



## Markens mikrobielle samfund

– diversitet og funktioner



Kontakt  
Tove M. Pedersen

[tove@icoel.dk](mailto:tove@icoel.dk), tlf. 4025 6333

STØTTET AF

**Promille**afgiftsfonden for landbrug



## Konklusion

Den mikrobielle diversitet og funktion i agerjord påvirkes af en kompleks kombination af jordtype, dyrkningssystem og næringsstoffilgængelighed. Økologiske marker har i datasættet vist tendens til højere svampediversitet men lavere bakteriediversitet, mens kvælstofrelaterede processer varierer afhængigt af jordens tekstur og reaktionstal. Resultaterne understreger vigtigheden af organisk materiale og næringsstoffer som centrale faktorer for mikrobiel diversitet og funktion i landbrugsjord. Yderligere analyser er nødvendige for at forstå de langsigtede effekter af forskellige dyrkningsmetoder på jordens mikrobielle samfund og deres funktioner.

## Introduktion

Mikrobielle samfund i dyrkningsjorden spiller en afgørende rolle for bl.a. næringsstofkredsløb og jordstruktur, og har en stor indvirkning på planternes vækstbetingelser.

I denne artikel præsenteres udvalgte resultater fra en analyse af mikrobiel diversitet og funktionelle processer i 102 konventionelle og økologiske marker geografisk fordelt i Danmark.

Ved indsamlingen af jordprøver fra de 102 marker har der været fokus på dyrkningsjorden som helhed og ikke kun det direkte samspil mellem planter og rødder.

## Materialer og metoder

Prøverne er udtaget i oktober i repræsentative jordprofiler med mindst 16 stik ned til 20 cm dybde. Jordprøverne er analyseret for mikrobielt DNA (amplicon ITS+rRNA og metagenom analyser), næringsstoffer, organisk stof, lerindhold og reaktionstal.

### Spørgeskema og overordnet vurdering

Samtidig er der via spørgeskemaer indsamlet dyrkningsdata for de seneste 3 år, herunder oplysninger om driftsform, afgrøder og efterafgrøder, jordbearbejdning, gødskning, kalkning, halmhåndtering mv. Som supplement til ovenstående data er regnormetilstand, jordstruktur, dræningstilstand mv. vurderet overordnet af en rådgiver i samarbejde med landmanden. Der er desuden indsamlet lokale data om nedbør, temperatur og tørkeindeks.

### Baggrund for analyser

Analysen omfatter lige dele økologiske og konventionelle marker, der er vurderet til JB1-2 og JB 5-7. Økologiske marker er opdelt i enårige afgrøder og kløvergræsmarker, og konventionelle i marker med traditionel pløjning og pløjefri marker. Prøverne er udtaget over tre år, og de klimatiske forhold har en indvirkning på data de enkelte år.

Der er lavet en omfattende statistisk analyse af mikrobiologien koblet til dyrkningspraksis samt de fysiske, kemiske og biologiske forhold i jorden.

Resultaterne herunder skal tages med forbehold for usikkerheder og mulighed for fejlfortolkning i de statistiske analyser.

### Diversitetsanalyser

Mikrobiel diversitet kan beregnes på en række forskellige måder, som hver især beskriver forskellige aspekter af diversiteten. Der er på dette datasæt lavet forskellige diversitetsanalyser af både den såkaldte alfa- og betadiversitet. Et af målene for diversitet er Shannon diversitet, som tager højde for det, der bedst beskrives med de engelske ord "evenness og richness". Der er brugt en machine learning

metode (random forest) til at undersøge Shannon diversiteten. Random forest metoden siger noget om, hvilke variable der er de vigtigste til at forudsige diversiteten.

Først ses på hvilke variable, som grupperer data i højst to grupper – f.eks. JB-gruppe, økologisk/konventionel eller med/uden husdyrgødning. Herefter bruges random forest metoden til at identificere de faktorer, der bedst kan forudsige diversiteten – først på hele datasættet og derefter på de hovedgrupperinger, der viser signifikante forskelle. Der bruges et mål, der hedder % IncMSE = Percentage increase in Mean Squared Error.

## Resultater og diskussion

### Diversitet af svampe

Undersøgelsen viser, at der ikke er signifikant forskel på svampediversiteten mellem sand- og lerjord, men en tendens til højere diversitet i økologiske marker og lavere diversitet i marker med tilførsel af husdyrgødning. De vigtigste faktorer til at forudsige svampediversiteten på tværs af alle prøver er jordens kaliumindhold, indhold af organisk materiale og antal år siden sidste pløjning, de vigtigste faktorer kan dog tilsammen kun forklare 2 procent af variansen. Og hvis et næringsstof er begrænsende, kan det påvirke sammensætningen af de mikrobielle samfund. Ved en underopdeling i konventionelle og økologiske marker, er kalium den mest betydende faktor i konventionelle marker (forklarer 11,7 % af variansen), mens kvælstof og lerprocent har størst betydning i økologiske marker, men forklarer kun en meget lille del af variansen, 0,3 %. Af de faktorer, som kunne forudsige diversitet på tværs af alle prøver, er indholdet af organisk materiale stadig en væsentlig faktor i analysen af både konventionelle og økologiske marker, og for de konventionelle marker har det også betydning, om marken er drevet efter conservation agriculture principper. Dog skal det siges, at kun ganske få af markerne er drevet efter disse principper.

### Diversitet af bakterier

Diversiteten af bakterier viser en tendens til at være højere i lerjord end i sandjord. Økologiske marker har generelt tendens til lavere bakteriediversitet end konventionelle marker, ligesom der også er en tendens til, at brugen af husdyrgødning er forbundet med lavere bakteriediversitet. De vigtigste faktorer til at forudsige bakteriediversiteten for alle prøverne er indhold af magnesium, kobber, brug af hande/gødning og økologisk/konventionel, men kun 2,3 % af variansen kan forklares. Når markerne opdeles i konventionelle og økologiske, er de mest betydende faktorer henholdsvis lerindhold, kalium og kvælstofprocent (forklarende 11,2 % af variansen) i konventionelle marker og magnesium, lerindhold og kvælstofprocent i økologiske marker (forklarende 6,9 % af variansen).

### Funktionelle analyser

På lignende vis er der lavet undersøgelser af forskellige funktioner i datasættet. Der er udvalgt bestemte gener og nøgleprocesser i jorden, som specifikke gener eller komplekser af gener koder for. For hver proces er det undersøgt, hvordan de associerer med forskellige dyrkningsforhold. Der er, ligesom for diversitetsanalyserne, først lavet en gruppering, for at undersøge om der er grupperinger, der adskiller sig signifikant. Herefter er der for hele datasættet undersøgt hvilke faktorer, der bedst kan forudsige niveauet af de enkelte processer/funktioner. Og herefter i eventuelle undergrupperinger, hvis nogen af dem er signifikante. Analyser af mikrobielle gener viser forskelle i kvælstoffiksering, kvælstofudnyttelse og knolddannelse mellem sand- og lerjord.

#### *Kvælstoffiksering*

Kvælstoffiksering var mest udbredt i sandjord, hvilket sandsynligvis skyldes en bedre iltning, som fremmer aerobe kvælstoffikserende bakterier. Lerindholdet var her den vigtigste faktor til at forudsige kvælstoffikseringen, men forklarer kun en meget lille del af variansen. Opdelers man efter JB-grupper, så kan 6,5 % af variansen på sandjorden forklares, og de vigtigste faktorer er her magnesiumindhold,

lerindhold, og om der er pløjet. Magnesium har forskellige roller i bakterier og planter, som kan have betydning for de pågældende processer.

#### *Knolddannelse*

Knolddannelse (rodknolde) er mest udbredt i lerjord. Idet prøverne ikke er taget på rødder men i jorden, må man gå ud fra, at analysen også afspejler fritlevende kvælstoffikserende bakterier, som har nodulationsgenet. De vigtigste faktorer for knolddannelse er reaktionstal, lerindhold og JB-nummer, hvor reaktionstallet er meget betydende. De vigtigste faktorer forklarer her 39,7 % af variansen. Reaktionstallet har en væsentlig betydning for kvælstoffikserende bakterier, og ved lave værdier, kan væksten blive hæmmet. Når der laves en opdeling i JB-grupper, er reaktionstallet stadig det mest væsentlige til at forudsige variansen i begge grupper. På sandjord havde gødningstype og kvælstofprocent også en indflydelse, og de vigtigste faktorer forklarer 9,5 % af variansen. På lerjord er kvælstofprocent og antal år siden sidste pløjning også af betydning og kan sammen med reaktionstallet forklare 39,2 % af variansen. Når der laves en underinddeling af de økologiske marker i kløvergræs i tre år og øvrige, ser man ingen forskel på sandjorden, mens der på lerjorden ses et signifikant højere niveau af knolddannelse i kløvergræsmarkerne. På sandjorde er det kun lerindholdet, som er vigtigt. På lerjorde er knolddannelsen højere, når der er husdyr og/eller tildeles husdyrgødning, og der er også en sammenhæng til kvælstofprocent, indhold af organisk materiale, antal år siden pløjning og en positiv korrelation til reaktionstal.

#### *Kvælstofudnyttelse*

Kvælstofudnyttelse er et større kompleks af gener, og her har reaktionstal, lerindhold og JB-gruppe en stor betydning, når man kigger på alle prøver. Økologi/konventionel drift har også en væsentlig betydning her, selvom der ikke var signifikante forskelle ved gruppering af økologiske og konventionelle marker. Dette kunne tyde på, at driftsformen har en betydning, men i kombination med andre forhold. Reaktionstallet påvirker tilgængelighed og aktivitet af mikroorganismer, så derfor giver det mening, at dette påvirker kvælstofudnyttelsen. De vigtigste faktorer kan forklare 18,8 % af variansen. Når man laver en opdeling på JB-grupper, kan kun en meget lille del af variansen forklares på sandjordene med reaktionstallet som den vigtigste, og på lerjordene kan 12,3 % af variansen forklares med økologisk produktion som den vigtigste, efterfulgt af handelsgødning og reaktionstal.

#### *Denitrifikation*

Denitrifikationsraten varierer betydeligt mindre efter jordtyper end de øvrige processer. Der ses en tendens til højere denitrifikation, når der er anvendt husdyrgødning. For alle marker er den mest betydende faktor kaliumindhold og indhold af organisk stof. De vigtigste faktorer kan tilsammen forklare 4,7 % af variansen. Opdeles efter JB-grupper, er de mest betydende faktorer på lerjord kobberindhold, husdyrgødning og organisk materiale, som samlet kan forklare 17,9 % af variansen. På sandjord er kalium og reaktionstal de vigtigste og kan forklare 7,1 % af variansen.

#### **De 20 vigtigste gener**

Ved at analysere de 20 gener, som den anvendte model finder vigtigst for de mikrobielle samfund, kan JB-gruppe forudsiges med 94 % præcision. Dette understøtter hypotesen om, at bestemte mikrobielle funktioner er knyttet til specifikke jordtyper. For konventionelle og økologiske marker kan vi skelne mellem dyrkningssystemerne med 81 % præcision, hvilket sandsynligvis afspejler forskelle i jordbearbejdning og næringsstoffilgængelighed. Derudover kunne generne anvendes til at differentiere mellem økologiske kløvergræsmarker og enårige afgrøder med 77 % præcision, hvor niveauet af genet, som koder for enzymet acyl-desaturase, er forhøjet i kløvergræsmarker. I konventionelle marker kan pløjning/pløjefri dyrkning forudsiges med 88 % præcision. Her er et gen, der koder for et enzym, der er involveret i omsætning af organisk stof, signifikant højere i pløjefri marker. Det indikerer en større mikrobiel aktivitet relateret til nedbrydning af plantemateriale.