODER

Inom jordbruket är det i allmänhet de växtätande nematoderna som fått uppmärksamhet eftersom några av dem är allvarliga skadegörare på betor, potatis, morot och spannmål.

Inom trädgårdsnäringen används parasitära nematoder som biologiskt bekämpningsmedel mot bland annat sniglar, trips och minerarflugor.

bakterieätande, svampätande, växtätande, rovlevande samt allätare.

Mikroberna i underjorden: svampar, bakterier och arkéer

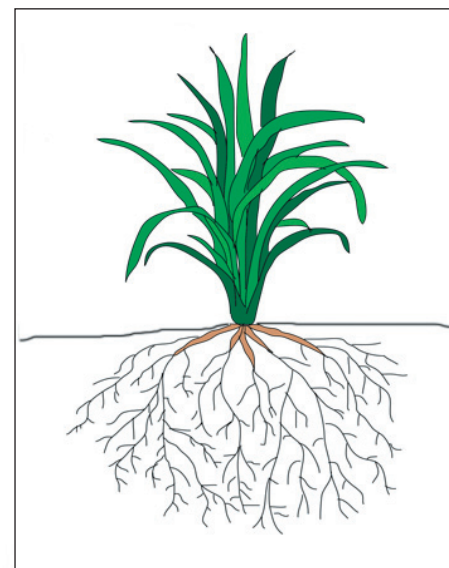
Till mikroberna eller mikroorganismerna räknas svampar, bakterier och arkéer. Svamparna växer oftast som trådar eller hyfer i marken och bara vissa svampar bildar ibland fruktkroppar – det som vi vanligen kallar svampar. Svamparna i marken kan enligt funktion indelas i mykorrhizasvampar, nedbrytarsvampar och patogena eller sjukdomsalstrande svampar. På skogsträdens rötter bildar

mykorrhizasvampar ofta så kallad ektotrof mykorrhiza som med sina hyfer expanderar trädens rötter och på det sättet ersätter rottrådarna. De är därför viktiga för trädens upptag av vatten och näringsämnen. På gamla träd växer det ofta trädtickor som är nedbrytarsvampar. I både skogs- och jordbruksjord finns därtill en mängd olika svamparter som bryter ner organiskt material i marken så att humus småningom bildas.

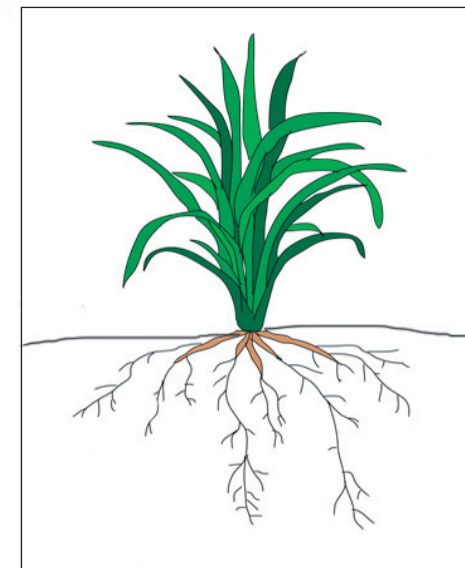
I åkerjord påträffas en annan typ av mykorrhizasvampar, så kallade arbuskulära svampar. Den arbuskulära mykorrhizan, som också

kallas endotrof mykorrhiza, har upptäckts hos omkring 80 % av världens örter och gräs. Här tränger svamphyferna in i rotcellerna och bildar ett nystan (arbuskel) som ombesörjer transporten av den näring som svamphyferna utanför rötterna suger upp. Svamphyferna i åkern förbättrar närings- och vattenupptaget hos odlingsväxterna och bildar speciellt i perenna odlingar nätverk som förenar olika rotsystem. Man har kunnat visa att i en gräs-klövervall förbinder svamphyferna växterna med varandra och hjälper gräset att ta för sig av de kväveföreningar som klövers kvävefixering producerar. Mykorrhizasvam-

Mykorrhiza



Ingen mykorrhiza

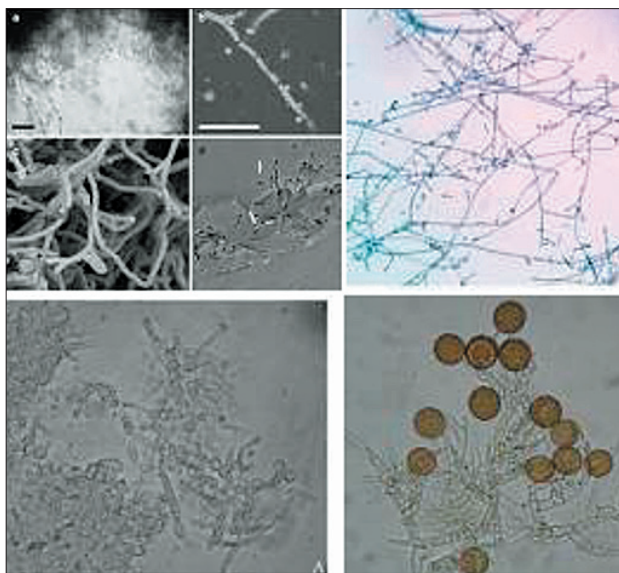


Mykorrhizasvampar hjälper växterna att ta upp fosfor och vatten m.m. På bilden ser man hur mykorrhizan utvidgar rotsystemet.

parnas samarbete med växterna är symbiotiskt. Svampen förser växten med näring från marken medan växten ser till att svampen får energi och kolföreningar för att bygga upp sina hyfer och arbeta med transporten. Kraftig jordbearbetning bekämpar därför både ogräs och svamphyfer.

Bakterierna och arkéerna är i motsats till svamparna mycket enkla organismer och kallas gemensamt för prokaryoter (pro = för; karyon = kärna; dvs. de saknar cellkärna). Medan svamp-, växt- och djurceller (alla eukaryoter = riktig cellkärna) kan vara ägnade för olika funktioner (tänk på människokroppens olika specialiserade organ) men ändå är ganska lika, är olika prokaryoter i allmänhet encelliga och specialiserade på att utföra funktioner och reaktioner som vida överträffar eukaryoternas.

Som exempel kan vi ta andningen. När luften i ett rum blir syrefattig känner vi av det och blir kanske dåliga, känner av syrebristen och får svårare att andas. Många bakterier som också utnyttjar andning med hjälp av syre kan vid syrebrist övergå till att andas nitrat i stället. Det här är viktigt att förstå, för om bakterien finns i en åker som lider av syrebrist p.g.a. dålig dränering, men där det finns nitrat så kan bakterien vid sin nitrata-



Mikroberna syns bara i mikroskop. Olika slags svamptrådar (hyfer) studerade med ljusmikroskop och bakterieceller i elektronmikroskop. Bakterierna är 1-2 mikrometer långa. De har flageller för att kunna röra sig och är omgivna av polysackarider (slem) som i marken bidrar till aggregatbildningen.

tandning förvandla nitraten till kväveoxidul (lustgas) eller kvävgas, som i båda fallen avgår upp till atmosfären. Eftersom lustgasen är en potent växthusgas bör vi bruka jorden så att de oönskade förloppen förebyggs. Därför är det också bra att känna till något om bakteriernas dolda liv.

Man har uppskattat att det i åkerjorden kan finnas tiotusentals olika bakteriearter. Ett gram jord kan innehålla 10 miljarder mikrober av olika slag. En stor mängd arter innebär stor diversitet. Olika arter kan delvis utföra liknande reaktioner. En stor

artdiversitet betyder därför att markens mikrobfunktioner är mångsidiga och ger en bra resiliens, dvs. förmåga att återanpassa sig efter störningar.

Mikrober kan studeras med mikroskop, odling i laboratorium och DNA-teknik

Bakterier kan man bara se i mikroskop med 1000 gångers förstoring och då ser man ofta ludna eller slemmiga knackkorvar, små klot eller långa ovaler. För de här mikroberna är utseendet inte viktigt, utan det viktiga är det som de gör. Det

måste man undersöka på annat sätt. En del mikrober kan man odla i laboratoriet i så kallade petriskålar. Beroende på odlingssubstratet kan man undersöka olika reaktioner som mikroberna kan utföra. En stor del av mikroberna har man emellertid inte lyckats isolera och odla i laboratoriet. Arbuskulära svampar behöver alltid växtrötter för att växa. Arkéerna uppträder ofta i extrema miljöer, men med nya metoder har man upptäckt att de också förekommer i skogs- och åkerjord.

Det var först när man började utnyttja mikrobernas gener (DNA) för att identifiera och klassificera dem som arkéerna upptäcktes. År 1977 upptäckte forskaren

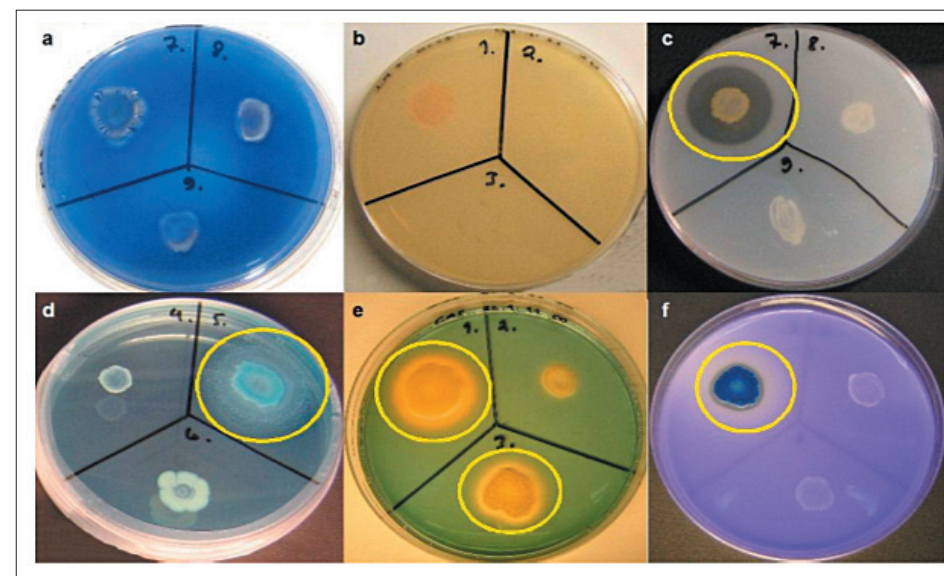
Carl Woese att arkéerna i själva verket bildade en grupp helt skild från bakterierna och eukaryoterna. Som med många revolutionerande upptäckter dröjde det ganska länge tills upptäckten fick erkännande. Nuförtiden bildar arkéerna en skild domän i organismernas släkttred. Woese upptäckte sammanföll med att det blev möjligt att sekvensera gener. Nuförtiden bestämmer man artsammansättningen av markens mikrober genom att isolera allt DNA från ett jordprov och sedan sekvensera bestämda delar av generna för att bestämma inte bara arter utan också hitta egenskaper som berättar vilka funktioner mikroberna i jordprovet kan tänkas stå för. I min fors-

kargrupp upptäckte vi t.ex. år 1997 med hjälp av DNA-teknik att det fanns arkéer i finsk skogsjord. Vi har nyligen publicerat en artikel om bakteriediversiteten i åkrar med olika typer av vall.

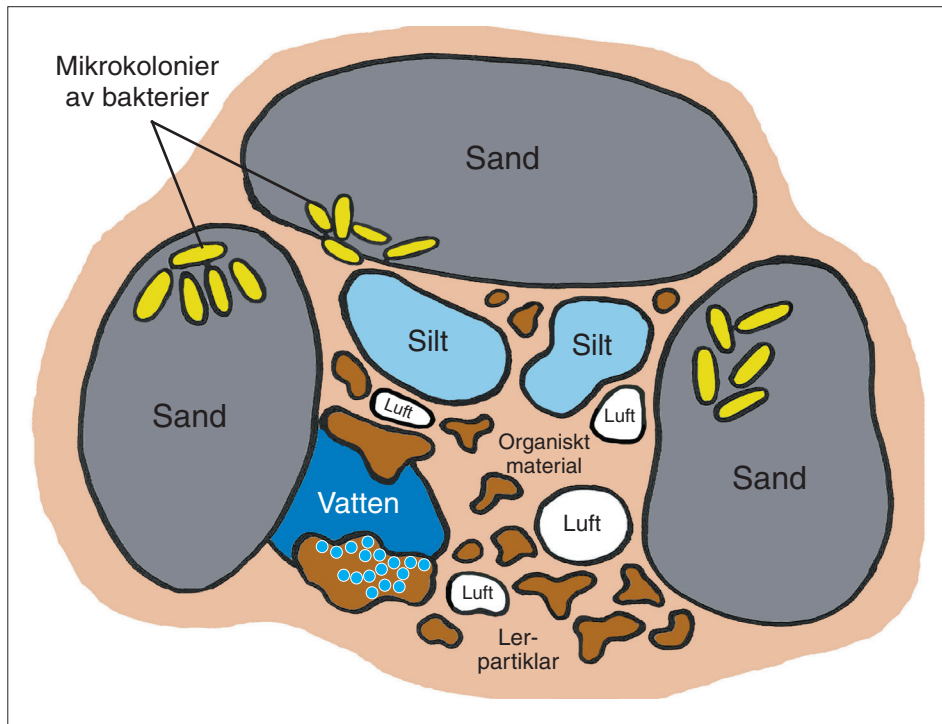
Mikroberna sörjer för ämnens kretslopp i marken

Mikrobernas viktigaste funktion i marken är att sörja för ämnens kretslopp, men under senare tid har man upptäckt att de har också många andra roller i växternas liv.

Vi tar här upp kolet, vätet och kvävet till närmare granskning. Växternas fotosyntes bildar kol och solenergi i växternas biomassa.



Olika bakterieisolat odlade i laboratoriet på agarplattor med olika substrat. Med hjälp av reaktionerna på plattorna kan man sluta sig till bakteriernas växtfrämjande egenskaper.



En förenklad bild av ett aggregat. Mineralpartiklar av olika storlek och humus fogas samman med hjälp av sekret från mikroberna. Aggregaten innehåller både luftfickor och fukt som bildar miljöer för olika typer av mikrober.

Kolet tillförs åkern i form av döda växter, främst rötter och rotsekret.

Organiska ämnen (organisk = kolhaltig; av levande ursprung) som växtrötterna utsöndrar fungerar som näring för många olika bakterier i rötternas närhet, dvs. rhizosfären. De här bakterierna tackar för maten genom att producera ämnen som är nyttiga för växten, såsom hormoner och föreningar med förmåga att öka fosfor- och järnets löslighet så att de lättare tas upp av växterna. De kan också pro-

ducera olika enzymer och ämnen som ökar växternas försvarsförmåga. Genom att ta plats konkurrerar de också med patogener. Sådana bakterier kallas PGPR (plant growth promoting rhizobacteria; rotbakterier med förmåga att stimulera växternas tillväxt). Vissa av de här bakterierna kan därtill utnyttja väte som energikälla. Väte utsöndras bland annat av baljväxtknölar under kvävefixeringsprocessen.

Swampar och bakterier samarbetar i marken för att bryta ner komplexa kolföreningar

som härstammar från växterna, såsom cellulosa och hemicellulosa, till enklare molekyler, främst olika sockerarter, som andra bakterier sedan kan utnyttja både som energi- och kolkällor.

Mikroberna bidrar till mull- och partikelbildningen

Hur ser då bakteriernas liv i marken ut? Man kan säga att de äter, växer och vilar. Strax om det finns näring att tillgå är någon där för att utnyttja den för arbete och uppbyggnad av cel-

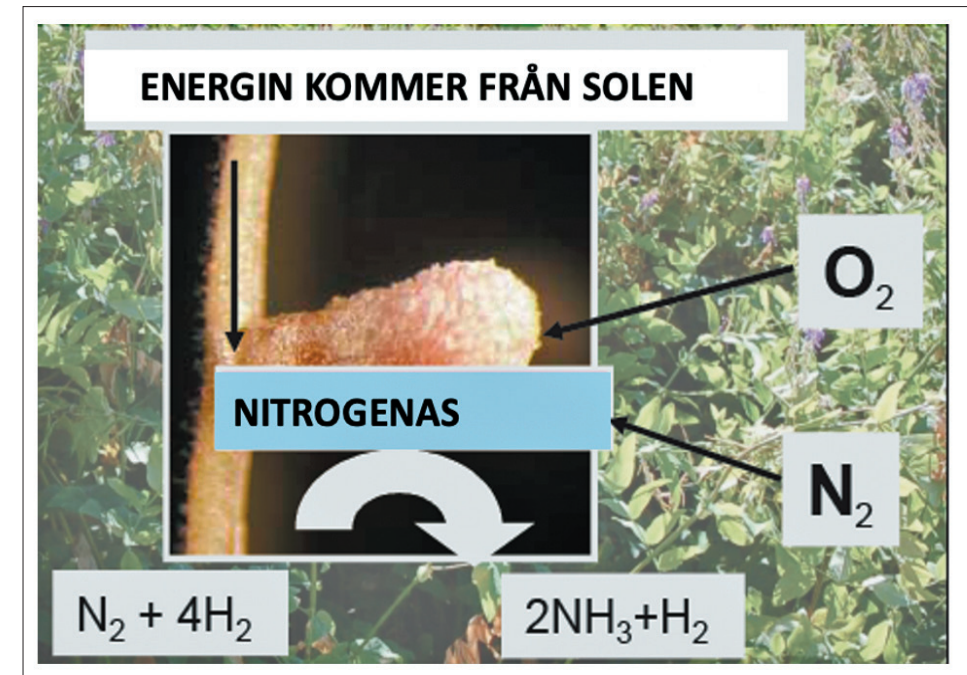
ler. Finns det mycket mat delar de sig i snabb takt och populationen växer. Bakterierna dör också och det har visat sig att när de bryts ner (döda bakterier kallas nekromassa) av andra bakterier bildas det ämnen som småningom blir humus. Det här betyder att om man har ett rikt mikroliv i åkern bidrar det till att kol binds först i de levande mikroberna, biomassan, sedan i nekromassan och till sist i markens humus, som bildar mull. Mikroberna är också väldigt viktiga för markens struktur och bidrar

till att det bildas aggregat, dvs. markpartiklar.

Kvävet är ett viktigt grundämne för levande organismer. Det ingår i proteiner och nukleinsyror som är viktiga cellkomponenter. När växtbiomassa bryts ner i marken spjälks proteinerna till aminosyror och därefter till ammonium (NH_4^+), som kan gå olika öden till mötes. Ammoniet kan tas upp av växter eller av bakterier för att bilda nya celler eller de kan genomgå nitrifikation och oxideras till nitrat.

I åkerjorden finns både bakterier och arkéer som nitrifierar, vilket man upptäckt tack vare DNA-metoderna. Med hjälp av sådana metoder kan man också bestämma förekomsten av de gener som ansvarar för andra delar av kvävet kretslopp och på det sättet få en inblick i bland annat risker för denitrifikation (att kvävet rymmer i form av kvävgas eller lustgas).

För ett rikt mikroliv i marken bör förhållandet mellan kol- och kvävehalt vara optimalt för mikroberna. Finns det



I baljväxtens knölar reducerar rhizobierna luftens kvävgas till ammonium med hjälp av nitrogenasenzymet. Energin till processen kommer från solen då växten i sin fotosyntes först förvandlat solenergin till kemisk energi i olika sockerarter. Baljväxterna är därför självförsörjande gällande kvävet. Samarbetet mellan bakterien och växten är en symbios.

ett överskott av kol, t.ex. ren halm, sker endast nedbrytning av kolföreningarna och det bildas ett överskott av koldioxid. Om kvävet dominerar, som i t.ex. ren stallgödsel eller baljväxthö, så blir det ett överskott av ammonium eller nitrat, som antingen kan läcka ut i vattendragen eller denitrifieras. Denitrifikation betyder att vissa bakterier utnyttjar nitraten för sin andning, som det tidigare var tal om. Kol-kväveförhållandet 24:1 anses vara optimalt för mikrobernas tillväxt.

Biologisk kvävefixering – naturens kvävefabrik

Kvävgas finns i överflöd i luften (78%), men det är bara vissa bakterier som kan utnyttja sådant kväve. Kvävefixerande bakterier har ett enzym som kallas nitrogenas med förmåga att binda luftens kväve och förvandla det till ammonium. Rhizobium-bakterierna är de viktigaste kvävefixerarna för lantbruket. De kan i symbios med baljväxter förvandla kvävgasen till ammonium. För det här behövs energi, som de får från växten som i sin tur lagrat solenergi genom fotosyntesen. I motsats till syntetisk kvävegödsel är baljväxternas kvävefixering ekologisk. Framställning av kvävegödsel med Haber-Bosch-metoden kräver högt tryck och höga temperaturer som främst åstad-

koms med hjälp av fossil energi. Det här glöms ofta bort då man talar om energi och hållbarhet.

Man har länge förstått sig på rhizobiernas goda egenskaper. Eftersom bakterierna är mera eller mindre specialiserade på olika baljväxter så är det viktigt att man försäkras sig om att man har tillräckligt mycket av effektiva bakterier i åkern. Är man osäker kan man köpa ymppreparat med rätt sorts bakterier.

Rhizobierna tränger in i värdväxtens rötter och där byggs en rotknöl som bakterien tar i besittning. Knölar som effektivt fixerar kväve är rödaktiga inuti eftersom de innehåller ett protein, leghemoglobin, som förser bakterierna med syre i rätt mängd för att nitrogenaset ska fungera optimalt. Knö-larna fungerar bäst om det är kvävebrist i marken – det är ingen idé att binda kväve om det finns tillgängligt. Vid samodling av baljväxt och icke-baljväxt, t.ex. klöver och timotej, har man märkt att då gräset tar upp kväve från marken stimulerar det knö-larna att effektivera sin kvävefixering. På det sättet blir det inte heller något överskott av kväve i marken, vilket kan vara fallet om man har en ren baljväxtgröda.

Baljväxterna har tack vare sin kvävehalt ett högt förfruktsvärde. De växtdelar

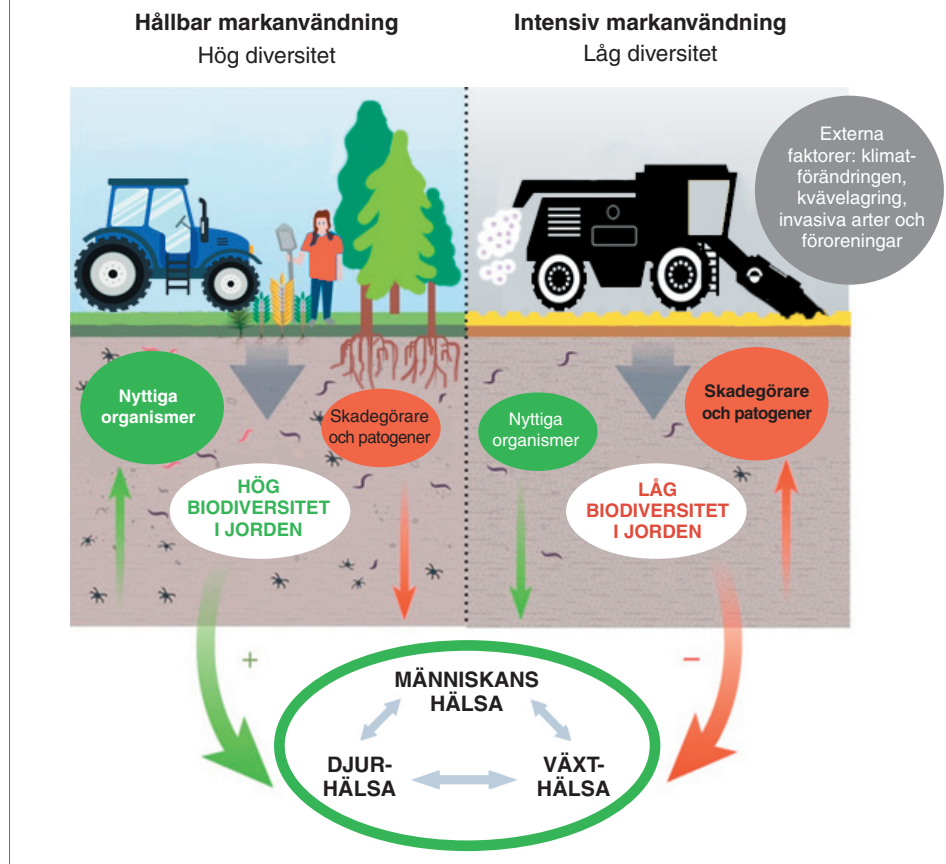
som blir kvar i åkern efter växtsäsongen bryts småningom ner av markens mikrober och blir till ny näring för följande gröda.

En mikrobiologisk process som blivit allt mera populär är produktionen av biogas. Vid biogasproduktion bryts gödsel och annat avfall ner av mikrobkonsortier där en del av dem, alla arkeer, kan producera metangas av avfallet. Efter att biogasen tagits tillvara kan rötresterna utnyttjas som gödsel på åkern.

Med näringskedja menas hur näringsämnen sprids och omvandlas igenom en kedja av organismer (växter, organiskt material, bakterier, svampar, alger, små och större djur) som äter och/eller äts av varandra i ett ekosystem. I en näringskedja är det ganska lätt att se hur näringsämnen sprids och omvandlas. Spridningen och omvandlingen sker genom att en organism äter en annan och äts av en tredje i näringskedjan. Flera näringskedjor bildar tillsammans en näringsväv.

Ju flera olika sorters djur och mikrober det finns i en jordbruksmiljö och ju aktivare de är, desto bättre mår marken och på det sättet också växterna. Diversitet bland växter minskar risken för allvarliga patogenangrepp. Markmikrober som "matats" med rätt sorts mikrobföda

HÖG MIKROBDIVERSITET BEFRÄMJAR ALLAS HÄLSA



Djur, växter, svampar och mikroorganismer som lever tillsammans i ett ekosystem är alla beroende av varandra och påverkar varandra.

bidrar till kolbindning och mullbildning. Växellandbruk och samodling där baljväxter ingår ökar mångfalden och markens kvävehalt, liksom också utnyttjandet av fånggrödor. Man brukar säga att då mark och växter mår bra mår också människorna bra. Mångfald i jordbrukslandskapet och mångfald

på åkern leder till mångfald i åkerjorden.

Som källor för texten om makro- och mesofaunan har använts naturhistoriska centralmuseets (Luomus) hemsida om markorganismer (<http://luomus.fi/maapera-elaimet>), BSAG:s broschyr Marken sjuder av liv samt

Jordbruksverkets publikation Gynna mångfalden i marken.

Podcast i anknytning till artikeln: www.slf.fi/publikationer/podcast/

