

# Bedömning av markens mikroliv

Beatrix Alsanius, Malin Hultberg, Anna Karin Rosberg

Det har blivit populärt att bedöma markens mikroliv. För det erbjuds en del tjänster och analyser, som ger upplysning om olika dimensioner av markens biologiska egenskaper. För det mesta ger de en ögonblicksbild. Analyserna är ofta inte helt billiga – så vad ska man satsa på och varför? Detta faktablad ger en översikt och motivation över olika alternativ. Inom ramen för detta faktablad fokuserar vi på frågor som kan vara relevanta för ekologisk odling i växthus, enligt EU lagstiftningen 2018/848.

Med EU-lagstiftningen 2018/848 som trädde i kraft den 1 januari 2022 försvann undantaget för odling i avgränsade bäddar vid ekologisk produktion i växthus och tunnel. Förutom att ekologisk produktion i växthus skall ske i mark som står i kontakt med alven, lägger den nya lagstiftningen vikt på växtdiversitet och markbördighet. Därmed lyfts åtgärder som bibehåller eller förbättrar markens mullhalt, samt växtföljder med baljväxter som huvud-, täck- och gröngödslingskultur i första rummet. Med biodiversitet och bördighet i fokus ökar också intresset för att mäta markens mikroliv. Ett stort antal metoder och analyser står till förfogande. För att kunna välja bland det stora antalet metoder och analyser som står till förfogande, behöver man bestämma varför denna information är väsentligt och hur man vill tillämpa den. Gäller det bedömning av

- Markens mikrobiella biodiversitet?
- Markens produktionskapacitet? (inkl. markens förmåga att mobilisera näringsämnen)
- Markens hälsotillstånd?
- Slutsatser om ekosystemets hälsotillstånd?

Vi presenterar ett beslutsverktyg i Tabell 1. För många av de ovannämnda syftena är val av analysmetod väsentligt. Det är viktigt att hålla i åtanke att analysresultaten ger en ögonblicksbild. Resultat påverkas av odlingsåtgärder (såsom växtföljd och ogräsbestånd, gödsling, tillförsel av organiskt material, jordbearbetning, växtskyddsåtgärder), väder,

klimat och extrema händelser samt djupet och antalet av tagna jordprover. Det hade förstås varit utmärkt om man med hjälp av en enkel analys skulle kunna få svar på jordens mikroliv. Men samspelen är mycket invecklade. Därför behöver bedömningen bygga på fler olika mikrobiologiska, fysikaliska och kemiska parametrar som mäts på samma sätt under en lång tid (t.ex. 20 år). Central i dessa sammanhang är markens halt av organisk substans och dess omsättning. Detta sker i ett komplext nätverk (*näringsväv*) där mikroorganismer enbart är en grupp av organismer. EU lagstiftningen 2018/848's ambition förutsätter tillförlitliga datamodeller som vi hittills inte har. De stora framstegen på det molekylärbiologiska området under senare år har lett

Bild 1: Bedömning av mikrolivet i marken: en fråga om syfte och skala (foto: B. Alsanius)



till en uppsjö av data och gett möjligheter att se på mikrolivets taxonomiska struktur. Dörrar för bedömning av mikrolivets funktion håller på att öppnas, samtidigt som prover har blivit billigare och tillgängligare. Deras tolkning kräver dock experthjälp.

## Markens mikrobiella diversitet

Biodiversitet är en viktig markör för markens kvalitet, men också för bedömning av ekosystemets hälsa (se nedan). Den omfattar fler grupper av organismer än mikroorganismerna som vi fokuserar i detta faktablad på. Biodiversitet är en fråga om skala och man skiljer mellan morfologisk, taxonomisk (d.v.s. artdiversitet), ekologisk (variationer i ekosystemet) och funktionell diversitet. Likaså kan skala som dimension fångas upp genom olika beräkningssätt (alfa-, beta-, gamma-diversitet).

- Alfa-diversitet: diversiteten inom ett habitat
- Beta-diversitet: diversiteten mellan habitat
- Gamma-diversitet: diversiteten på landskapsnivå (Fig. 1).

Ett generellt misstag vid tolkning av biodiversitetsdata är att man drar slutsatser på organismernas funktion utifrån deras taxonomiska tillhörighet. Till exempel betyder förekomsten av släktet *Pseudomonas* eller *Bacillus* inte att det nödvändigtvis finns en sjukdomshämmande (*antagonistisk*) förmåga i marken. Vid tolkning av metagenomdata behöver man ha i åtanke att dessa data oftast bygger på DNA analys och omfattar DNA av både döda och levande organismer, att de uttrycks som relativ förekomst (*abundans*) och återspeglar de 98-99% vanligaste organismer.

## Markens hälsotillstånd

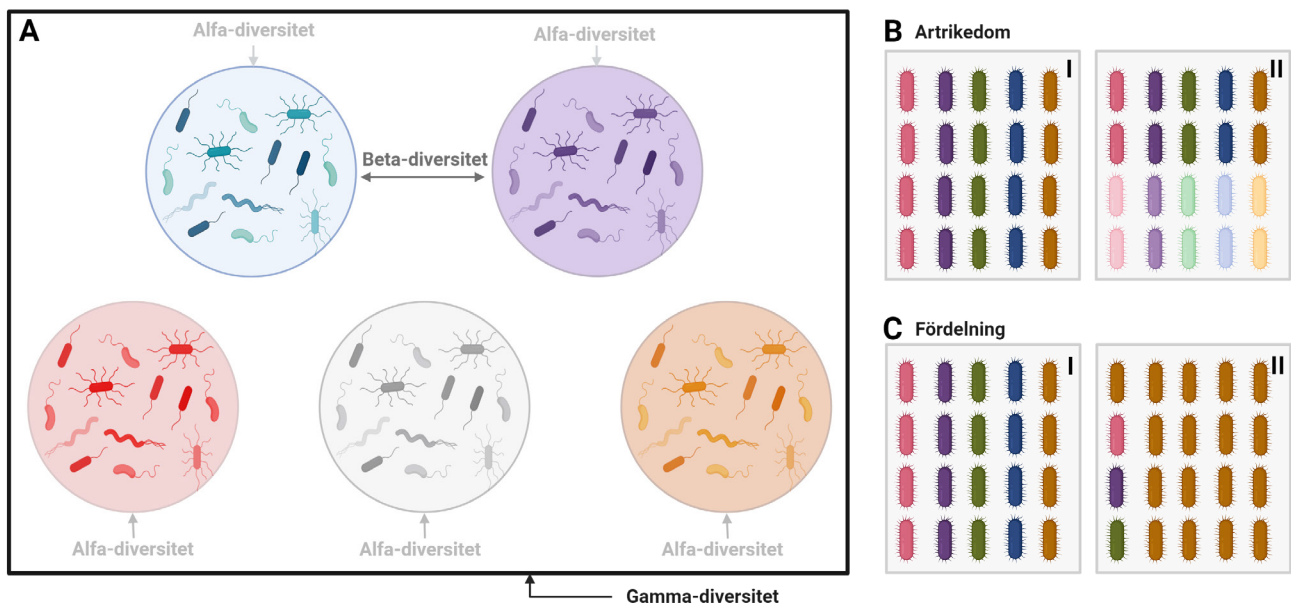
Markens hälsotillstånd definieras som markens kontinuerliga förmåga att fungera som ett levande ekosystem för växter, djur och människor. I detta sammanhang är tre egenskaper centrala, nämligen

- Markens förmåga att främja förekomsten av sjukdomar (*konduktivitet*)
- Markens förmåga att vara motståndskraftig mot sjukdomar (*suppressivitet*) samt
- Sjukdomsförekomsten i marken

Suppressivitet kan bedömas direkt (t.ex. biotest) eller indirekt. En indirekt metod bygger på samspillet mellan markens mikrobiella aktivitet, sjukdomsalstrarens förekomst och sjukdomsangreppets intensitet (Boehme och Hoitink 1992).

## Ekosystemets hälsotillstånd

Som sagt, svampar och bakterier utgör bara en del av livet i marken. För att kunna bedöma ekosystemets hälsotillstånd behöver även andra organismer (såsom protozoa, nematoder, insekter, spindeldjur) inbegripas. Bortsett ifrån vikten av att organismerna delar samma ekologiska nisch, så är också alla organismers funktion i näringsväven samt energi- och näringsflöden inom den undersökta marken centrala. Det finns ett antal modeller för att utvärdera markens näringsväv. För att kunna nyttja dem behöver man samla in stora mängder data för varje specifik plats.



Figur 1. Biodiversitet en fråga om skala. Alfa-diversitet beskriver diversiteten inom ett habitat, medan beta- och gamma-diversitet karakteriserar diversiteten mellan habitat resp. på landskapsnivå (A). För beskrivning av alfa-diversitet används olika index, tex. artrikedom (B) och fördelning (C). B: Grafiken visar att artrikedomen är större i delfigur II än delfigur I. C: Fördelningen är jämnare i delfigur I än i delfigur II. (Illustration: B. Alsanius)

Tabell 1. Översikt över utvalda metoder för att bedöma markens mikrobiella biomassa, aktivitet och funktion samt sjukdomsrelaterade egenskaper och ekosystem hälsa (Alsanius och Rosberg 2024)

Syfte	Metod	Kommentar
Biomassa	Direkträkning av mikrobiella celler eller strukturer	Mikroskopiskt analys där mikrobiella strukturer infärgas och räknas. <i>OBS! Stort antal av tillväxtparametrar måste beaktas. Mikroorganismer kan enbart delvis separeras från jordpartiklarna. Stor risk för analysfel! Morfologiska egenskaper baserad på mikroskopering ger ingen information om organismens funktion.</i>
	Bestämning av levande celltal (koloniformande enheter, CFU)	Extraktion av organismer följd av odling på semi-selektivt medium. <i>OBS! Enbart 1% av organismer kan odlas upp, vilket innebär en kraftig underskattning av biomassan. Väl av det semi-selektiva medium favoriserar vissa organismer, medan andra missgynnas.</i>
	ATP-halt	Test bygger på bioluminescens inducerad av luciferin och katalyserad av enzymet luciferas. Högt känslig metod. <i>OBS! Vissa markkomponenter kan hämma reaktionen (t.ex. huminsyror, NO<sup>3-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl)</i>
	Fumigation-inkubationsmetod	Mäter CO <sub>2</sub> -produktion. Kan användas i karbonatfria jordar. Inte lämpligt i jord med lågt pH (<4,5). <i>OBS! Metoden kan medföra otillfredställande resultat p.g.a. metodologiska och analytiska svårigheter.</i>
	Biomarkörer	t.ex. Fosfolipidfettsyreanalys (bakteriebiomassa), ergosterolanalys (svampbiomassa)
	Kvantifiering av totalhalt 16S resp. 18S rRNA eller cDNA	Molekylärbioologisk analys genom qPCR resp. ddPCR. <i>OBS! rRNA omfattar både döda och levande organismer, cDNA omfattar enbart levande.</i>
Biodiversitet	Identifiering av renodlade mikroorganismer	Förutsätter extraktion och renodling. Identifiering utifrån makroskopiska resp. bioekologiska egenskaper av renisolat eller molekylärbioologiskt genom sekvensering.
	Biomarkörer	Fosfolipidfettsyremönster. <i>OBS! Tolkning av resultaten kräver experthjälp.</i>
	Metagenomik	Extraktion av DNA (både döda och levande organismer) resp. cDNA (levande organismer) följd av t.ex. Illumina sekvensering. Olika sekvenseringsdjup kan väljas. <i>OBS! Ofta långa provsvartider. Tolkning av resultaten kräver experthjälp.</i>
	Community-level physiological profiling (CLPP)	Biokemisk metod genom kartläggning av mikroorganismernas användning av enskilda organiska kolkällor. Olika plattformar finns. <i>OBS! Tolkning av resultaten kräver experthjälp.</i>
Aktivitet	Hydrolys av fluorescein diacetat (FDA)	Spektrofotometrisk metod. Inkubationstid avgörande. <i>OBS! Felkällor genom markextraktens färg och adsorption av FDA eller fluorescein på lermineraller.</i>
	Substratinducerad andning (respiration)	Bygger på mikrobiotans förmåga att använda glukos. Mäter CO <sub>2</sub> -produktion per timme.
	ATP-halt	Se ovan. <i>OBS! Felkällor genom komplicerad kvantitativ extraktion av ATP ur marken. ATP-halt i celler är ej konstant.</i>
	Jordrespiration	Frilandsmetod. Mäter CO <sub>2</sub> -produktion. <i>OBS! Resultat beroende av ståndortens fysikaliska och kemiska betingelser. Felkällor genom i karbonathaltig mark.</i>
Mobilisering av näringsämnen	Litter-bag metod	Frilandsmetod. Mäter nedbrytning av växtmaterial (halm) genom viktörlust. <i>OBS! Viktigt att påsen med halm har god kontakt med jorden.</i>
	Enzymaktivitet	Analys av enzymer av betydelse för tillgängliggörande av kol, kväve, fosfor och svavel, t.ex. cellulasa, glukosidas, proteasa, ureasa, fosfatas.
	Microresp	Mäter CO <sub>2</sub> -produktion i närvaro av specifika organiska källor. Kombination av substrat-inducerad respiration och CLPP. Kan tillämpas också för prover med radioaktivt markerat kol.
	Life history traits	Olika metoder är under utveckling. T.ex. 1) Kvoten <i>r</i> - och <i>k</i> -strategier i jordprovet, d.v.s. utifrån organismers förmåga till effektiv användning av kolkällor. <i>OBS! Korrelation mellan mikrobiella taxa och användning av kolkällor svårt att generalisera.</i> 2) Molekylärbioologisk analys (shotgun sekvensering) av gener involverade i olika omsättningsprocesser. Mäter förekomst av gener som relativt abundans. <i>OBS! Metoderna har hittills testats på kontrasterande markbetingelser. Har potential, men behöver utvecklas för att kunna tillämpas i yrkesodling. Ej standardiserade än.</i>
Jordsjukdomar	Sjukdomsangrepp på odlad växtslag eller indikatorväxt	Makroskopiskt genom inspektion av symptom, följd av isolering och identifiering av sjukdomsalstraren (mikroskopiskt, rapid microbiology, serologiskt, molekylärbioologiskt)
	Suppressivitet	Biotest
		Indirekt genom sambandet mellan mikrobiell aktivitet, sjukdomsförekomst och sjukdomsangrepp
Ekosystemets hälsotillstånd	Biodiversitet	Se ovan under biodiversitet. Beräkning av alfa-, beta- och gamma-biodiversitet (se text och fig. 1). <i>OBS! Måste sättas i samband med halten organisk substans i marken, näringsbalansen samt markens bördighet. Störningar i systemet orsakad av odlingsåtgärder, klimateffekter etc. måste kvantifieras. Analys utifrån mikroorganismernas trofiska egenskaper kan åstadkommas amplikonsekvensering</i>

## Litteratur

Alsanius B.W. och Rosberg, A.K. (2024). *The riddle of soil microbial assessments in organic greenhouse horticulture*. *Acta Horticulturae* (in press).

Boehm, M.J., and Hoitink, H. (1992). *Sustenance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of Pythium root rot of Poinsettia*. *Phytopathology* 82, 259-264.

EU Parliament, och Council, E. (2018). *REGULATION (EU) 2018/848 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007*. *Official Journal of the European Union* L150, 1-96.

---

## Författare

### Beatrix Alsanius

Professor

Institutionen för biosystem och teknologi, SLU

[beatrix.alsanius@slu.se](mailto:beatrix.alsanius@slu.se)

0000-0001-6300-2829

### Anna Karin Rosberg

Universitetslektor

Institutionen för biosystem och teknologi, SLU

[anna.karin.rosberg@slu.se](mailto:anna.karin.rosberg@slu.se)

0000-0002-4851-7354

### Malin Hultberg

Universitetslektor

Institutionen för biosystem och teknologi, SLU

[malin.hultberg@slu.se](mailto:malin.hultberg@slu.se)

0000-0001-7634-6102



### Namn faktablad

**Ansvarig utgivare:** Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV), Sveriges lantbruksuniversitet, 2024. **Layout:** Grafisk service Alnarp.



© Beatrix Alsanius, Malin Hultberg, Anna Karin Rosberg

