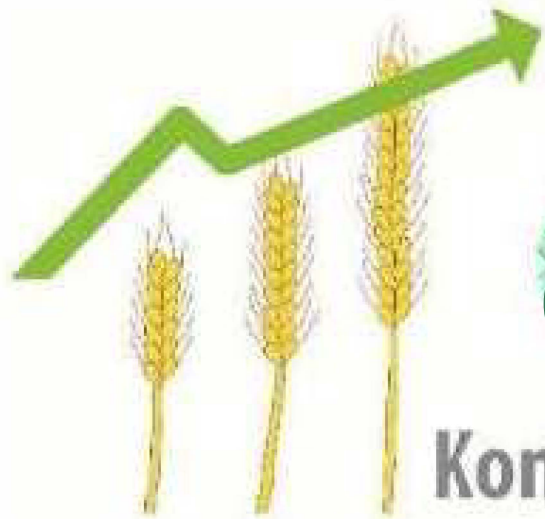
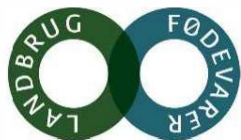


STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Konkurrencedygtig Planteproduktion



KØBENHAVNS
UNIVERSITET



AALBORG
UNIVERSITY



NordicSeed

SejetJ
planteforædling



Klimaprotein 2023-25



Bæredygtig dyrkning af proteinafgrøder med lavt miljø- og klimaaftryk til fremtidens klima



Baggrund



- Mere dansk produceret protein
 - Til foder og til fødevarer
- EU proteinstrategi → CAPen og Nationale protein strategiplaner
- Regeringens proteinstrategi 2023 + EU KOM protein strategi
- Øge selvforsyningsgraden og reducere klima- og miljøaftrykket.
 - Øget areal med proteinafgrøder udgør et væsentligt bidrag til at nå mere protein.
- Potentiale i dyrkning af kløver og hestebønner
 - Høje proteinudbytter
 - MEN udfordret af tørke (særlig tidlig vårtørke)
 - Stabilitet vil højne udbytter og sænke klima- og miljøpåvirkningen fra dyrkningen.
- Udnytter opnået viden og faciliteter til forskning og forædling

Formål



Formål:

- At reducere landbrugets klimaaftryk ved at opnå **en stabil produktion af protein i Danmark med proteinafgrøder, der har høj kvalitet, lavt klima- og miljøaftryk**, og som er tilpasset et klima med flere tørkeperioder.

Mål

- At udvikle robuste, dyrkningssikre sorter af **hestebønner og kløvergræsblandinger som er tolerante overfor tørkeperioder** og har en **høj proteinkvalitet** og et reduceret klima- og miljøaftryk pr ha. og pr. kg. produceret protein.



- **Sortsudvikling med robuste sorter skal muliggøre potentialerne for at øge dansk proteinforsyning**
- **Resultaterne overføres direkte til danske planteforædlere** → valg af krydsningsforforældre → sortsudvikling
- Øge dansk proteinforsyning fra græsmarksafgrøder og fra hestebønner
- Lavere miljø- og klimaaftryk
 - Fx 1-2 t min CO₂-.eq og 30-50 kg mindre N-udvaskning fra græs (*Kilde Bioøkonomipanel*)
 - Muligt at øge udbyttet af hestebønner + 4 hkg/ha → mindre aftryk pr. ha.
 - Højere proteinfordøjelighed er en vigtig parameter ifht. græsprotein
- Mere stabil produktion med robuste afgrøder = bedre indtjening og samtidig lavere klima- og miljøaftryk fra landbruget

Arbejdspakker



AP1: *Tidlig rodudvikling i hvidkløver og hestebønner*

- Torben Asp & Stig U. Andersen, Aarhus Universitet

AP2: *Roddybde og kulstofoptag i hvidkløver og hestebønner*

- Kristian Thorup-Kristensen, Københavns Universitet
- Torben Asp & Stig U. Andersen, Aarhus Universitet

AP3: *Proteinkvalitet i rødkløver*

- Torben Asp & Stig U. Andersen, Aarhus Universitet

Styregruppe og referencegruppe – med alle forædlerne

Projektledelse:

- SEGES: Maxie Skalshøj
- CID: Claus Saabye Erichsen

AP1 – Tidlig rodudvikling i hvidkløver og hestebønner



- Screening af hestebønnesorter (2023) og hvidkløversorter (2024) for rodvæksthastighed som en indikator for dyb rodudvikling
- 180 sorter af hestebønner fra forædlingslinjer og et bredere diversitetspanel testes i RadiMax anlægget og rhizobokse.
- Billedanalyse af rodvæksthastighed. (AI – effektiv rod/billedanalyse)
- Identifikation af SNP-markører koblet til rodvæksthastighed
- Identifikation af de bedste genotyper til udvikling af nye sorter



WORK PACKAGE 1 UPDATE

FABA BEAN EXPERIMENT 2023

- **180 faba bean lines provided by Nordic Seed and Sejet Plant breeding**
- 2 seeds per box
- 3 boxes per genotype (6 replicates)
- 3 batches of 180 boxes
- Randomized experiment on 5 tables



DEVELOPMENTAL STAGE – ROOT IMAGE COLLECTION



AI IMAGE ANALYSIS OF 540 IMAGES

Aim: Identify root biomass in composite images of soil and roots

Traits:

- Fresh weight, gram
- Number of root tips
- Number of branch points
- Total root length, mm
- Branching frequency per mm
- Network area, mm²
- Average diameter, mm
- Median diameter, mm
- Maximum diameter, mm
- Perimeter, mm
- Volume, mm³
- Surface area, mm²



Original scan



Pre-processed image

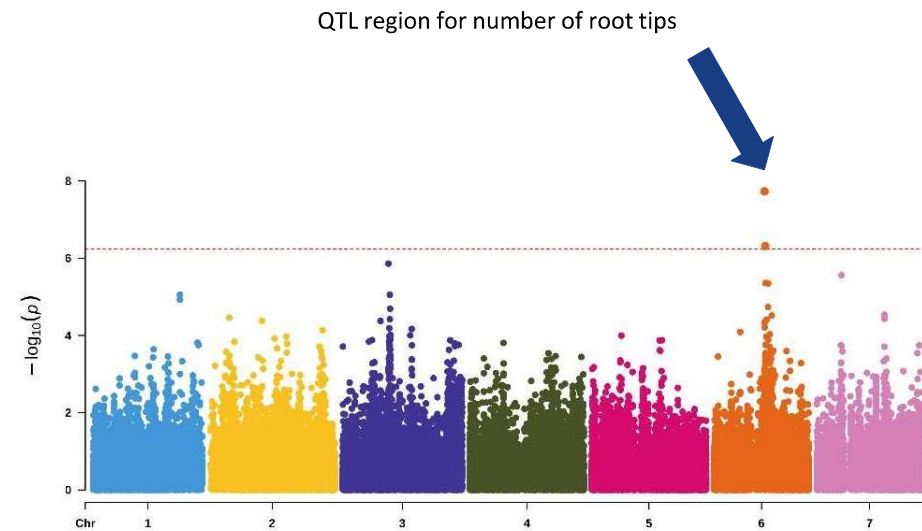


Composite image after RootPainter training

WP1 - GENOME-WIDE ASSOCIATION STUDIES

Faba bean trait (example):

- count of root tips



WP 1- WHITE CLOVER ACTIVITIES IN 2024

The white clover rhizobox 2024 experiment

- **177 white clover genotypes collected from field trials at DLF Seeds in St. Heddinge in fall 2023**

Experimental design

- 177 white clover genotypes
- 2 tillers per rhizobox
- 3 rhizoboxes per genotype (6 replicates)
- 3 batches of 177 rhizoboxes

Status

- Imaging of leaves from the 177 genotypes completed before Easter for estimation of leaf size
- Rhizobox experiment batch 1 (out of 3) ongoing

WP1 - 2025 PLANS

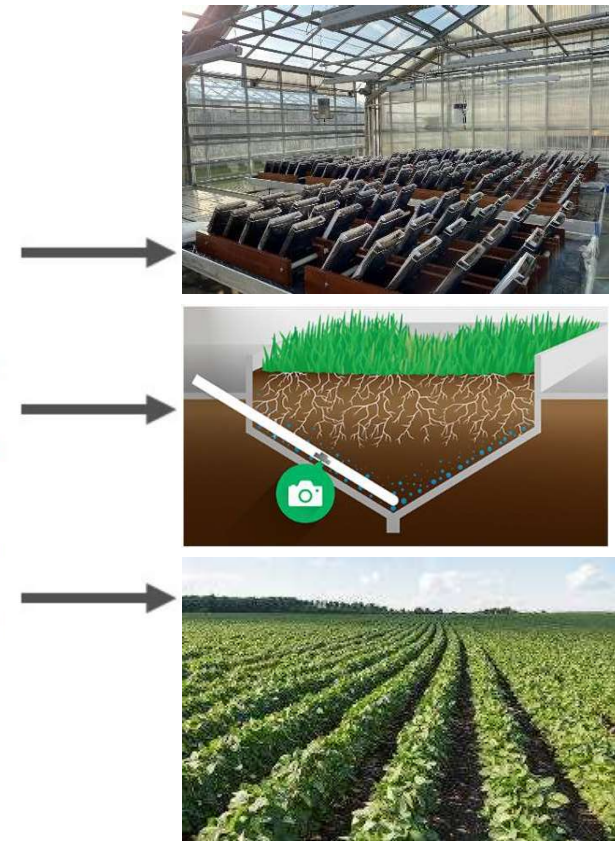
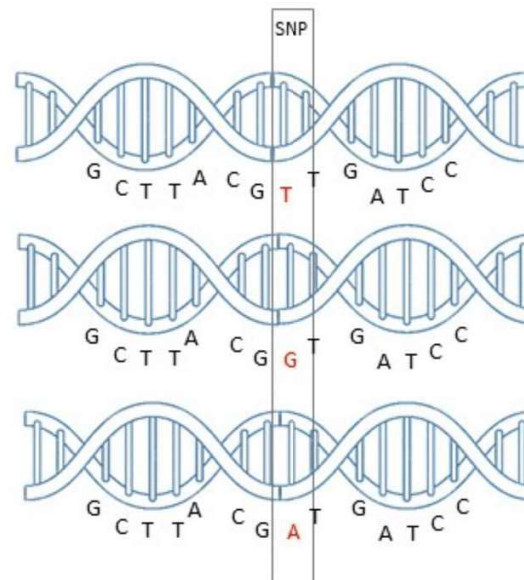
Integrate results from:

- rhizobox experiment (**early root development**)
- RadiMax (**deep root development**)
- Field trials (**yield - DLF**)

Provide breeding companies with:

- breeding values
- genetic correlations

Crop improvement is the ultimate goal



AP2 – Roddybde og kulstofoptag i hvidkløver og hestebønner



- Måling af roddybde for hvidkløver og hestebønner i RadiMax
- 120 sorter af hestebønner (2023)
- Hvidkløver (35 sorter) dyrkes over to sæsoner i renbestand og sammen med græs
- Målinger:
 - Isotopmålinger af ^{13}C i plantemateriale
 - Målinger med H_2 mærket vand
 - Måling af rodlængde
 - Beregning af C-deponering
- ... alt sammen data – der giver information om **roddybde** og **aktivitet** → **kan udnyttes af forædlere**

Rodphenotyping i hvidkløver og hestebønne - i rodrør 20 genotyper af hver art



- Hvidkløver, 20 genotyper, etableret, målinger primært 2024
- Hestebønneforsøg 20 genotyper, gennemført 2023
- **Roddybde fra 60 til mere end 100 cm**
- Rod C, stor forskel fra ca. 3 g til ca. 6 g per plante
- Samme sorter gentaget, AU forsøg, rodrør og RadiMax





RadiMax 2023-25

- Hvidkløver, 2023-25, sået aug. 2023
 - I renbestand og blanding med græs
 - 35 genotyper
 - Rodfilming ialt mindst 6 gange i 2024/25
 - Isotopmærkning (tungt vand, ^2H , ^{15}N)
 - Isotopmåling, ^2H , ^{15}N for dybt optag
 - ^{13}C for tørkestres
- Hestebønne 2024
 - I renbestand 120 genotyper
 - Sået marts 2024
 - Rodfilming 3 gange
 - Isotopmærkning og måling som i kløver

AP3 – Proteinkvalitet i rødkløver



- Rødkløver har et højt indhold af protein, men en lav nedbrydningsgrad i kvæg hvilket giver dårligere proteinudnyttelse.
- Dette skyldes primært enzymet polyphenol-oxidase

Aktiviteter:

- Screening af udvalgte rødkløvergenotyper for proteinindhold og kvalitet (rødkløver har højt proteinindhold – men lav fordøjelighed).
- 80 genotyper dyrket under kontrollerede forhold i væksthuss
- 20 genotyper dyrket under markforhold for at belyse den miljømæssige indflydelse på enzymaktiviteten.

WORKPACKAGE 3 UPDATE



AARHUS
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF
MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

KLIMAPROTEIN UPDATE
APRIL 2024

SIMONE ANDREA GIERLICH
PHD STUDENT

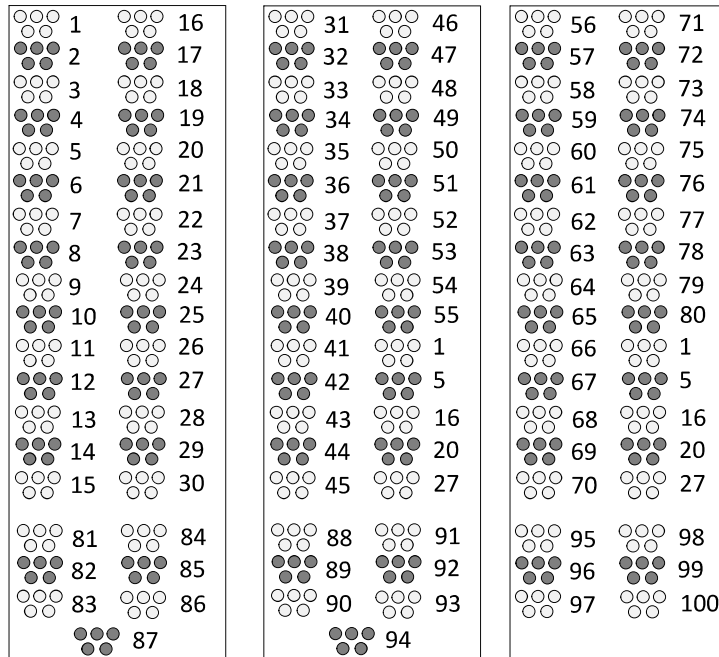


KLIMAPROTEIN

OBJECTIVES AND PLAN

- Characterize 100 red clover lines:
 - Protein content analysis
 - Polyphenol oxidase (PPO) activity

SETUP IN GREENHOUSE



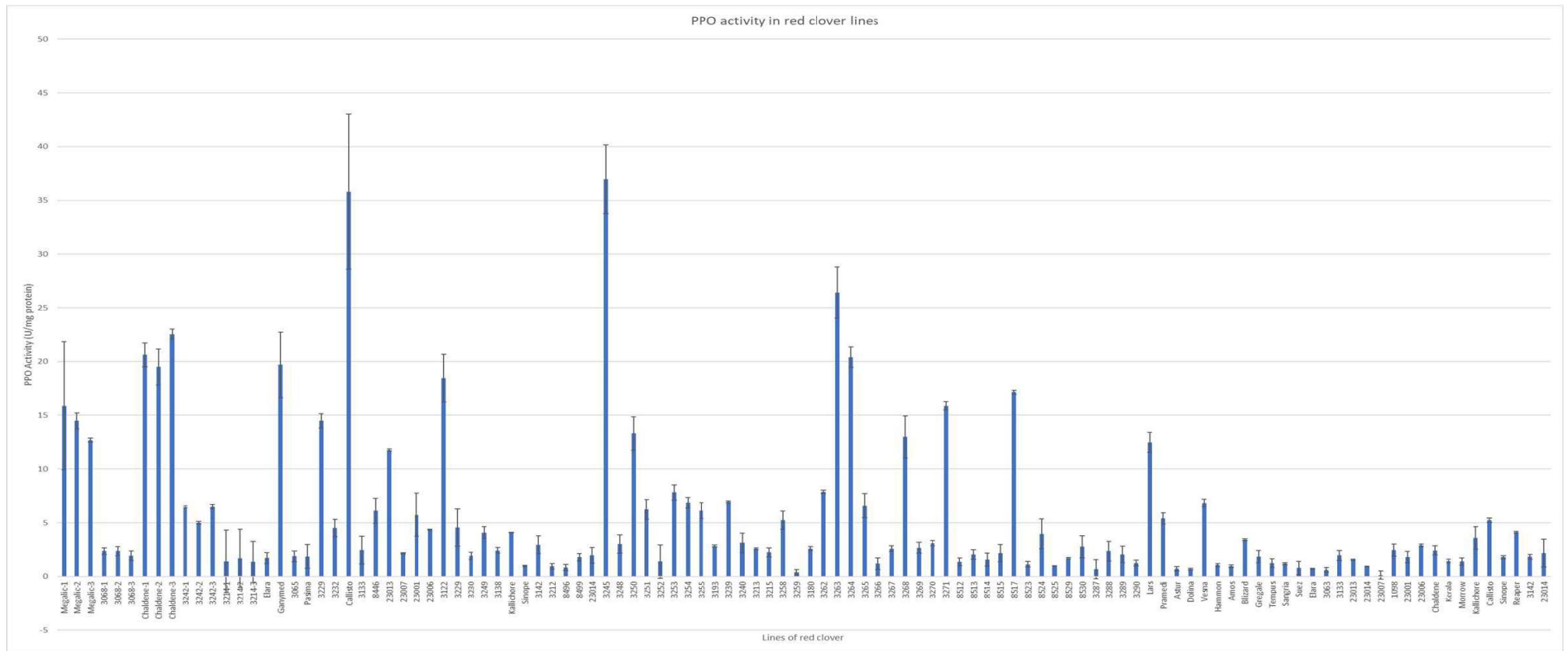
- Lines grown with 10 days delay between tables; otherwise handling of samples would have been impossible
- 5 lines (16.67 %) overlap between batches to see if batch effects occur
 - Megalic
 - 3068
 - Chaldene
 - 3242
 - 3214

POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY

- Measured with commercially available kit from Elabsience
- Biological duplicates measured for each line
- Shown: average of duplicates with calculated std. error
- For lines grown in all three batches: no significant difference could be detected
- Other lines: large variations in PPO activity



POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY

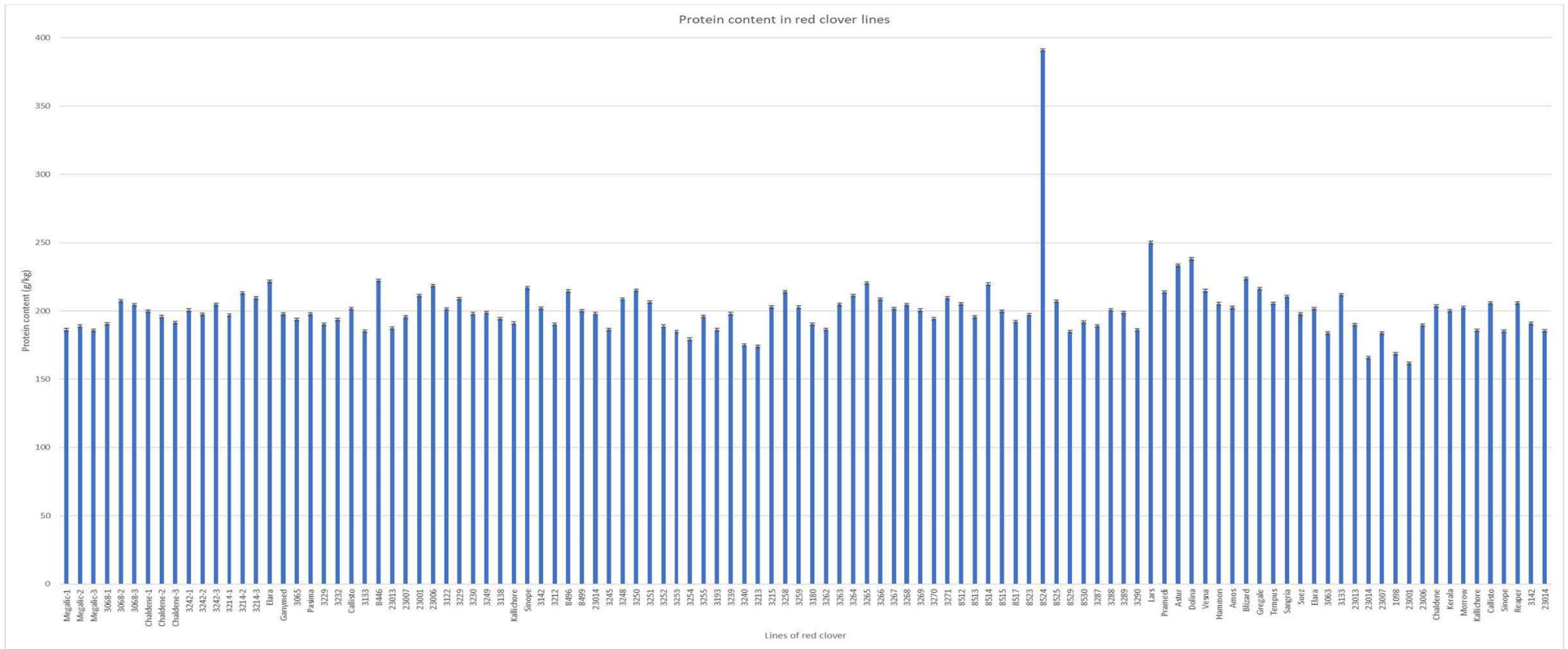


PROTEIN CONTENT

- Measured by Agrolab: dry matter (%) and nitrogen (g/kg)
- Protein content calculated based on these measurements
- Conversion factor used: 5.6
- Shown: average of duplicates with calculated std. error
- For lines grown in all three batches: no significant difference could be detected



PROTEIN CONTENT



KLIMAPROTEIN STATUS AND PLAN

2023:

→ Characterize 100 red clover lines:

- 20 lines sampled at DLF ✓
- 80 lines grown in Greenhouse ✓

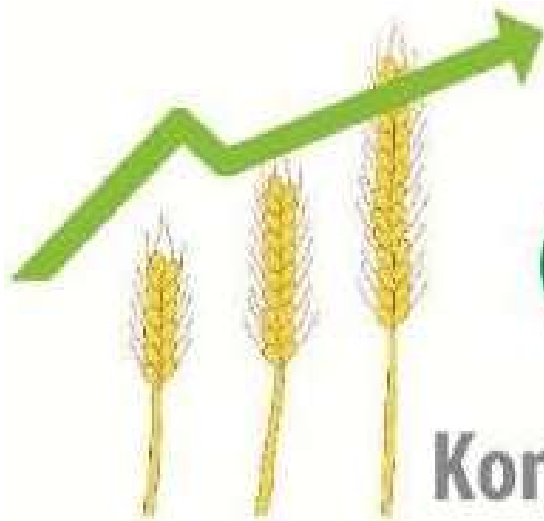
→ Protein content analysis ✓

→ Polyphenol oxidase (PPO) activity ✓

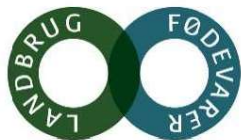
2024:

→ Data analysis

→ GWAS



Konkurrencedygtig Planteproduktion



KØBENHAVNS
UNIVERSITET



AALBORG
UNIVERSITY



Konkurrencedygtig planteproduktion 2015



Fra FAUPE – og tiden med simple rørforsøg i marken – *low tech* og kun få gentagelser ...

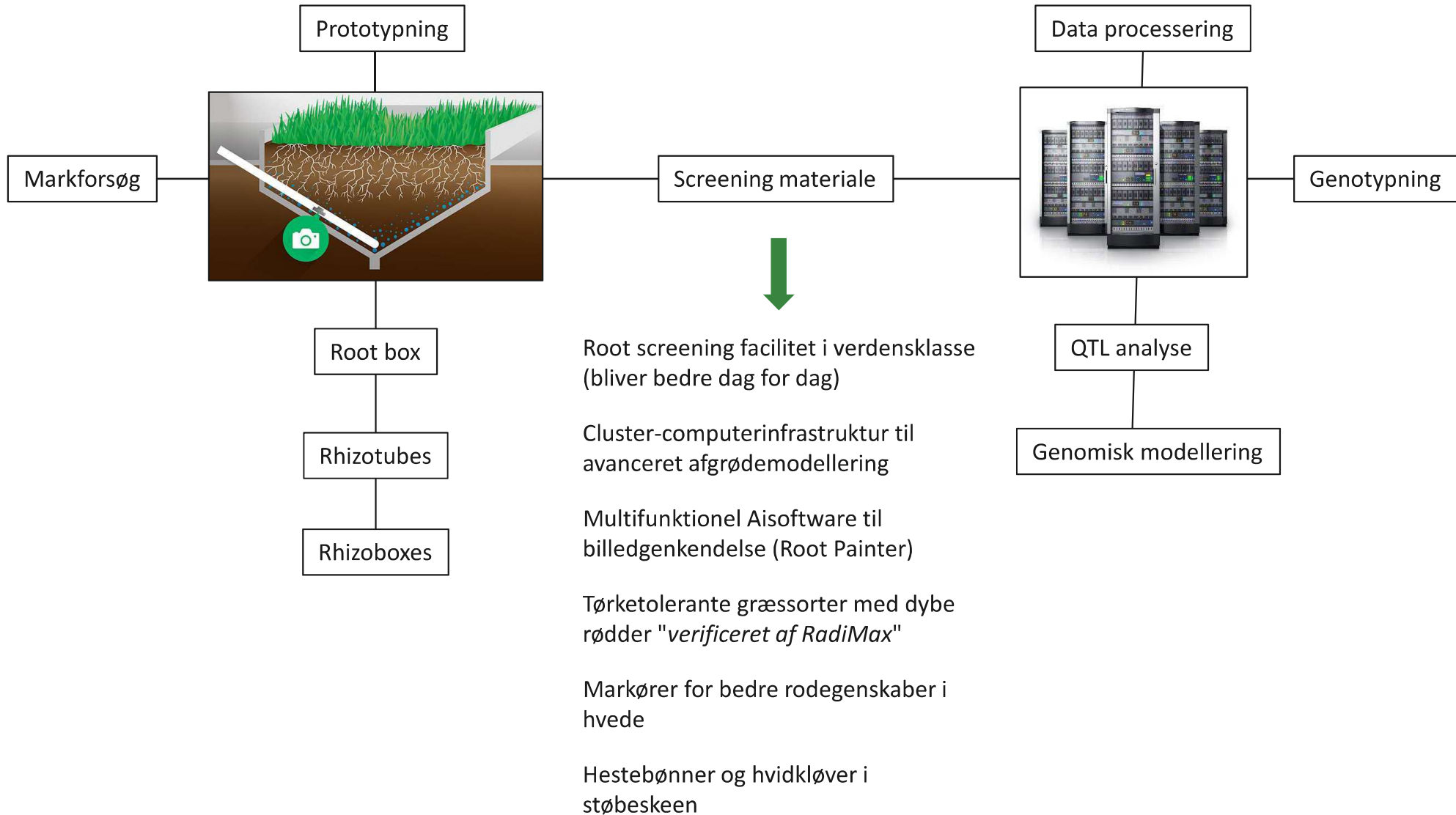


.... til verdensklasse facilitet

- Vi har nu en facilitet og funktionalitet som lever op til det vi ønskede os i 2014!
- *“At the International root conference in Israel, the majority of all other root researchers are still conducting their experiments in tubes inside the greenhouse”.*



Klimatilpasning og NUE



Klimatilpasning og NUE



- *Verified by RadiMax* græssorter med dybe rødder og dokumenteret tørketolerance i RadiMax og i markforsøg markedsføres nu af DLF
- Lignende markedsføring af hvedesorter med dybe rødder på vej
- Significante QTL'er for rodmasse og rodvinkel (indikatorer for dyb rodmasse) er blevet identificeret og kan nu bruges til backcrossing af dybe rødder til hvede
- Identifikation af lignende QTL'er forfølges nu i flerårig rajgræs
- Første store bevis på korrelation mellem dyb rodmasse og øget ^{15}N optagelse i både græs og i hvede (indikerer at sorter med dybe rødder har bedre NUE)
- Første store bevis på sammenhæng mellem dyb rodmasse og øget D_2O -optagelse i græs (indikerer, at sorter med dybe rødder har bedre WUE)
- Genomisk prædiktions af dyb rodmasse i flerårig rajgræs etableret
- Verdens første brugbare arvelighedsscore for dybere rødder i hvede måles nu i RadiMax ($H^2 = 0,42$) = Nu er forædling for dyb rodmasse mulig.

Effekter



Bedre rodvækst

25 til 40 cm ekstra rodedybde = ca. 30 mm ekstra vand (20 – 60 mm)

30 mm = 8-10 dages ekstra vækst

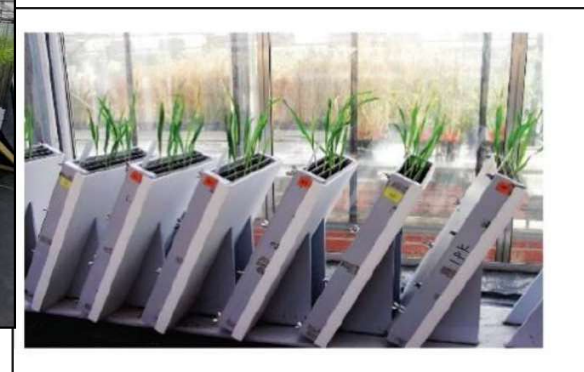
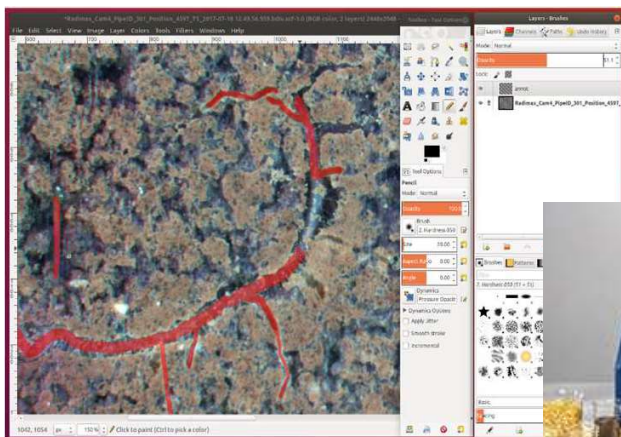
1 mm = ca. 50 kg biomasse, heraf 25 kg kerne

Resulterer i øget udbytte i vinterhvede på 5 hkg pr. Ha (500.000 ha) og 5 hkg biomasse per ha i græs (300.000ha) (> 400 mill. Kroner)

Øget proteinindhold

Sorter med øget proteinindhold på 65 kg ekstra protein pr. Ha

Hvis proteinindholdet kan øges på halvdelen af danske hvedemarker, vil projektet øge proteinproduktionen med 17.000 ton protein (* 4 kr. pr. kg protein omkring 70 mio. Kr.)



1. Tørketolerante græsser kan bruges i kommercielle blandinger
2. Bruger sorter/linjer i forædlingsprogrammerne
3. Udvikle DNA-markører/modeller, som bruges i forædlingen