

KAN VI FORÆDLE PLANTER SOM UDNYTTER MIKROBIOMET BEDRE?

MOGENS NICOLAISEN, AGROØKOLOGI, AU FLAKKEBJERG



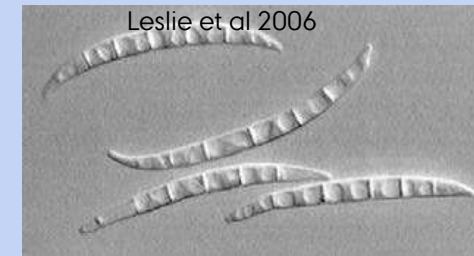
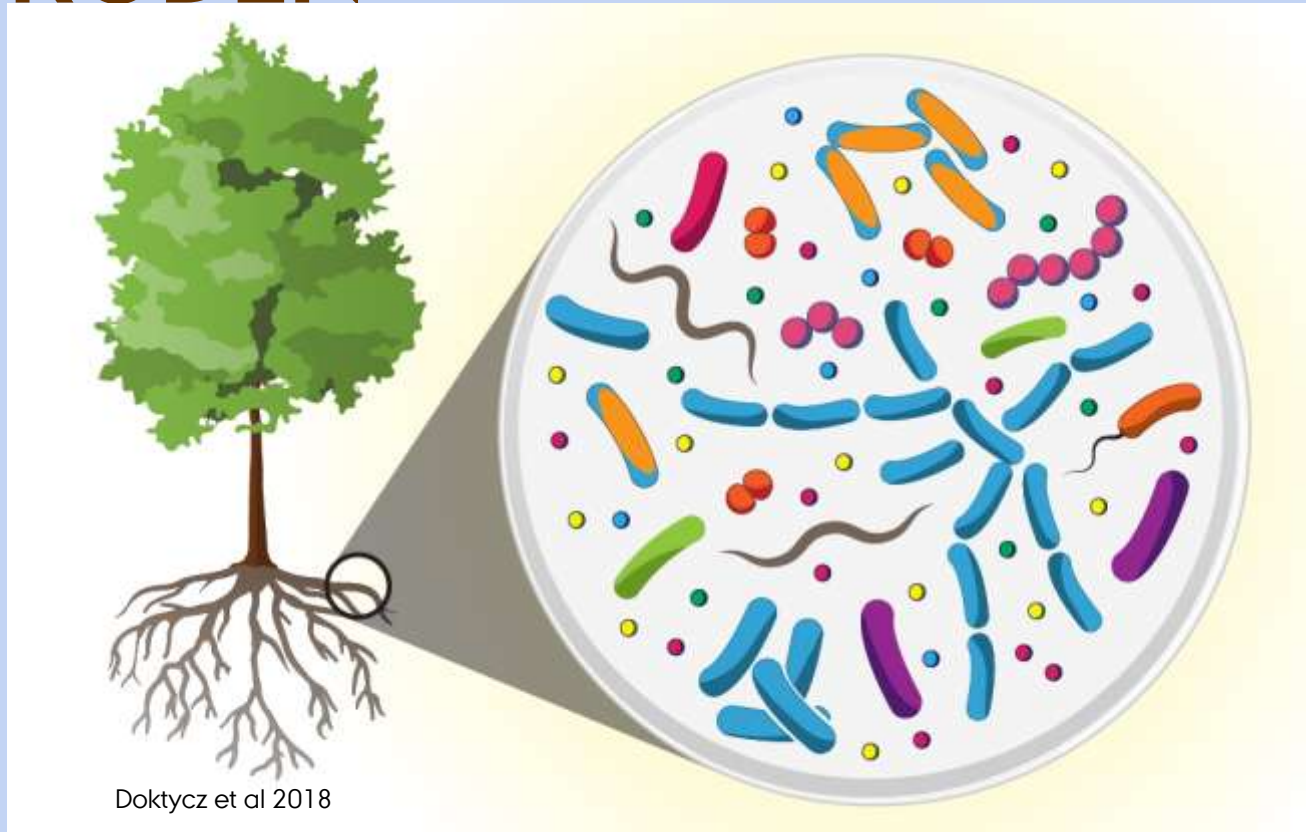
DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

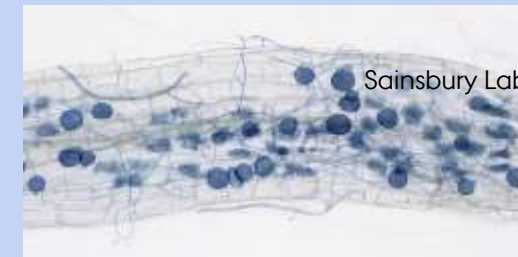
PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR

‘RODMIKROBIOMET’ ER ALLE DE MIKROORGANISMER SOM LEVER OMKRING RODEN



Patogener: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Verticillium*



Symbionter: mycorrhiza, *Rhizobium*

> 1000 dårligt beskrevne organismer



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



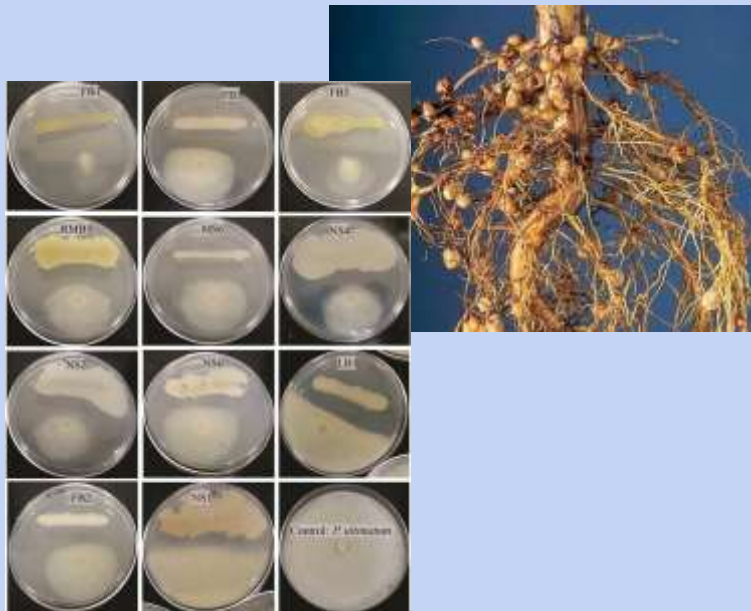
HAR PLANTER GAVN AF MIKROBERNE?

Planten 'investerer' i mikrober – 10-30% af plantens produktion bliver udskilt i jorden

Antagonister

Mycorrhiza

Rhizobium



Tørke

+Massilia



>1000 dårligt beskrevne organismer???



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

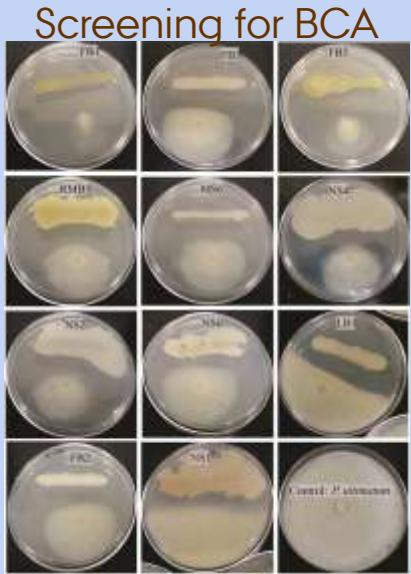
AARHUS UNIVERSITY

PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

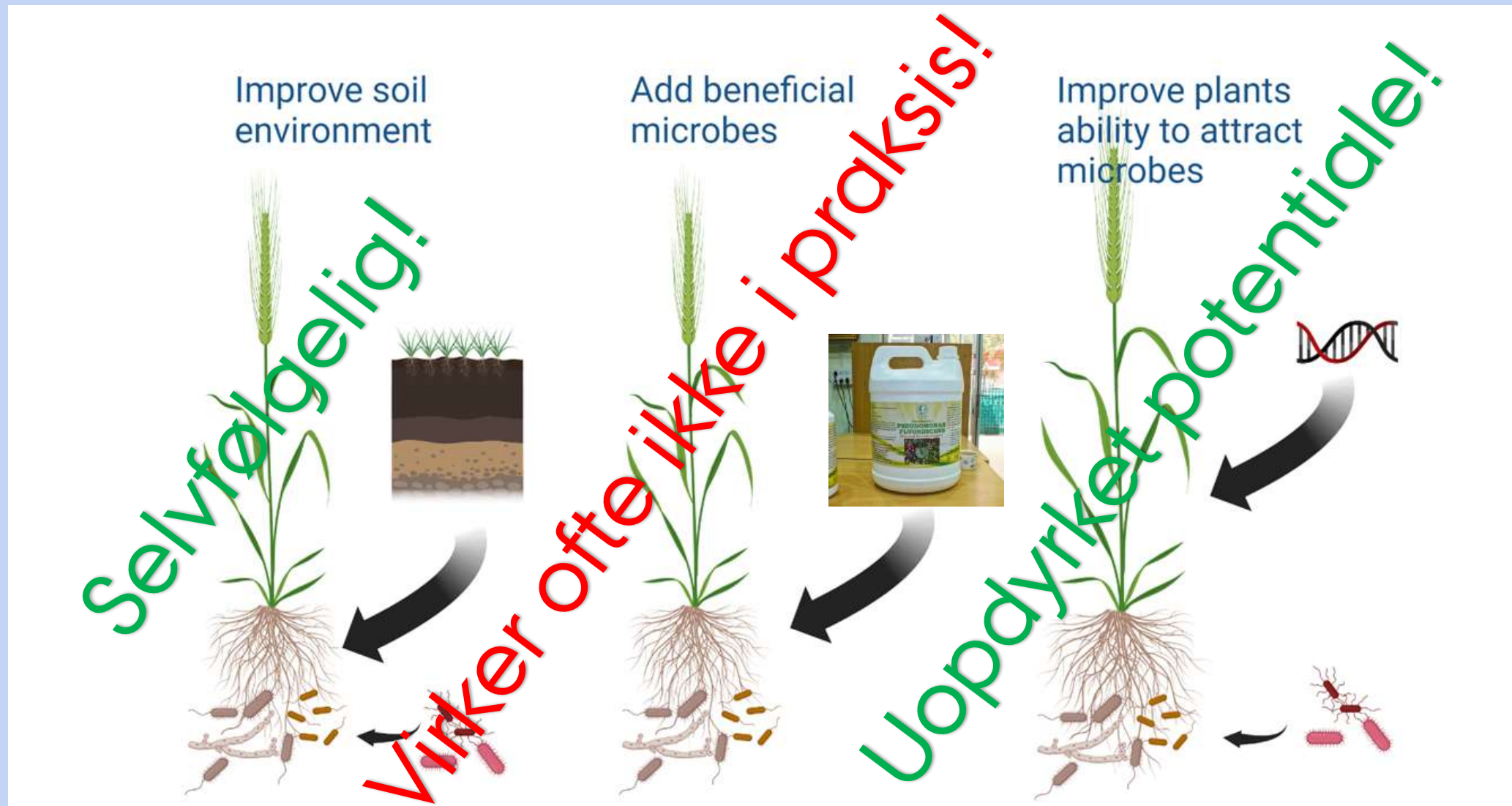
MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



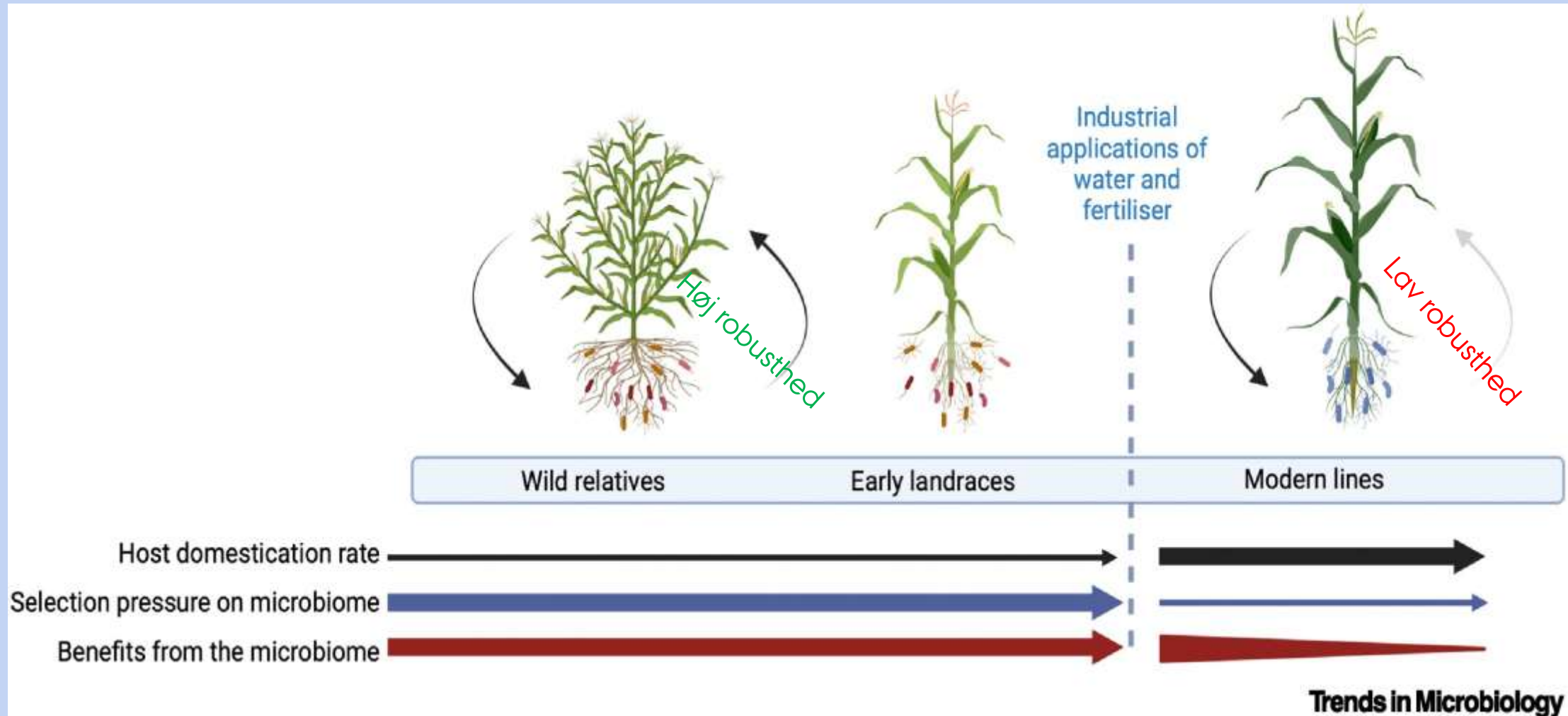
HVORDAN UDNYTTER VI MIKROBERNES GAVNLIGE VIRKNINGER?



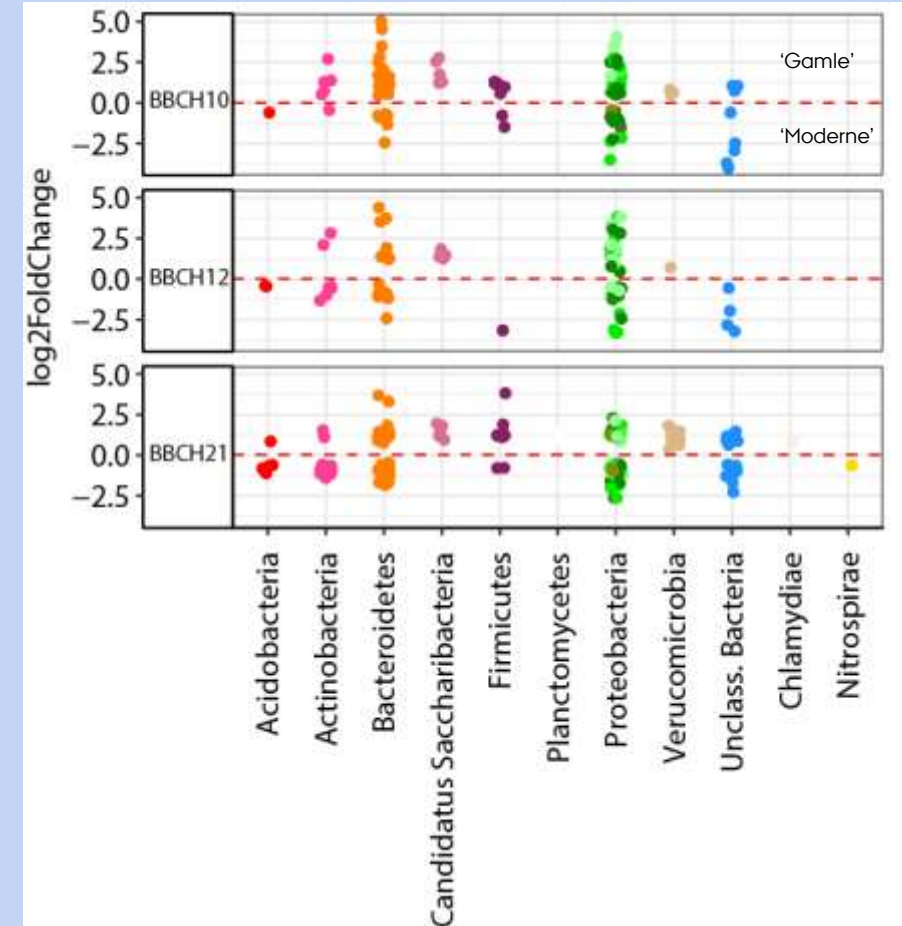
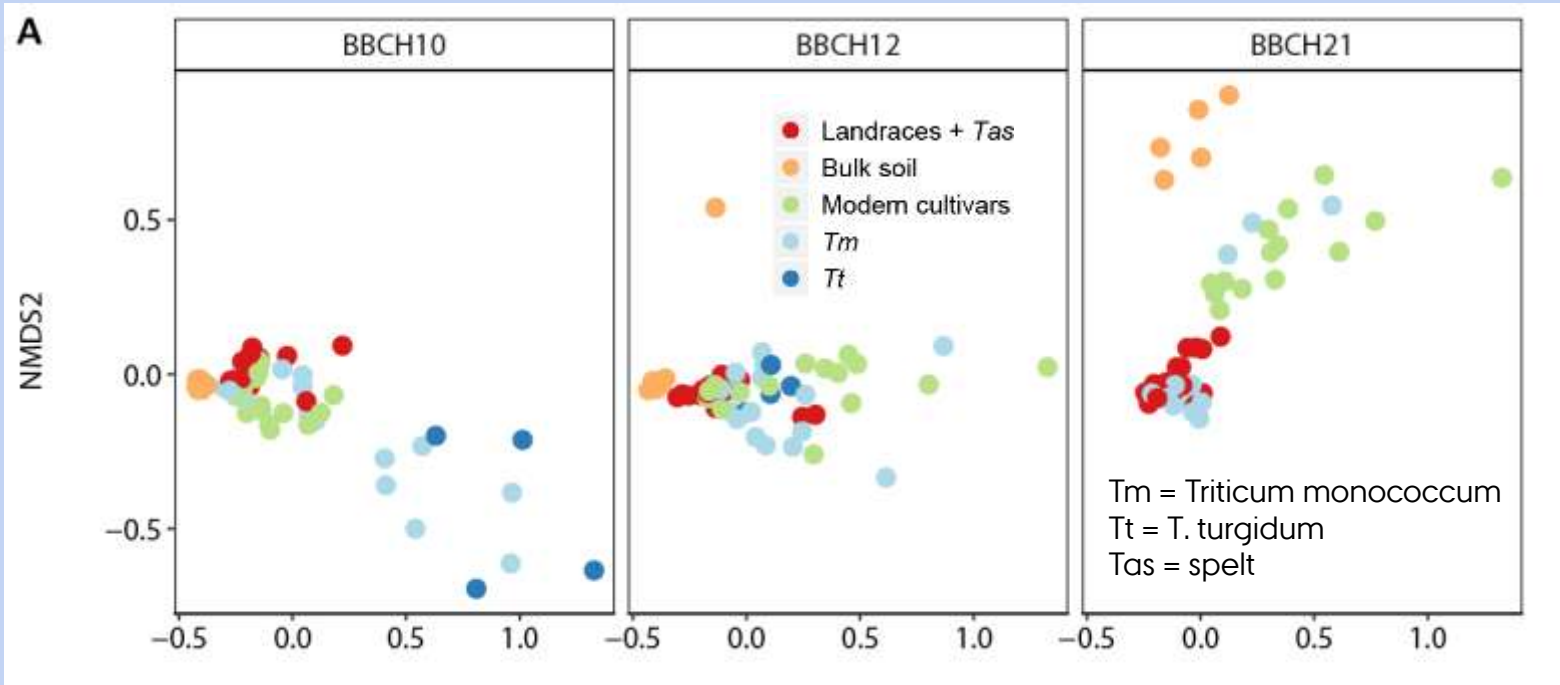
3 STRATEGIER TIL AT UDNYTTE MIKROBER



Genetisk materiale fra 'gamle' sorter kan give bedre plante-mikrobiom samarbejde



BAKTERIER I RØDDER AF NYE OG GAMLE HVEDETYPER



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

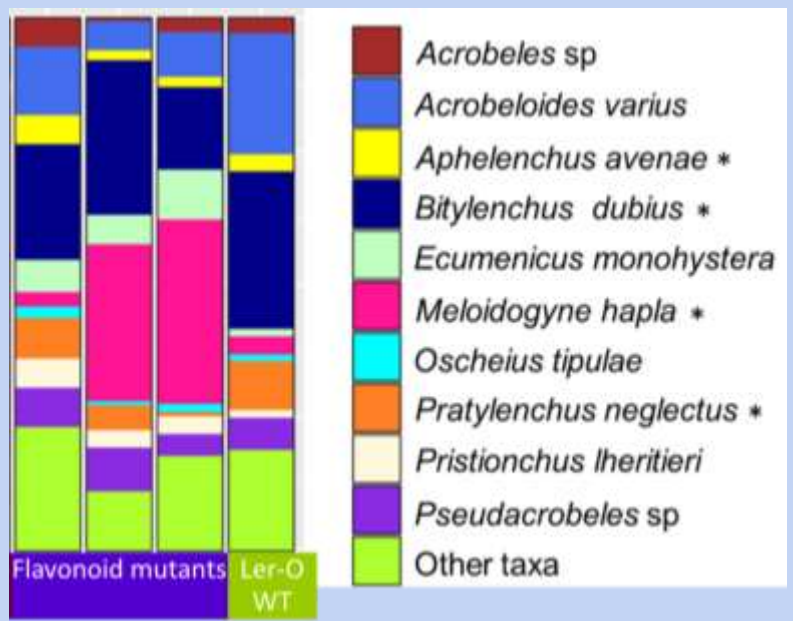
PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



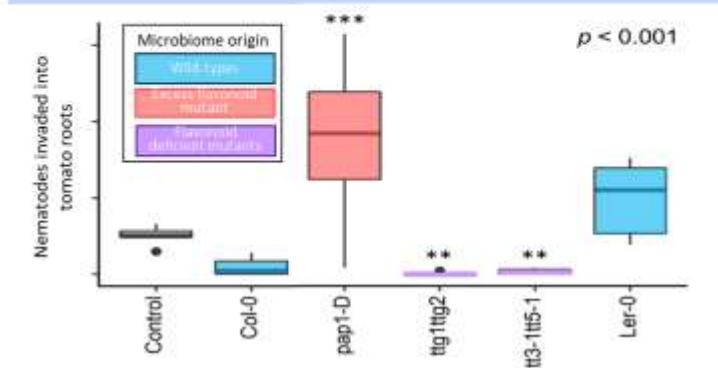
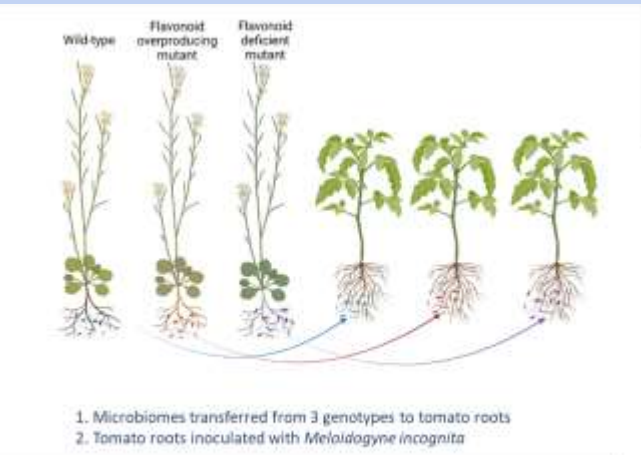
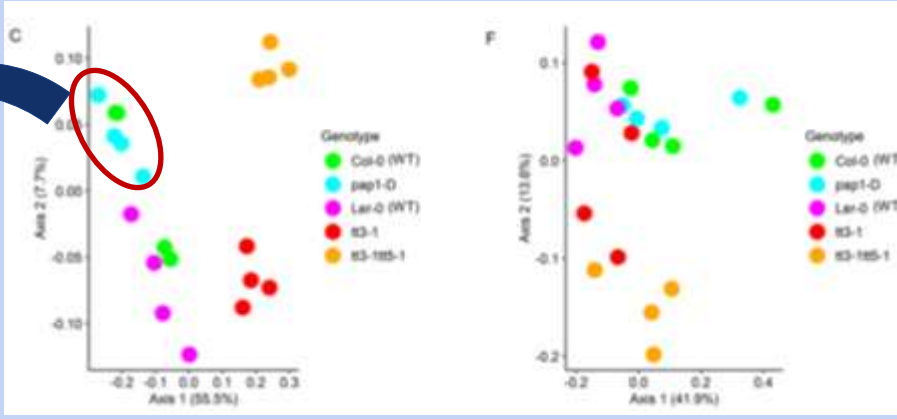
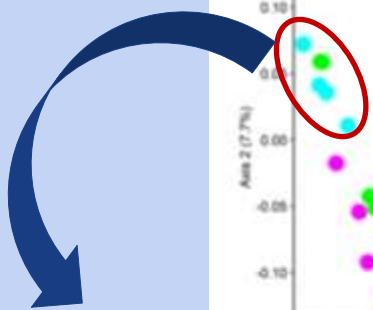
HVORDAN PÅVIRKER PLANTENS GENOM MIKROBIOMET?

Bakterier Svampe



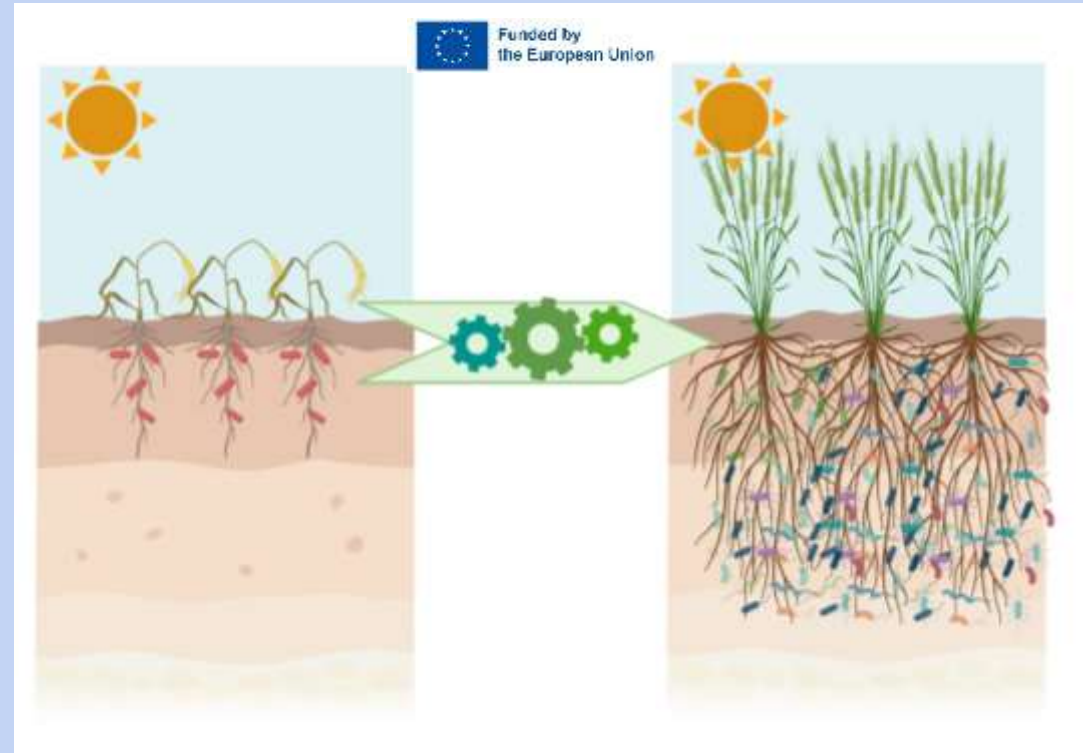
Overproducer pap1-D
Under producer tt3-1
Under producer tt3-tt5-1

Flavonoid-mutanter



BarleyMicroBreed:

Plante-medieret mikrobiom-manipulation for bedre tørketolerance



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

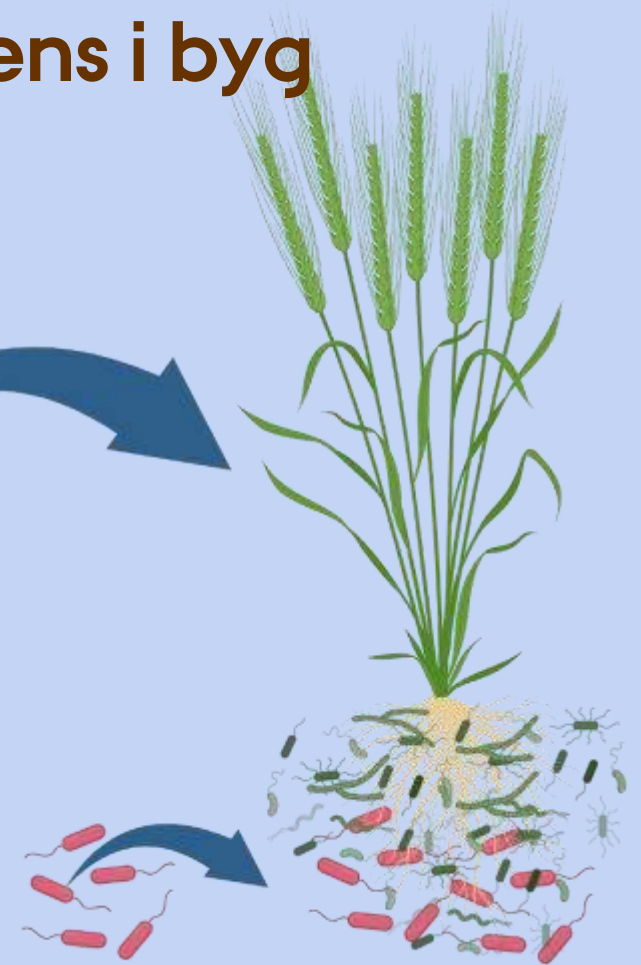
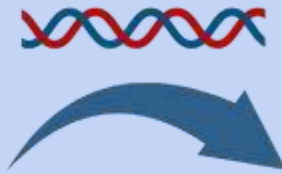
PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



BarleyMicroBreed- et EU project: Strategier til mikrobiom-assisteret tørkeresiliens i byg

Find gener i byg som
styrer mikrobiomet og
som giver højere
tørketolerance



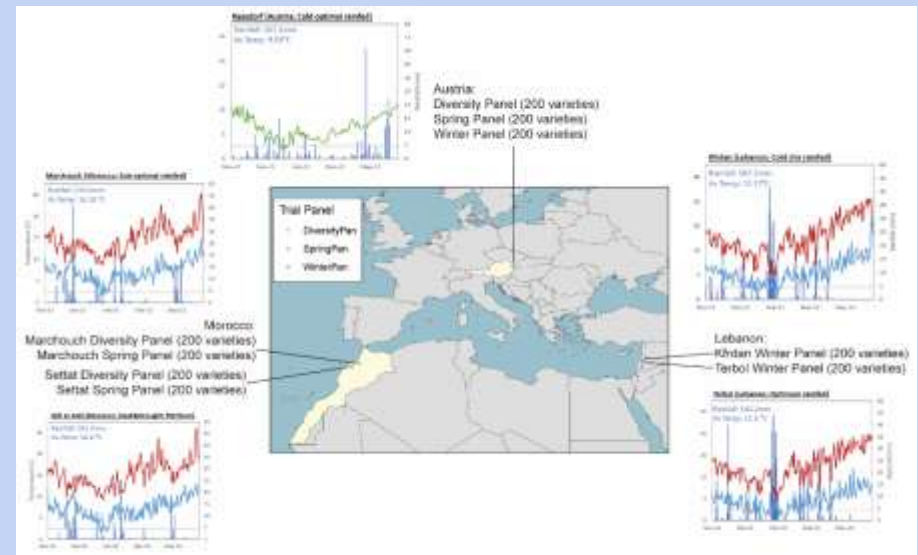
Kryds mikrobiom-
gener ind i moderne
byg

Ny modstandsdygtige
byg-linier



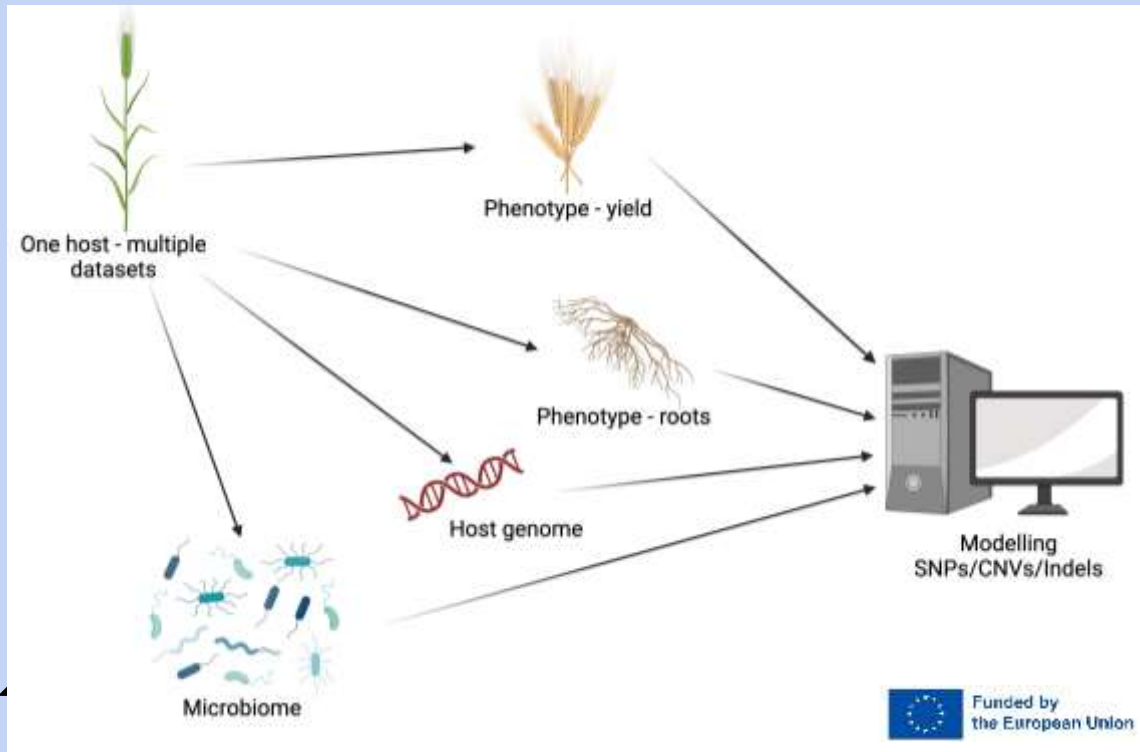


Spring panel (200 varieties) (Austria and Morocco)
Winter panel (200 varieties) (Austria and Lebanon)
Diversity panel (200 varieties) (Austria and Morocco)



Identifikation af mikrobiom/tørke gener i byg

- 10,800 rodprøver (54,000 enkeltrødder) analyseres for bakterier og svampe
- Genomsekventering af 50 barley linier, 50k SNP data >400 linier
- Massiv fænotypning under og over jorden
- Data integration – byg genom – mikrobiom – fænotype, herunder tørkerespons



Effekten af bygs genetiske afstand på mikrobiomet

Bakterier

Svampe



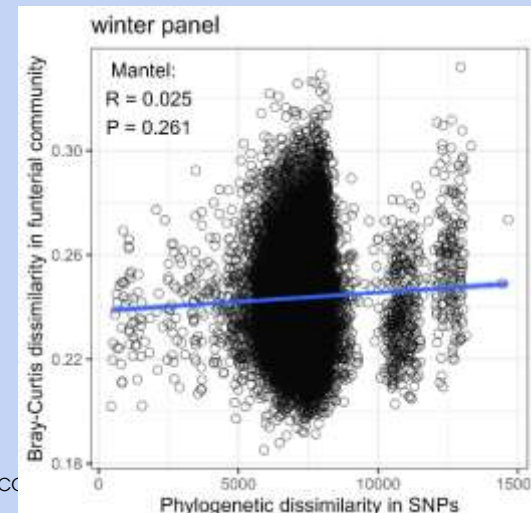
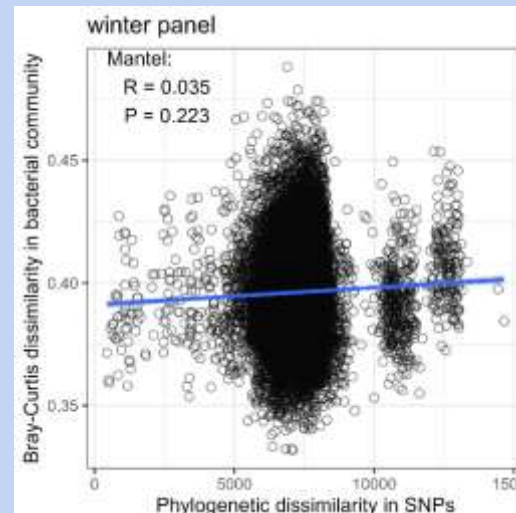
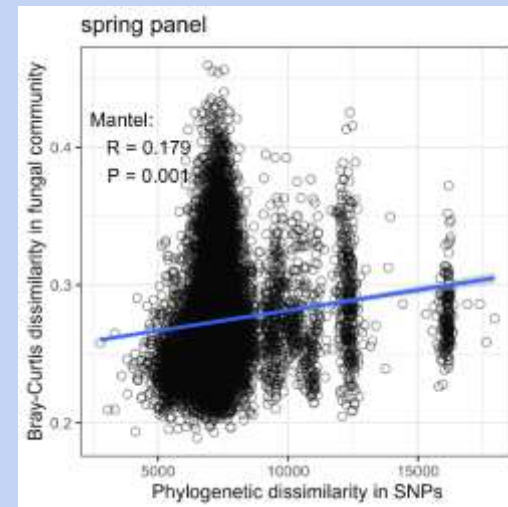
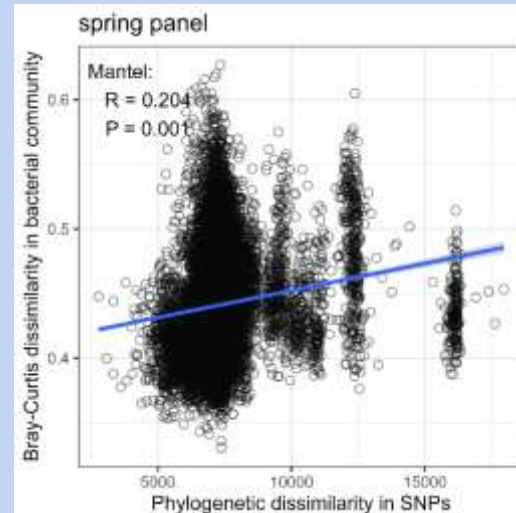
Vårbyg



Vinterbyg

Spring Panel

Winter Panel



Genotype-effekten forklarer ca 25% af variationen i mikrobiomet



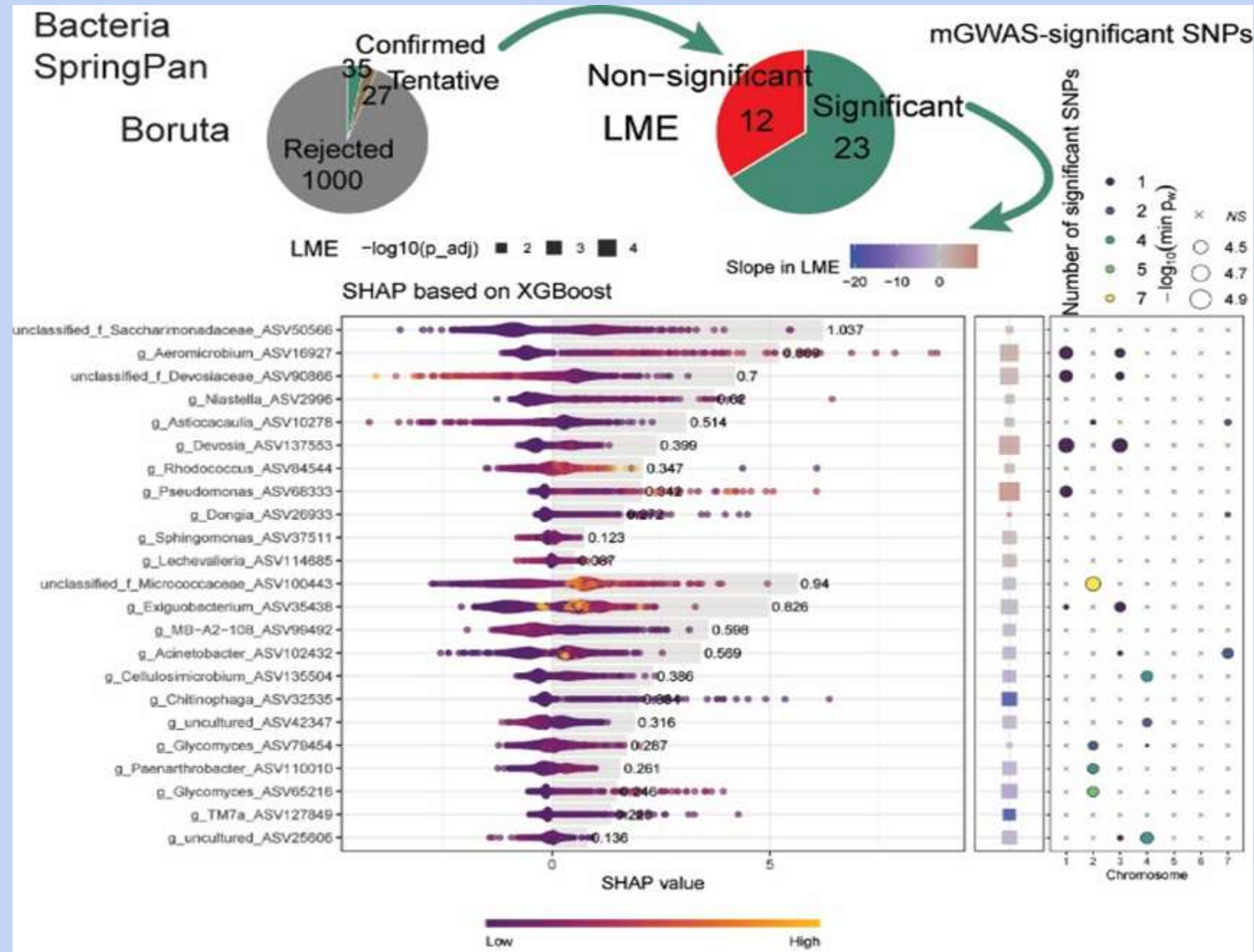
DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

GENS NICK
FESSOR



MIKROBER PÅVIRKET AF BYG-GENETIK



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

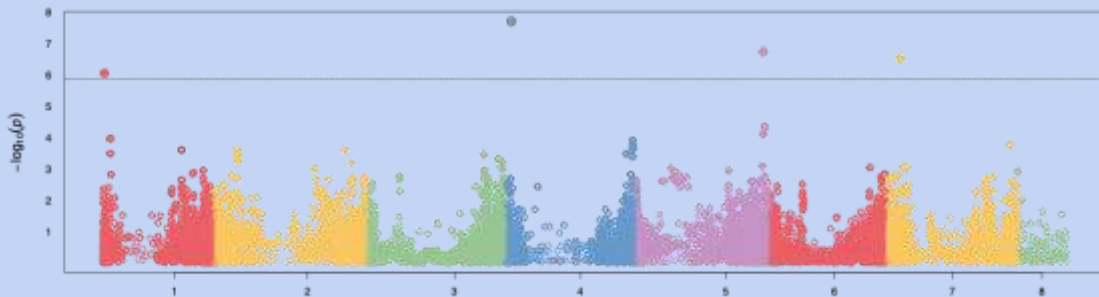
MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



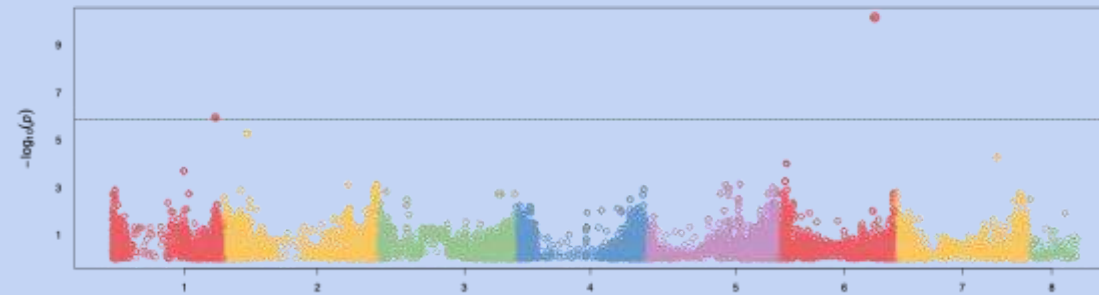
MIKROBER ER ASSOCIERET MED SPECIFIKKE BYG GENOM-OMRÅDER



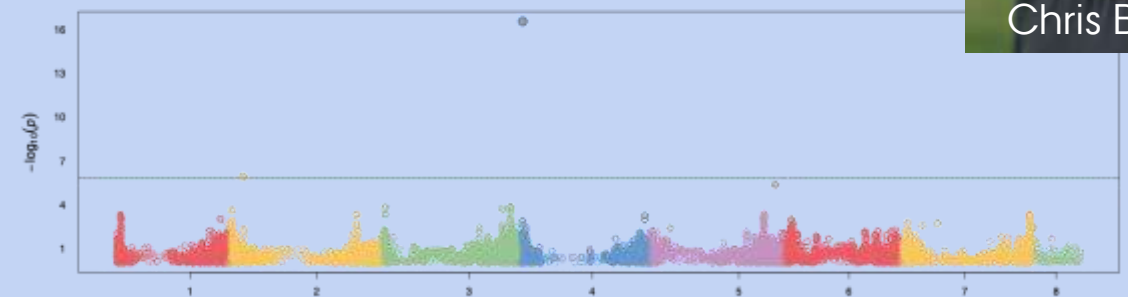
BLINK.f__Chitinophagaceae(NYC)



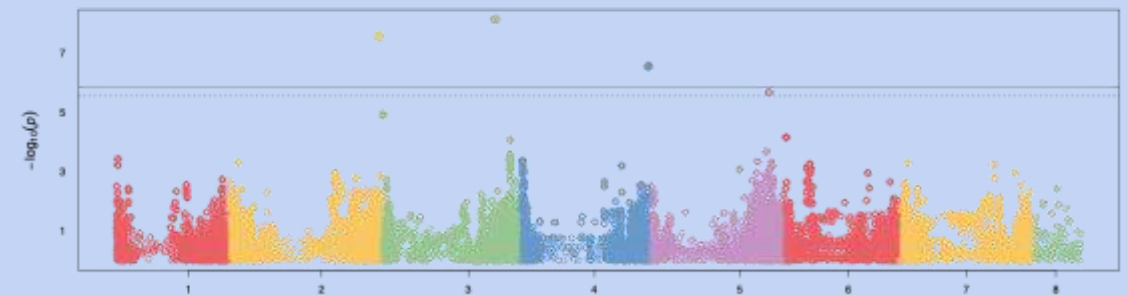
BLINK.Delftia_sp(NYC)



BLINK.Sordariales2(NYC)



BLINK.Xylariaceae(NYC)



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR



BYG-GENER SOM PÅVIRKER MIKROBIOMET



Gene	Frameshift	Stop gained	Start lost	Total HI SNPs	Functional role (your annotation)	Priority rank
1	50	1	0	51	Defence against bacteria	1
2	1	1	0	2	Cell surface sensing - could influence interactions with microbes and abiotic stresses.	2
3	1	0	0	1	Iron transport - could influence root exudates and microbe interactions.	3
4	1	2	0	3	Poorly annotated but could be related to stress response.	4
5	4	1	0	5	Poorly annotated but could be related to stress response.	5
6	2	1	1	4	Poorly annotated	Low priority
7	10	2	1	13	Poorly annotated	Low priority
8	4	6	0	10	Poorly annotated	Low priority
9	6	0	0	6	Uncharacterized protein - unlikely to be involved in stress response.	Low priority
10	1	0	0	1	DNA binding and integration - unlikely to be involved in stress responses	Low priority
11	2	0	0	2	Gamma-tubulin complex (cell structure) - unlikely to be involved in stress responses	Low priority
12	1	0	0	1	Poorly annotated	Low priority
13	0	1	0	1	Nuclear membrane - unlikely to be involved in stress responses	Low priority
14	0	1	0	1	Poorly annotated	Low priority



RESULTATER FRA BARLEYMICROBREED

- Byglinier varierer i deres tørkestressrespons
- Bygliners slægtskab korrelerer med deres mikrobiom
- Forskellige bygliner er i stand til at tiltrække forskellige mikrober
- Der er identificeret 14 byg-gener som påvirker mikrobiomet

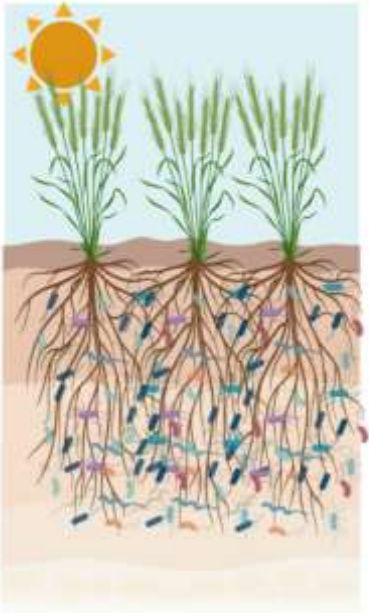
HVAD SÅ?

- Validering af de 14 byg-gener
 - Byg muteret i de pågældende gener
- Speed-breeding
 - Indkrydsning af de pågældende gener i forædlingsmateriale



Næste fase: Implementeringsfasen

New strategies for
breeding barley
genomically equipped for
drawing maximum
benefit from microbiome



- Speed breeding til indkrydsning af gener i elite-linier
 - Mikrobiom regulering
 - Tørketolerance
- Testning i markforsøg i Marokko og Sverige



DEPARTMENT OF AGROECOLOGY

AARHUS UNIVERSITY

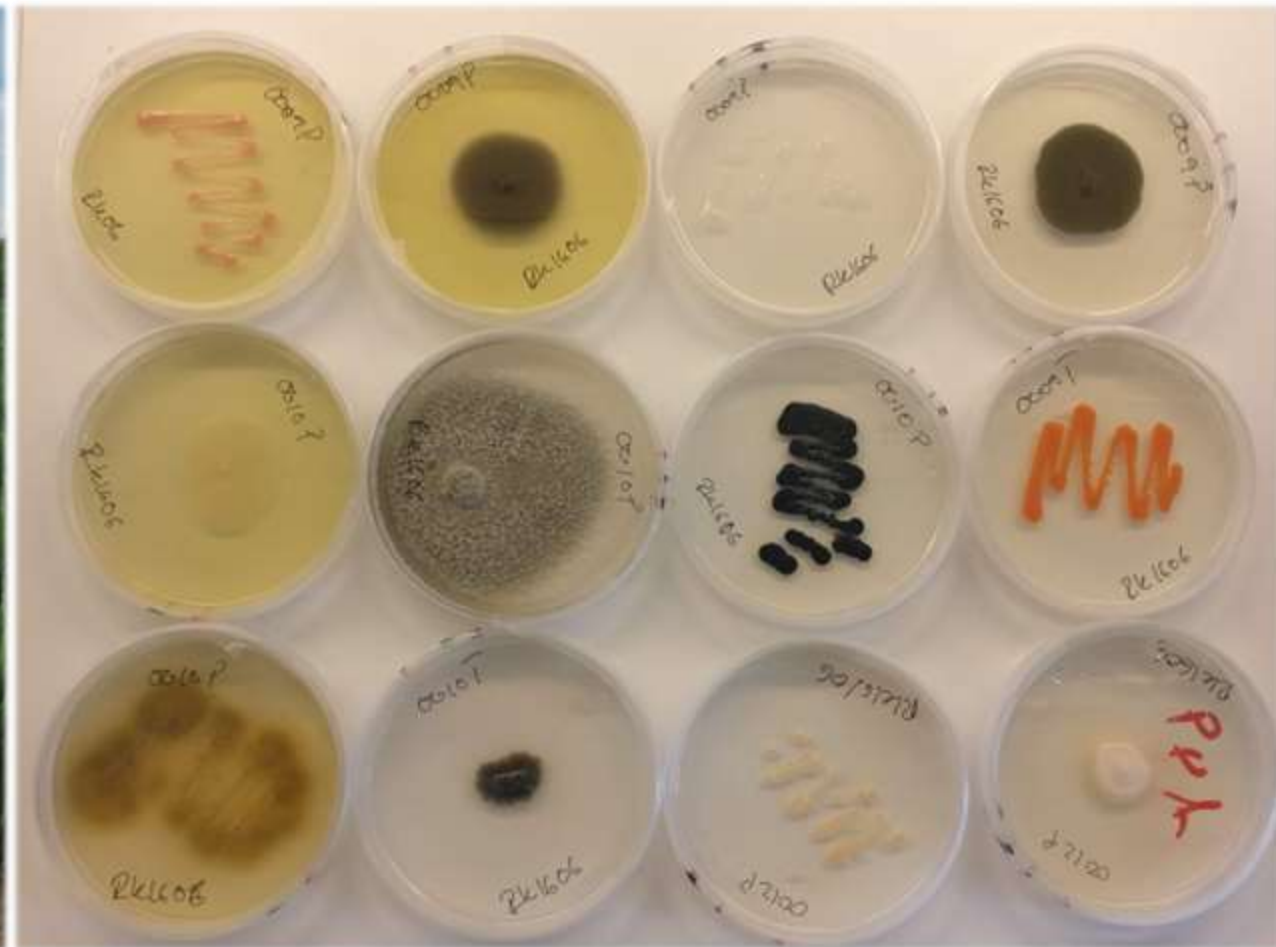
PLANTEKONGRES 2026
7. JANUARY 2026

MOGENS NICOLAISEN
PROFESSOR

Vil 'mikrobe-forædling' være relevant? måske.....

- Mange mikrober som allerede findes i jorden har positiv effekt på plantevækst
- Vi udnytter allerede, at planter påvirker mikrobiomet (resistens)
- Plante-stoffer påvirker mikrobiomet til plantens fordel
- Planter forældre havde et andet mikrobiom og var mere robuste
- Der er, og vil blive, identificeret gener som påvirker mikrobiomet

Planters mikrobiom



kan naturligt forekommende
svampe beskytte i
mod sygdomme?

Rasmus Kjøller,
Fungal Ecology Lab.
Biologisk Institut,
Københavns Universitet

Jeg holder mig
primært over
jorden mens
Mogens bagefter
går under jorden!



Indhold

1. Svampe på planter - generelt
2. Hvedes mycobiom
3. Case: Biologisk bekæmpelse af Aksfusarium (*Fusarium graminearum*)
4. Hvad er udfordringen ved biologisk bekæmpelse?
5. Konklusion



Der er masser
af svampe på
planter
På overfladen
og i mellem
plante-cellerne
De fleste er
ganske
harmløse/
gavlige

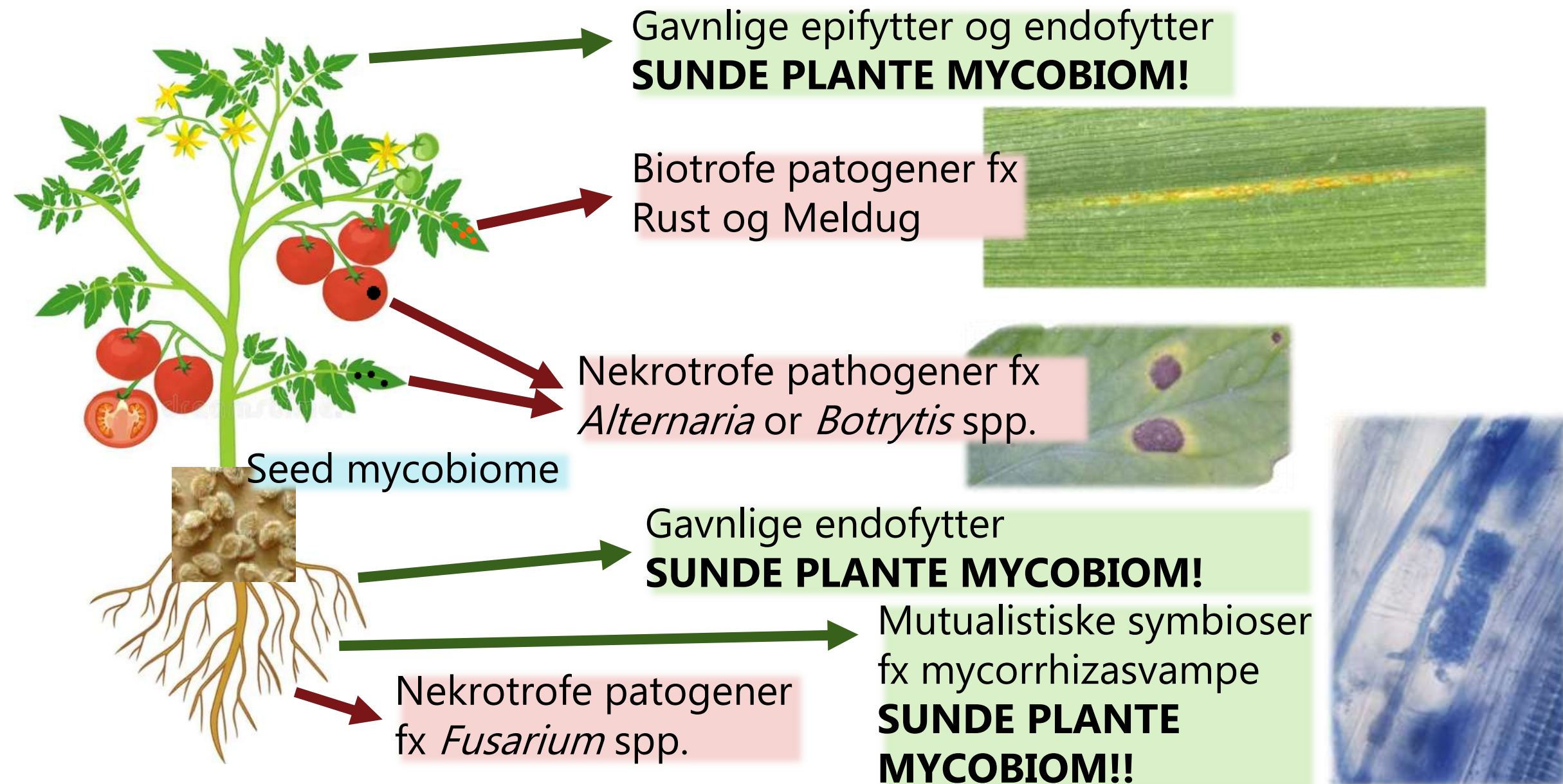


Svampe på planter

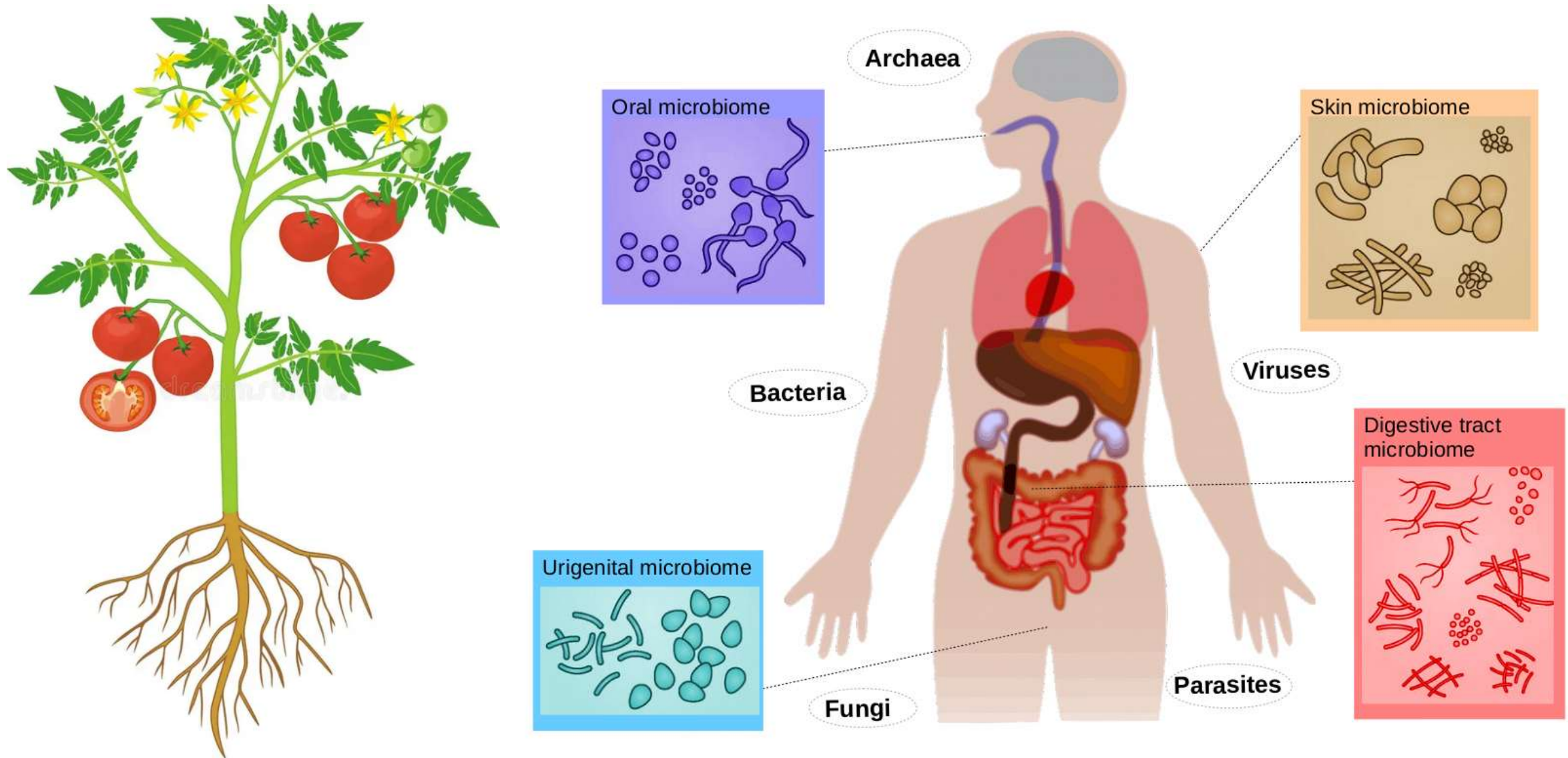
- Her har jeg trykket blade ned på en agar og vi ser hvordan gær- og hyfe-dannende svampe vokser frem



Svampe på planter – gode og onde



Den sunde organisme er i balance mellem de **gode** og **onde**



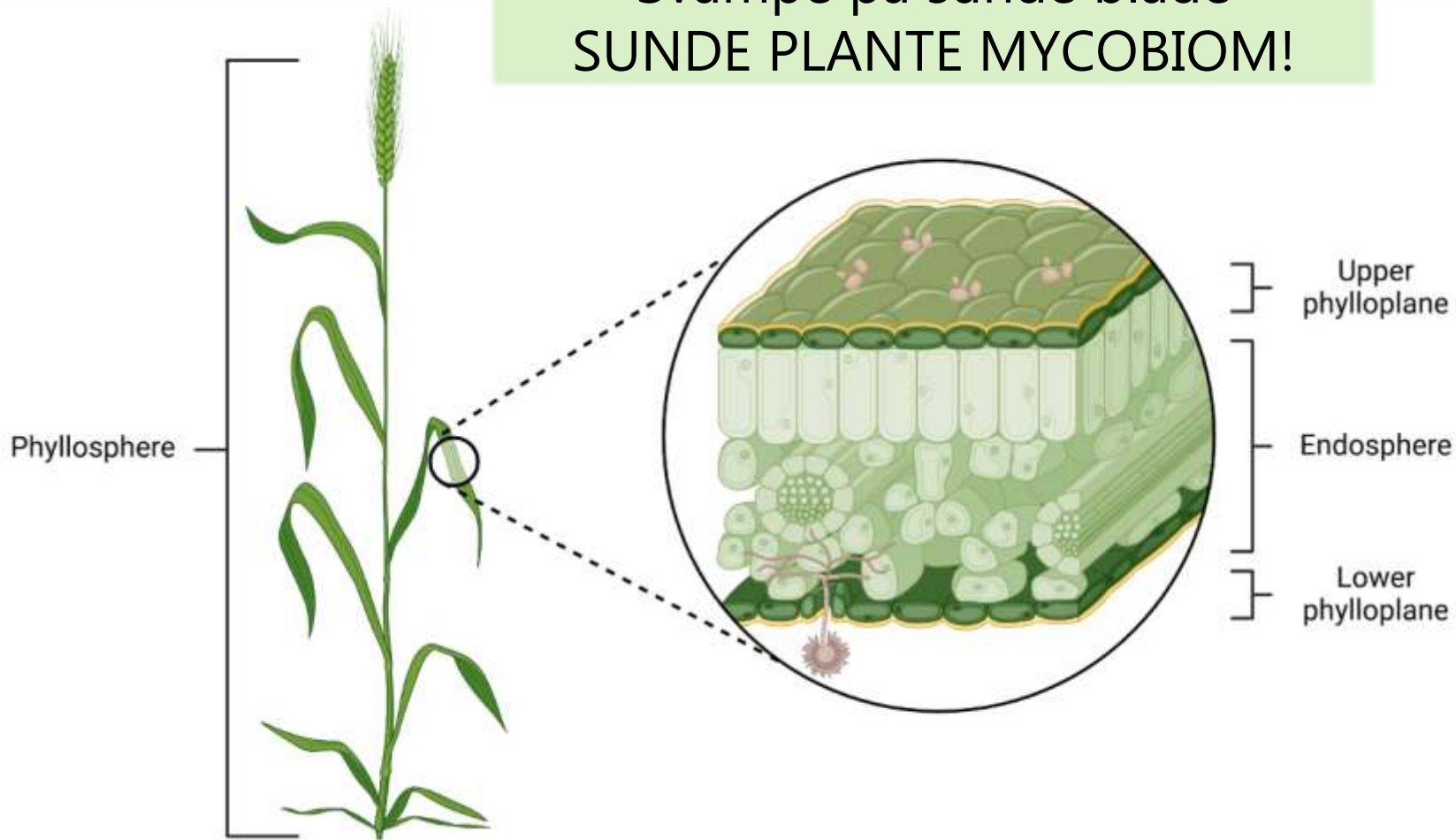
Indhold

1. *Svampe på planter - generelt*
2. **Hvedes mycobiom**
3. Case: Biologisk bekæmpelse af Aksfusarium (*Fusarium graminearum*)
4. Hvad er udfordringen ved biologisk bekæmpelse?
5. Konklusion



Hvedes mycobiom – karakterisering af svampe på blade

Svampe på sunde blade
SUNDE PLANTE MYCOBIOM!



Illustrationer og data:
Marie Højmark Fisher
MATRIX PhD student



Taxonomic diversity in the global
wheat phyllosphere mycobiome –
a meta analysis
Frontiers in Plant Science 2025



Fra sunde (symptomfrie) faneblade ekstraherede vi DNA og sekvenserede svampe-samfundet henover flere vækstsæsoner (vinterhvede)

Isolerede og rendyrkede ca. 500 svampe-kulturer ~ 50 arter for at teste i mod sygdomme

Vi lavede en global – meta-analyse af hvede-svampe samfund (symptomfrie blade)



Hyppighed af svampe i kultur eller fra eDNA

Svampe slægter	Kultur	eDNA
<i>Alternaria</i>	16.7	7.2
<i>Aspergillus</i>	0.3	0
<i>Aureobasidium</i>	10	2.5
<i>Botrytis</i>	0.6	0.4
<i>Cladosporium</i>	61.5	18.2
<i>Cyathicula</i>	0.3	0.004
<i>Epicoccum</i>	1.2	1.8
<i>Helminthosporium</i>	0.3	0
<i>Neosascochyta</i>	2.4	0.9
<i>Parastagonospora</i>	0.9	0.04
<i>Penicillium</i>	2.4	0
<i>Pyrenophora</i>	0.6	0.2
<i>Sclerotinia</i>	0.3	0
<i>Stemphylium</i>	0.6	0
<i>Sydowia</i>	0.3	0.01
Andre	1.5	68.9

Vores studier fra DK og globalt viser et sundt kerne mikrobiom



Hyppighed af svampe i kultur eller fra eDNA fra Høje Tåstrup, Danmark

Alternaria
Aspergillus
Aureobasidium
Botrytis
Cladosporium
Cyathicula
Epicoccum
Helminthosporium
Neoascochyta
Parastagonospora
Penicillium
Pyrenophora
Sclerotinia
Stemphylium
Sydowia

Dominerende svampe fra global studium

Genus	Rank	Growth form	Lifestyle
<i>Alternaria</i>	2.4	Filamentous	plant pathogen
<i>Aspergillus</i>	8.26	Filamentous	unspecified saprotroph
<i>Bipolaris</i>	8.36	Filamentous	plant pathogen
<i>Candida</i>	9.6	Yeast	nectar/tap saprotroph
<i>Chaetomium</i>	8.9	Filamentous	soil saprotroph
<i>Cladosporium</i>	4.75	Filamentous	litter saprotroph
<i>Epicoccum</i>	7.55	Filamentous	litter saprotroph
<i>Fusarium</i>	5.65	Filamentous	plant pathogen
<i>Nigrospora</i>	9.06	Filamentous	litter saprotroph
<i>Penicillium</i>	7.52	Filamentous	unspecified saprotroph
<i>Pyrenophora</i>	9.66	Filamentous	plant pathogen
<i>Stemphylium</i>	9.23	Filamentous	plant pathogen
<i>Trichoderma</i>	9.33	Filamentous	Myco-parasite

Indhold

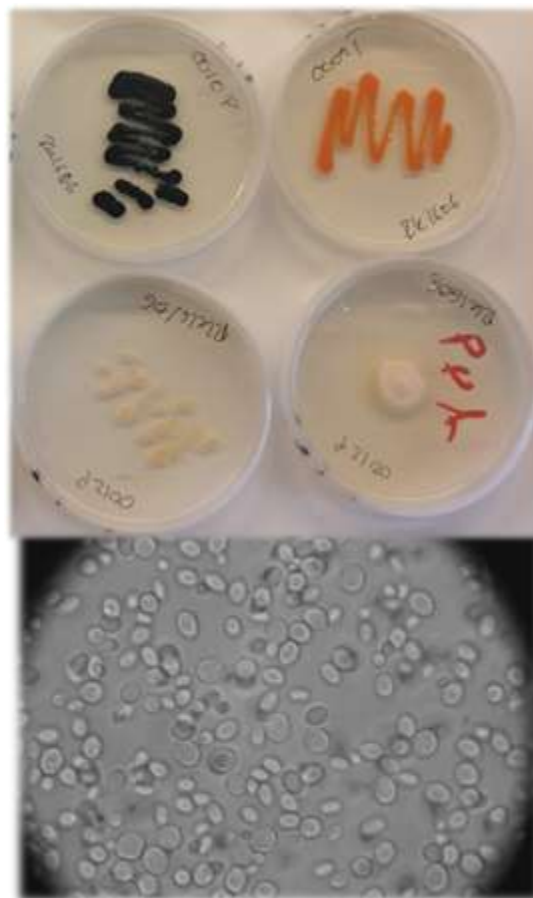
1. *Svampe på planter - generelt*
2. *Hvedes mycobiom*
3. **Case: Biologisk bekæmpelse af
Aksfusarium (*Fusarium graminearum*)**
4. Hvad er udfordringen ved biologisk
bekæmpelse?
5. Konklusion



Aksfusarium - Aksfusariose - *Fusarium graminearum*



Case: Biologisk bekæmpelse af **Aksfusarium** i hvede (*Fusarium graminearum*)



Linda Gouka og
Viviane Codovez
NIOO Wageningen
Matrix projekt
novo nordisk fonden

Gouka, et al.,
*Frontiers in Plant
Science* (2022)

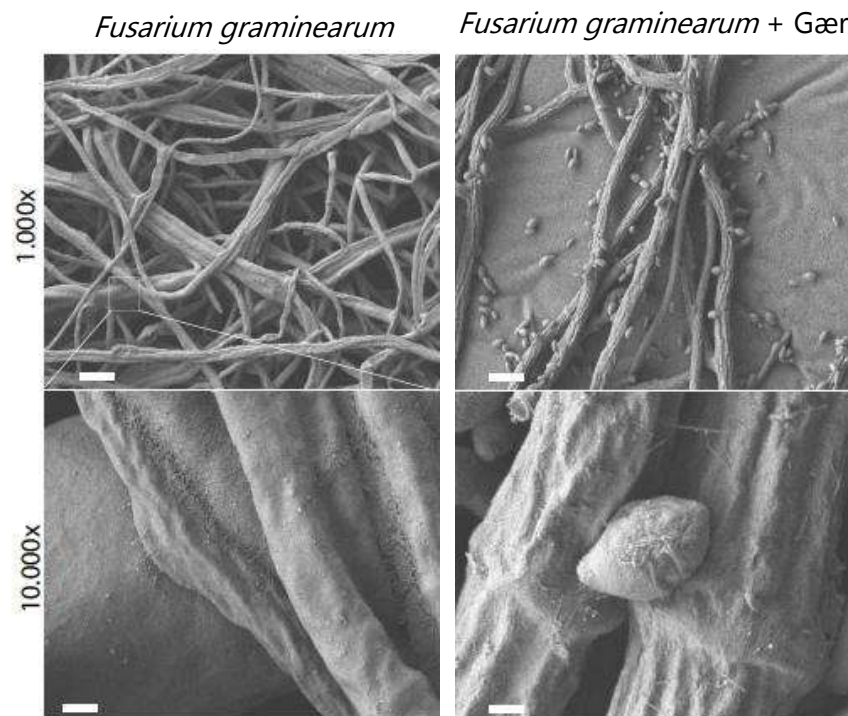
Gær isoleret fra hvede blade kan hæmme væksten af *Fusarium graminearum* i laboratoriet!



Fusarium graminearum
(Aksfusariose)



Vækst hæmmes også når svampene ikke kan røre hinanden!



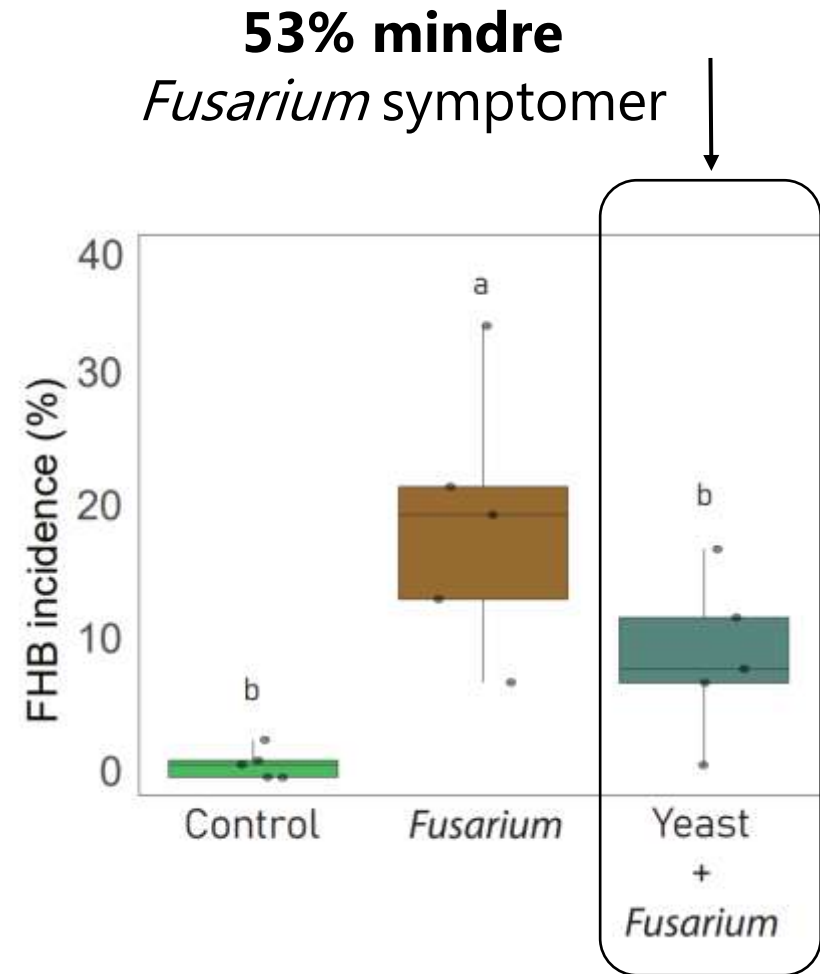
Morfologien af *Fusarium* ændres når gær* er tilstede

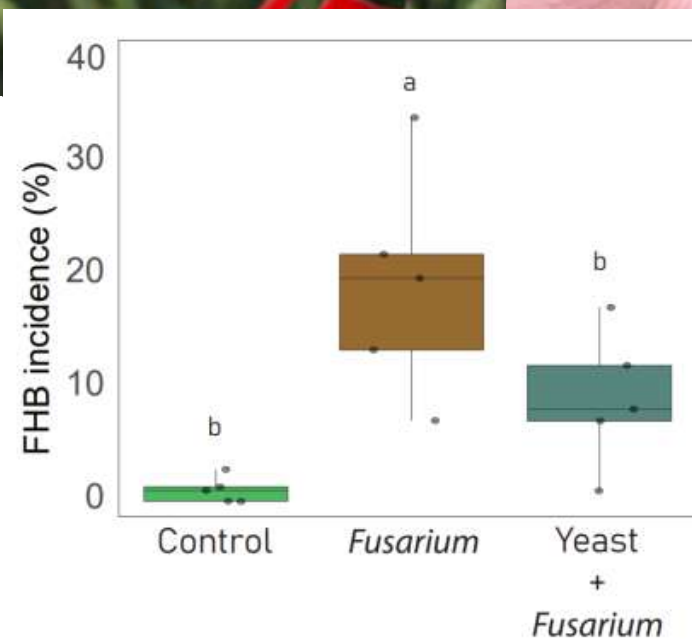
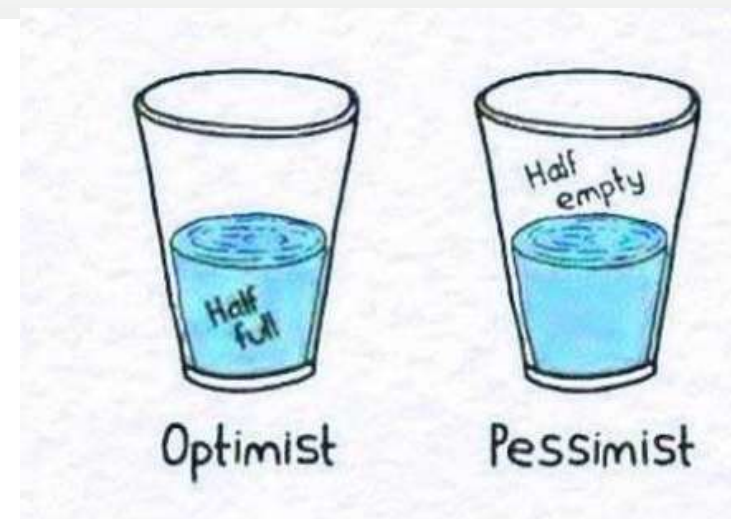
**Aureobasidium* (Asco)
Vishniacozyma (Bas)
Metschnikowia (Asco)
Papiliotrema (Bas)

Catching cereal killers - feltarbejde 2025



Vores gær isolater kunne hæmme *Fusarium* i marken!



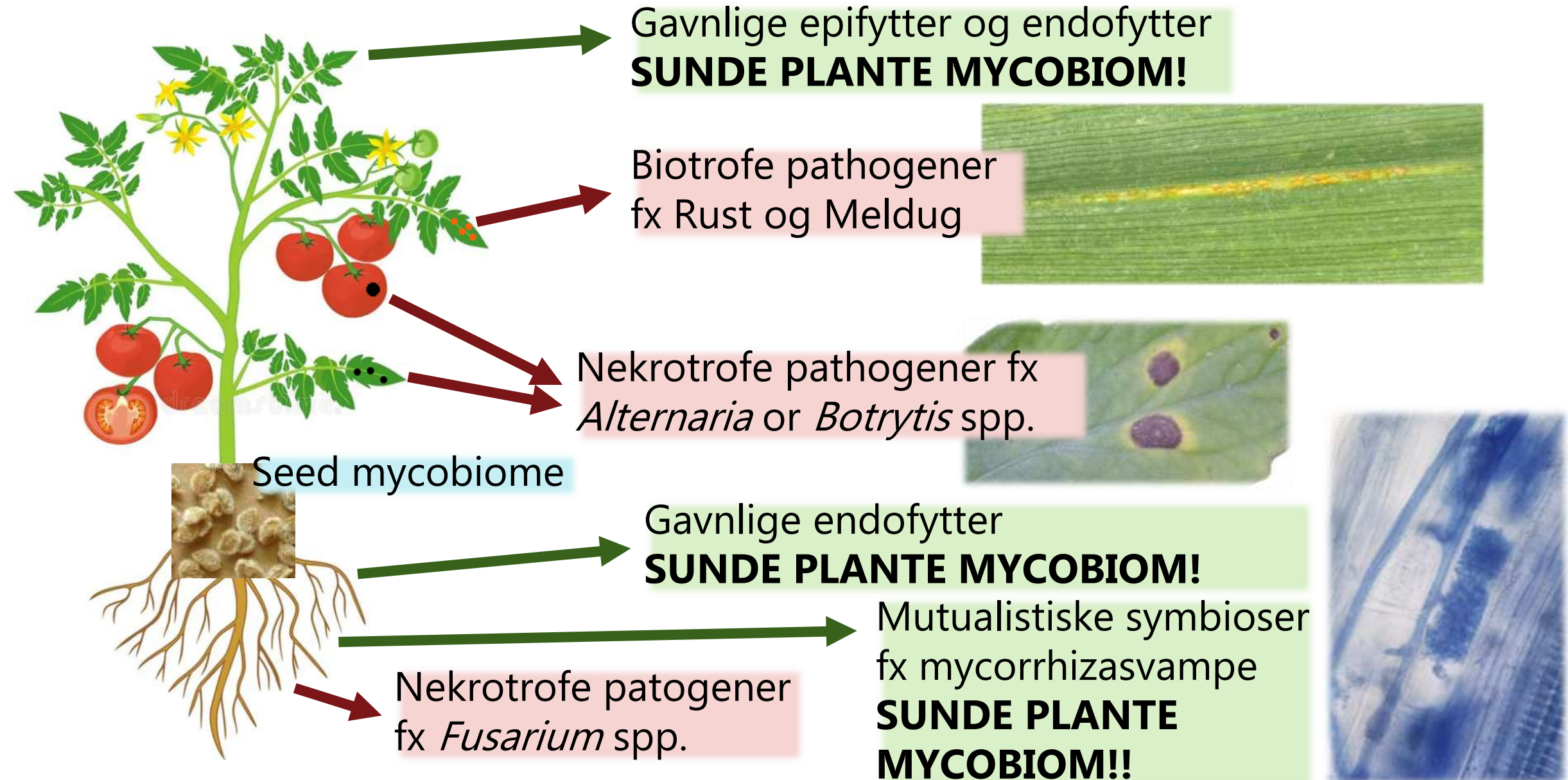


Indhold

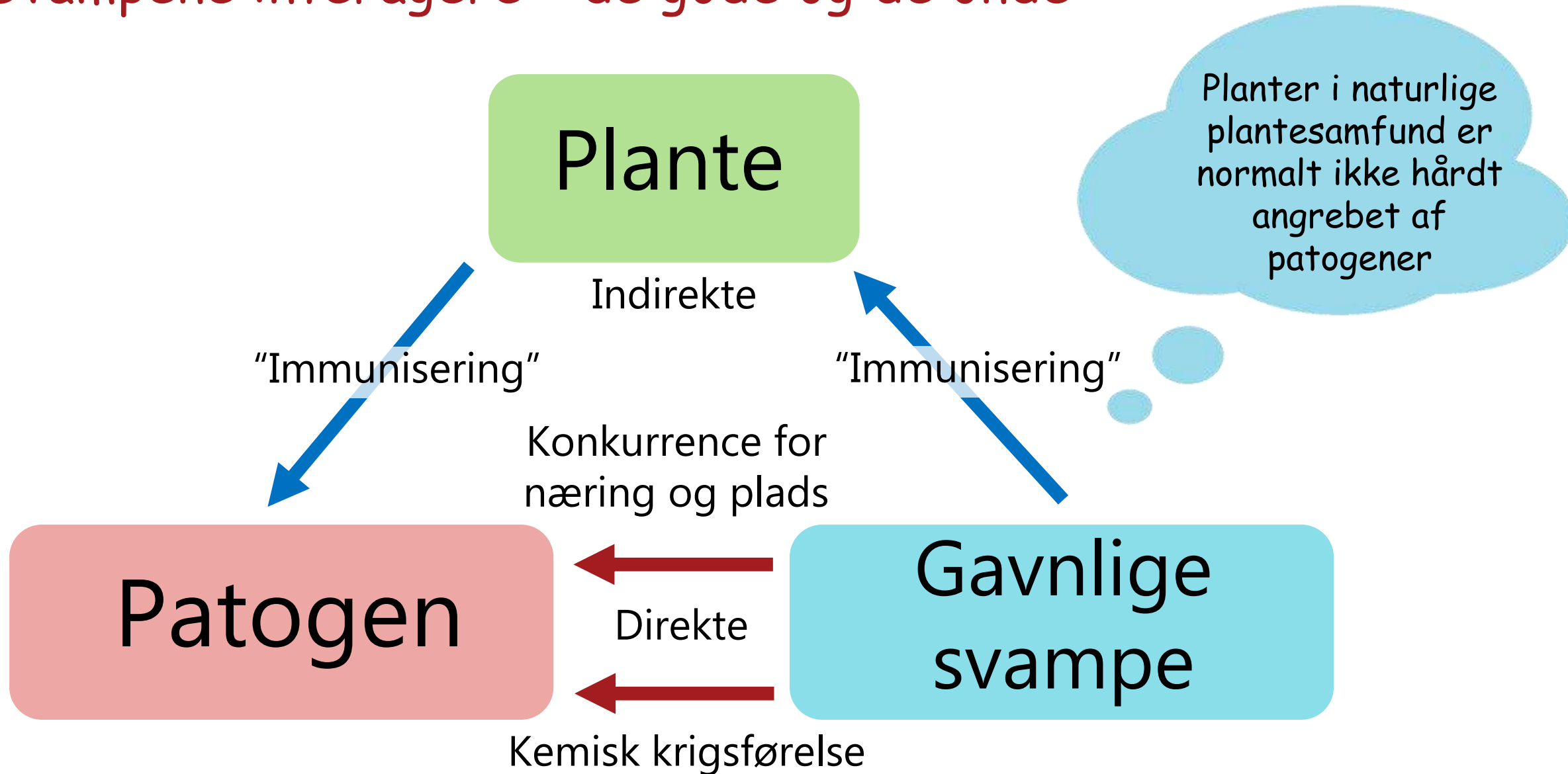
1. *Svampe på planter - generelt*
2. *Hvedes mycobiom*
3. *Case: Biologisk bekæmpelse af Aksfusarium (*Fusarium graminearum*)*
4. **Hvad er udfordringen ved biologisk bekæmpelse?**
5. Konklusion



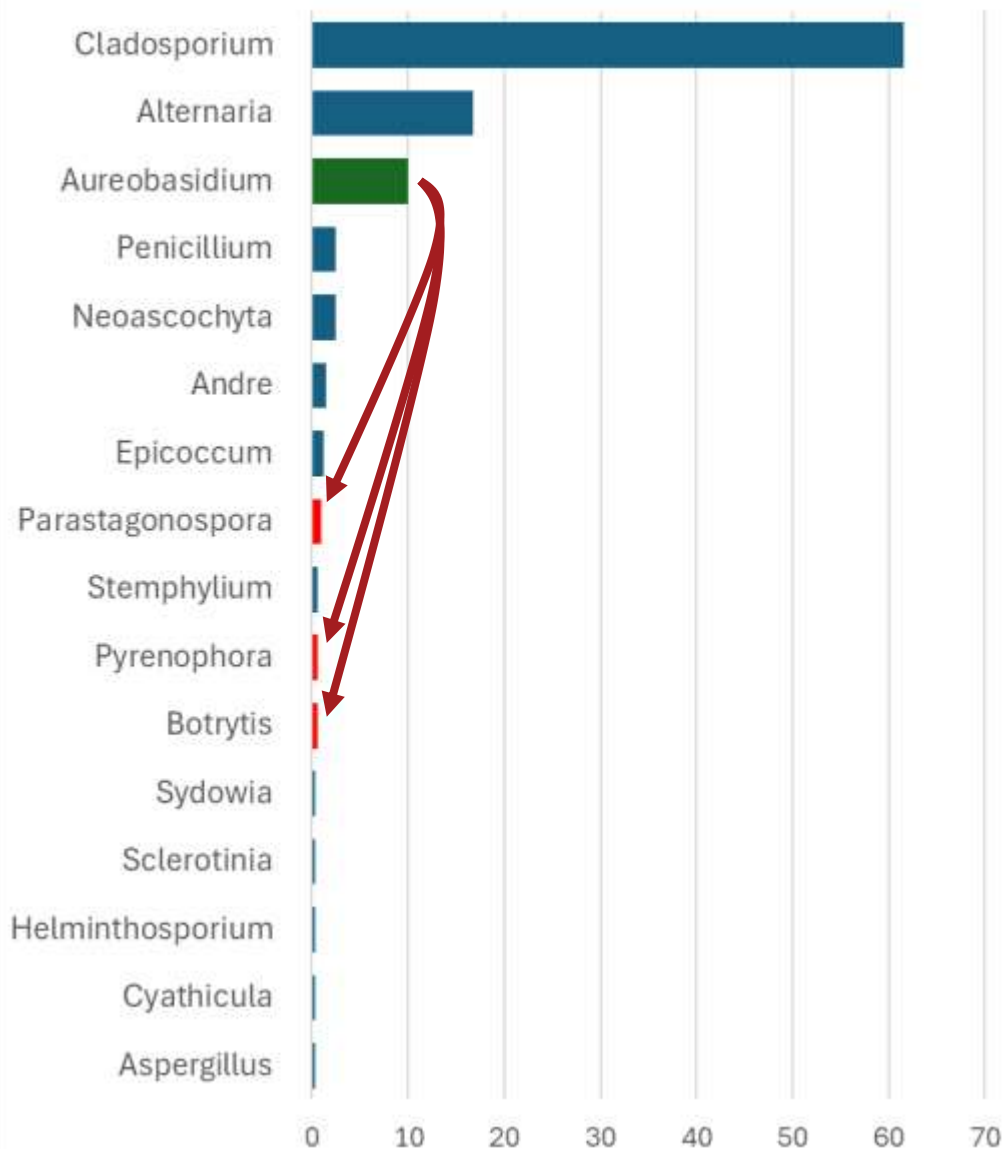
Svampe på planter – gode og onde



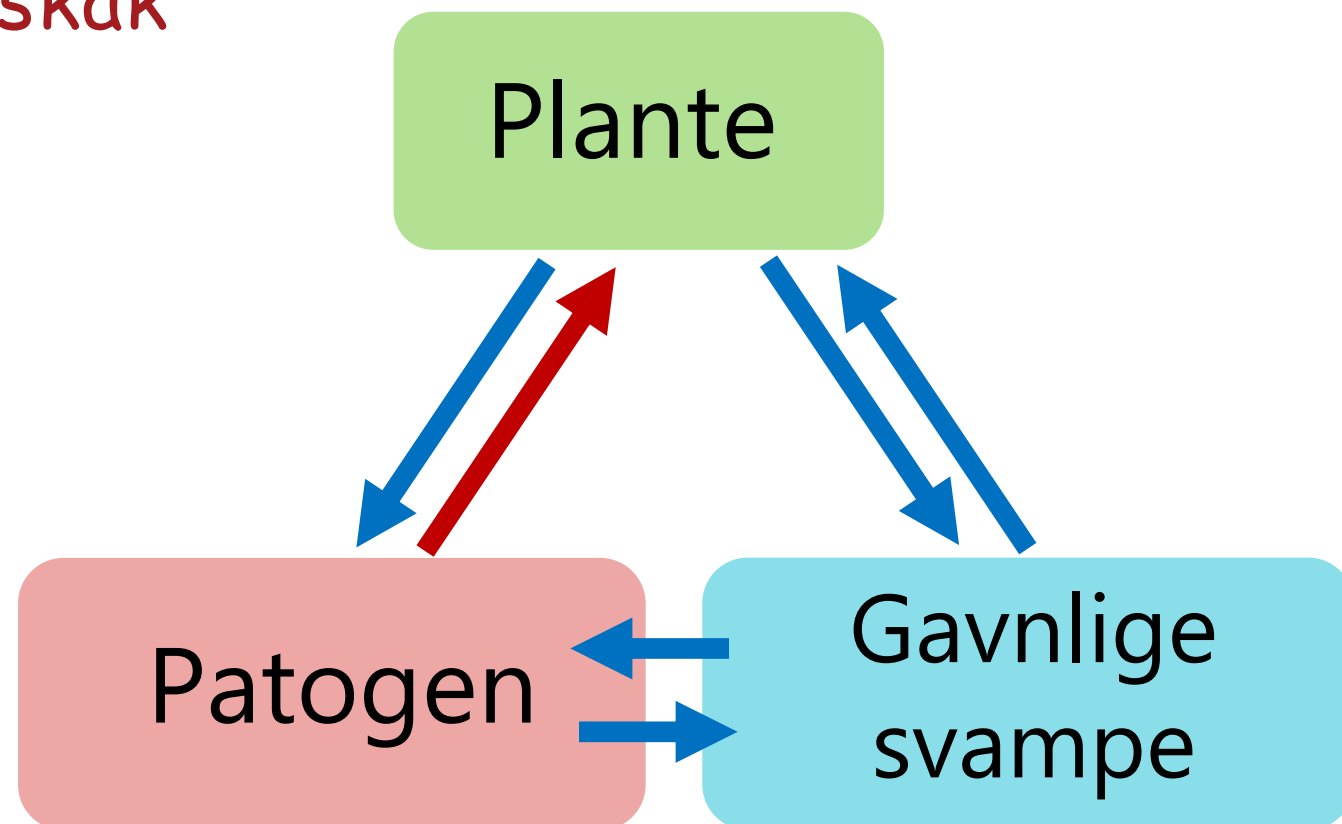
Svampene interagerer - de gode og de onde



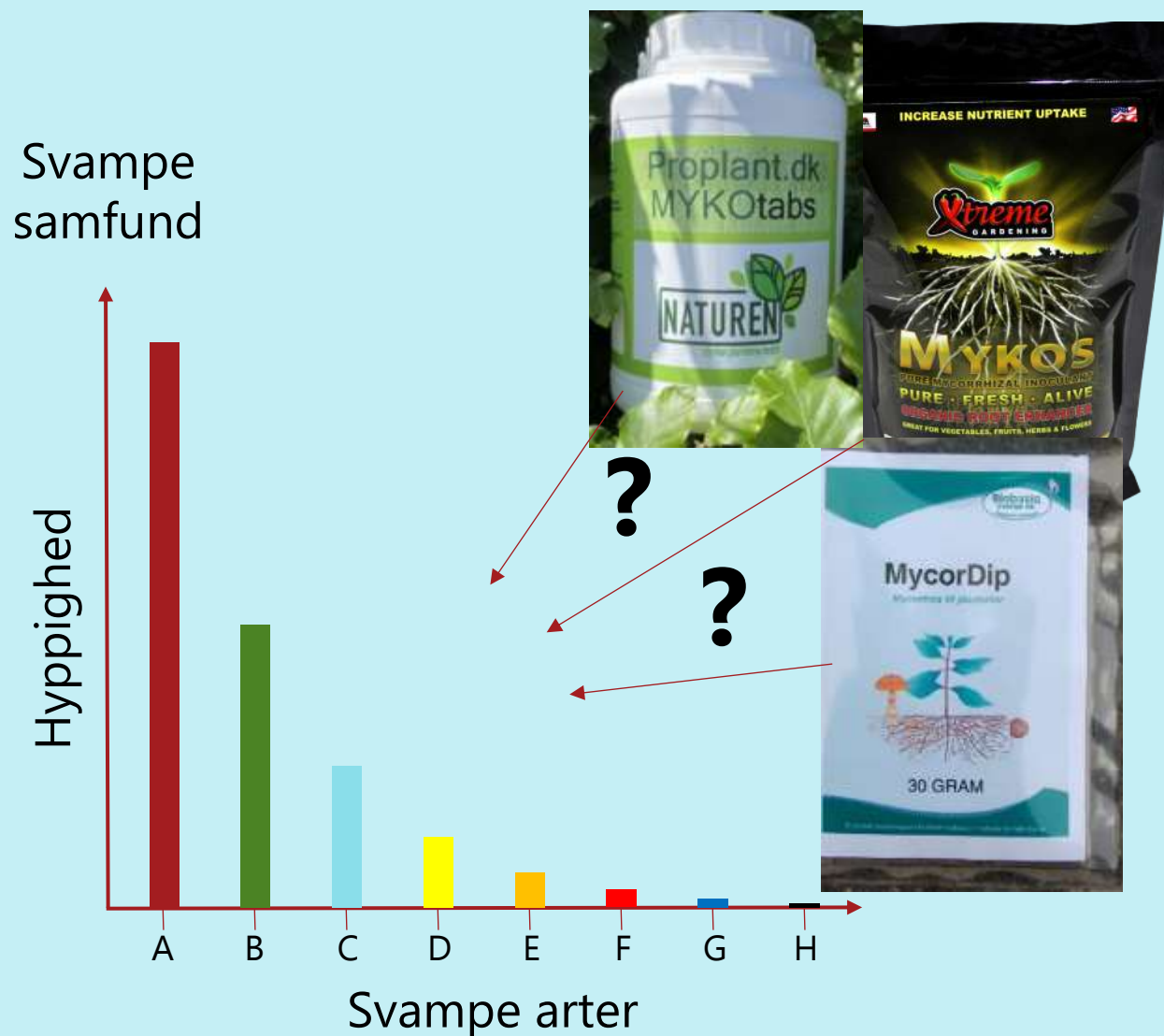
Svampe samfund på hvede



Plantens sundhed er afhængig af at holde evt. patogene svampe i skak



Svampe samfund selvorganiserer sig i en hyppigheds-rækkefølge



De svampe man tilfører skal etablere sig og derefter udføre deres "opgave" uden at blive udkonkurreret af de naturligt forekommende svampe

Konklusion

1. Der er masser af svampe på og i planter – plantens mycobiom
2. Succesfuld biologisk bekæmpelse kræver at "agenten" integrerer sig i plantens mycobiom
3. Hvedes mycobiom har en række nøglearter på tværs af geografiske områder
4. Akxfusarium kan bekæmpes ved at booste naturligt forekommende gær-svampe

