

Planter er koloniseret med mikroorganismer - både på blade og rødder samt inde i plantecellerne. Kollektivt kaldes disse planteassocierede mikroorganismer - der omfatter både bakterier, svampe, protister og virus - for plantens mikrobiom.

# Mikrobiomer - samspil og interaktioner

Der er en sammenhæng mellem en plantes mikrobiom og dens vækst, sundhed og udbytte. Planten kan ses som en del af en metaorganisme

Interaktion mellem planter og mikroorganismer rækker langt tilbage, og mutualismen mellem planter og fx mykorrhiza menes at have spillet en væsentlig rolle i planternes etablering på landjorden, og samspillet har været med til at forme udviklingen af planter.

Planter er koloniseret med mikroorganismer - både på blade og rødder samt inde i plantecellerne. Forskning har vist, at planter har op til  $10^8$  bakterier pr. gram blad, og omkring rødderne findes op til  $10^9$  bakterier og op til  $10^6$  svampeceller pr. gram jord. Kollektivt kaldes disse planteassocierede mikroorganismer, der omfatter både bakterier, svampe, protister og virus, for plantens mikrobiom.

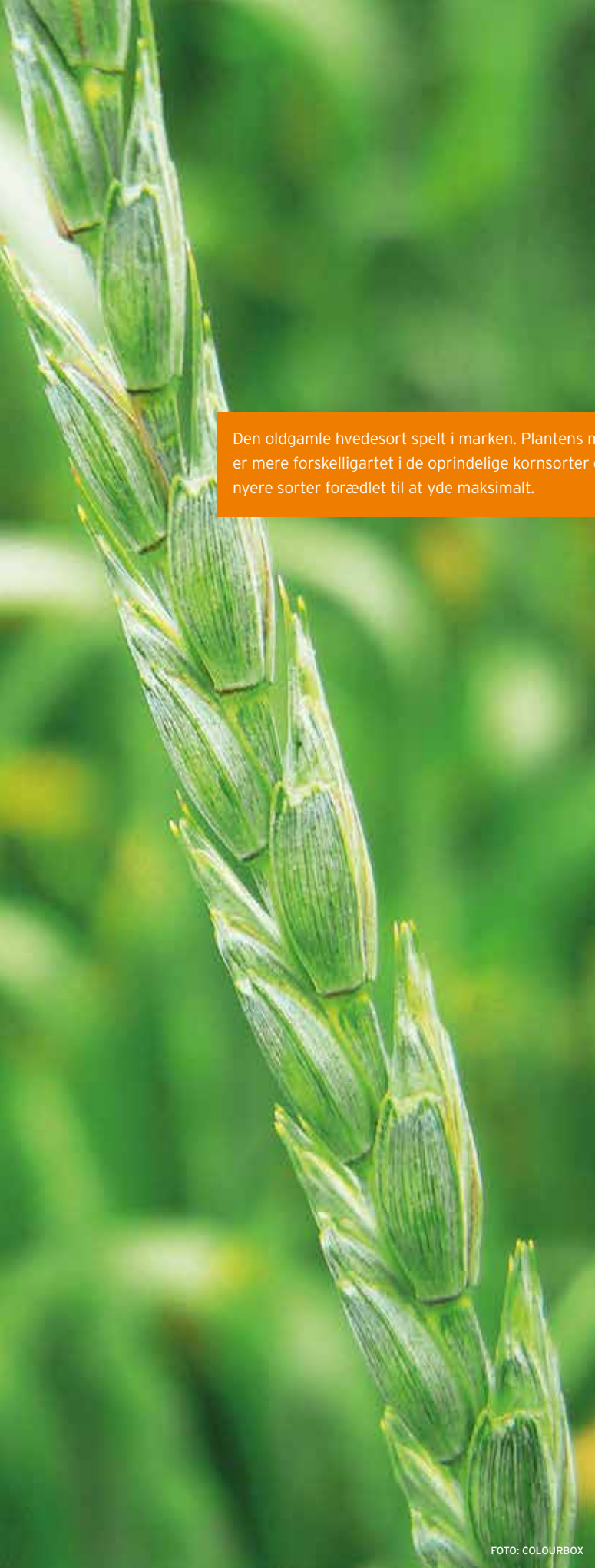
Mikrobiomet er ofte umuligt at adskille fra planten, og nyere forskning foreslår derfor at se på planten og dens tilhørende mikrobiom som en metaorganis-

me, eller en »holobiont«. Forskning har vist, at der er en sammenhæng mellem en plantes mikrobiom og plantens vækst, sundhed og udbytte. Specielt rodens mikrobiom er dynamisk og meget artsrigt i forhold til andre plantedeles mikrobiom, og netop interaktionen mellem plantens rødder og det mikrobielle samfund, der knytter sig til rødderne, får i disse år væsentlig opmærksomhed.

Samspillet mellem biodiversitet, planten som holobiont, og dyrkningspraksis er direkte fokus for et af de programmer, som EU udbyder lige nu under Horizon 2020 der frit oversat lyder: »Små organismer, stor effekt på planter - interaktioner mellem jordens biodiversitet og planter«.

## Mikrobiel diversitet ved rødder

Den taksonomiske diversitet omkring plantens rød- ➤



Den oldgamle hvedesort spelt i marken. Plantens mikrobiom er mere forskelligartet i de oprindelige kornsorter end i nyere sorter forædlet til at yde maksimalt.

der har været studeret intenst gennem det sidste årti efter udviklingen af molekylære metoder, der kan se på hele den taksonomiske diversitet i en prøve på en gang. Disse studier har vist, at sammensætningen af mikrobiomet omkring rødderne er forskelligt fra den omgivende jord. Derudover ser man, at den mikrobielle artsrigdom omkring rødderne er kraftigt reduceret i forhold til den artsrigdom, man finder ude i den omgivende jord, og at organismer fra slægterne *Pseudomonas*, *Burkholderia* og *Bacillus* ofte er overrepræsenterede i rod mikrobiomet.

Mange organismer fra disse slægter er forbundet med plantegavnige funktioner. Baseret på disse metoder er det også blevet klart, at plantearten har stor indvirkning på, hvilke mikroorganismer der tiltrækkes i rodzonen, og at det rod mikrobiom, en given plante rekrutterer fra den omgivende jord, har en direkte effekt på plantens evne til at modstå ikke-favorable forhold som fx næringsstofmangel, tørke, saltstress og metaltoksicitet. Forskning har vist, at plantens mikrobiom er mere forskelligartet i de oprindelige kornsorter end i nyere sorter forædlet til at yde maksimalt, samt at en større diversitet af planter i et givent område øger diversiteten af den enkelte plantes mikrobiom.

Yderligere er den mikrobielle sammensætning i rodzonen afhængig af jordens beskaffenhed samt den bearbejdning og det gødningsregime, som bruges.

### Planter kan bede om hjælp

Fra plantefysiologiske studier ved man, at roden udskiller sukre, aminosyrer, fedtsyrer og mange andre mindre molekyler - fx antimikrobielle stoffer. Hvilke kulstofkilder, en given plante udskiller, er afhængig af, hvilken sort det er, og ændrer sig som respons på både plantens alder, tilstand og miljømæssige faktorer.

Den specifikke sammensætning af stoffer, som en plante udskiller, er en væsentlig faktor for sammensætningen af det mikrobielle miljø omkring rødderne. Denne kemiske kommunikation er en væsentlig del af at forme det mikrobielle samfund omkring rødderne, og der forskes i disse år intenst i at forstå denne kommunikation.

Undersøgelser har for eksempel indikeret, at planter »skrider på hjælp« ved at ændre deres sammensætningen af de stoffer, de udskiller fra rødderne, når de udsættes for ikke-favorable vækstbetingelser eller sygdomsangreb, og derved tiltrækker planten bestemte gavnige mikroorganismer.

Det er dog ikke kun planterne, som påvirker det mikrobielle samfund. Mikroorganismene udsender



## Der er et enormt potentiale i at udnytte naturlige interaktioner som erstatning eller supplement til den kemisk baserede gødnings- og bekæmpelsespraksis

også stoffer, som dels påvirker andre medlemmer af det mikrobielle samfund, men i lige så høj grad planten. Sidst, men ikke mindst formes det mikrobielle samfund omkring rødderne af »græssere«, der lever af at spise mindre organismer i et komplekst samspil med de oven for nævnte mekanismer.

Abiotiske faktorer påvirker også den mikrobielle diversitet omkring rødderne. Agronomiske managementstrategier såsom spredning af husdyrgødning påvirker også sammensætningen af plantens mikrobiom.

Det er dog ikke kun den taksonomiske diversitet af plantens mikrobiom, der er af betydning. Den funktionelle diversitet inddrages i stigende grad i undersøgelse af plantens mikrobiom. Den funktionelle diversitet siger noget om, hvilke funktioner der findes i mikrobiomet og altså ikke kun, hvem der er tilstede, men også hvad deres potentiale er for at udføre specifikke plantegavnige funktioner.

### Ressource for fremtidens planteproduktion?

Planternes manglende evne til at flytte sig hen, hvor der er bedre forhold, gør dem sårbare over for sygdomsangreb eller andre miljøfaktorer, der påvirker plantens vækst og ydeevne. Det mikrobielle samfund ses derfor ofte som et reservoir af additive funktioner, der øger plantens evne til at tilpasse sig og yde maksimalt. Der er derfor stort fokus på at sammenkæde planters biologi og funktion med den mikrobielle økologi.

Hvis vi kan forstå dette samspil i større detaljer og hvilke faktorer, der driver udviklingen af plante mikrobiomet under forskellige miljømæssige forhold, er ønsket at bruge denne viden til at manipulere mikrobiomet i en retning, hvor man under de givne betingelser får planten til at rekrutterede netop det mikrobiom, som vil understøtte optimal vækst.

Fx vil det være optimalt at rekruttere et mikrobiom, som understøtter fosfertilgængeligheden i et miljø, hvor fosfat er svært tilgængeligt.

### Naturlige interaktioner som erstatning for kemi

Der er et enormt potentiale i at udnytte disse naturlige interaktioner i moderne landbrug som erstatning eller supplement til den etablerede, kemisk baserede gødnings- og bekæmpelsespraksis. I de

seneste år har der derfor været øget fokus på strategier til at manipulere mikrobiomet på en måde, der understøtter optimal vækst af planten via de gavnlige funktioner, som mikrobiomet kan bidrage med.

De funktioner, man hovedsageligt prøver at influere, er produktion af plantehormoner, der stimulerer plantens vækst, øgning af næringsoptaget i planten samt kontrol af sygdomsfremkaldende svampe og bakterier via induktion af plantens naturlige forsvar samt mikrobiel produktion af cellevægsnedbrydende enzymer, signalstoffer eller antibiotika.

De mest lovende strategier er:

- At bejdse frø med gavnlige mikroorganismer, som derved får en fordel i forhold til at kolonisere planten ved spiring, og
- At påvirke det naturlige mikrobiom gennem specifikke dyrkningsregimer eller
- Via planteforædling, der leder til udskillelse af specifikke kulstofkilder fra rødderne og dermed tiltrækker et specifikt gavnligt mikrobiom

Disse strategier afhænger af en meget fin justering af holobionten og dens respons til det omgivende miljø. Under komplekse forhold i jorden er det ofte ikke nemt at styre det omgivende miljø, så den ønskede funktion af holobionten udtrykkes.

Det meget komplekse samspil mellem plante, mikroorganismer og miljø gør det yderligere svært at påpege, hvilke organismer det præcist er, man ønsker at fremme, og en af de største udfordringer er lige nu præcist at kunne sammenkæde viden omkring jordens mikrobielle diversitet med morfologi og fysiologi i rødderne for optimal vækst af planten.

Så til trods for at plantens mikrobiom rummer stort potentiale for at understøtte øget plantevækst med formindsket brug af pesticider og gødning, er det dog stadig en stor udfordring at få produkter med høj reproducerbarhed i marken, og over en større gradient af miljøfaktorer.

Den store forskningsmæssige indsats på tværs af plante forædling, agronomi samt mikrobiologi vil i de kommende år vise, om vi formår at udnytte dette potentiale optimalt.

*Cand.scient., ph.d. Mette Haubjerg Nicolaisen er ansat som lektor ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU.*