

# Rod phenotyping af hestebønner i rør-rhizotroner

Forfatter(e): Anders Constantin T Sørensen<sup>a</sup>, Kristian Thorup-Kristensen<sup>a</sup> & Dorte Bodin Dresbøll<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Københavns Universitet, Institut for Planet- og Miljøvidenskab

støttet af

**Promille**afgiftsfonden for landbrug



## Indledning

Hestebønner er et muligt alternativ til importeret soja, som trives i det danske klima. Interessen for produktion af hestebønner har været stigende, men mødte en brat nedgang i 2018, hvor vækstsæsonen var rekordtør. Projektet "Dyrkning af proteinafgrøder med lavt miljø- og klimaaftryk (Klimaprotein)" sigter efter at identificere nye metoder til at forædle proteinafgrøder, som er mere robuste overfor tørre somre. Danmark står til at få højere årligt nedbør men også mere intense regn- og tørke perioder. Dybt groende rødder er dermed oplagt forædlingsmål, da det vil give planterne øget adgang til mere af det jordvand som blev oplagret i jorden under den foregående regnperiode.

## Introduktion

20 udvalgte sorter af foderhestebønne (*Vicia faba*) blev screenet/phenotypet for dyb rodvækst, biomasseproduktion og tørkerelateret stress i et rør-rhizotron forsøg. Phenotyping-metoderne var rodafbildning, synlig rodtybde måling, <sup>13</sup>C isotopafvigelse ( $\delta^{13}\text{C}$ ), samt vejning af biomasse over og under jorden. Rod-billeder blev analyseret med programmet "Rootpainter" og "Rhizovision explorer".  $\delta^{13}\text{C}$  blev analyseret på forskellige biomassepuljer for at måle tørkestress med forskellig temporal opløsning. Eksperimentet viste tydelig forskel på sorternes rodtybde, stress og biomasseproduktion, men viste ikke en entydig fordel af at have dybt groende rødder.

## Materialer og metoder

De 20 hestebønnesorter blev sået enkeltvis med 4 gentagelser i 2 meter høje **rør-rhizotroner**. Disse er fremstillet af akrylplast og har en indre diameter på 12,7 cm, hvilket betyder, at planterne havde 25,3 liter jord. Det øverste jordlag var sat til 40 cm dybde og bestod af lokal sandjord. De resterende 1,6 m bestod af en blandet underjord, hvor 2/3 af jordens volumen bestod af groft flisesand, mens de resterende 1/3 var lokal JB6-jord. Den tilføjede underjord havde en bulk densitet på 1,22 g/cm<sup>3</sup>. For at opnå den ønskede bulk densitet af 1,6 g/cm<sup>3</sup>, blev der tilføjet 1,3 gange det ønskede jordvolumen. Samme metode blev brugt for de nederste 34 cm af topjorden. Alle rør blev først vandet med 2 liter for at hjælpe underjorden med at sætte sig, efter opfyldning med cirka 3/4 del af topjorden blev der tilføjet yderligere 6 liter. De øverste 7 cm af topjorden blev først tilført og fugtet let efter såning. Hestebønnerne blev forspiret i petriskåle med våd bomuld, med sådato den 1-5-2024 og alle sorter var klar til såning efter to dage. To spirede frø blev placeret med 4 cm afstand til hinanden omkring midten af røret. Frøene blev forsigtigt fugtet med en vandforstøver, hvorefter de resterende 7 cm af røret blev fyldt med topjord og fugtet med 50 ml vand. Da skuddene var synlige, blev en af de to planter fjernet, så hvert rør kun havde én plante. Vanding blev udført med direkte stænk af 50-100 ml postevand fordelt over hver uge. I første uge var vandingen blot 50 ml, som blev gradvist intensiveret til 700 ml i ottende uge. Gennemsnitsvandingen var 331 ml om ugen, hvilket svarer til at planterne, udover den indledende opvanding, hver fik i gennemsnit 26 mm om ugen, i 8 uger op til en tørkeperiode på 2 uger.

**Rod-billeder** blev taget med et Sony dsc-qx10 fjernbetjent kamera, som var installeret i en mørke-boks, der forhindrede lysforurening af billederne. Boksen målte 14,4 x 28,5 cm indvendigt, og kameralin-sen var cirka 18 cm fra den nærmeste overflade af røret. Billeder blev taget på to modsatte sider af rørene med et vertikalt afstandsinterval på 30 cm. Det øverste billede begyndte i 6 cm dybde. Rødderne blev afbildet i juni og juli måned. Rod-billederne blev analyseret med en Clustered Neural Network (CNN) -baseret segmenteringsmodel som blev lavet i programmet "RootPainter", hvorefter rod-segmenterne yderligere blev analyseret med programmet "rhizovision explorer". Ud over billede analysen blev der målt med det blotte øje synlig maksimal rodtybde 3 gange i perioden 31 maj til 10 juli med et målebånd fra rør-rhizotronens øvre kant. Målingen blev korrigeret hvis jorden var sunket under vækstperioden.

**Biomasse** blev høstet under bælg-sætning den 10. juli, hvor der først blev indsamlet et topskud, defineret som de øverste 5 cm under skudpunktet. Den resterende plante blev høstet fra jordens overflade og bælg blev separeret og vejet efter tørring. Rodbiomasse blev udvasket fra de øverste 50 cm af jorden, ved at skylde rødderne grundigt over en si og fjerne eventuelle sten. Det blev vurderet at rodbiomassen dybere en 50 cm i jorden ikke bidrog nævneværdigt til den samlede rodbiomasse. **<sup>13</sup>C-isotopafvigelsen** blev målt i 3 biomassepuljer. Disse var: Topskud, vandopløseligt kulstof fra topskud og det resterende skud med bælg. Alle isotoprøver blev analyseret i isotoplaboratoriet på Københavns universitets institut for geovidenskab og naturforvaltning (IGN). **Statistik:** Alle sorter/genotyper blev sammenlignet med en one-way ANOVA, efterfulgt af en Fischer LSD-test uden p-justering. Alle data er vist med standard error.

## Resultater

Der var tydeligst forskel i synlig roddebyde den 21. juni (49 dage efter såning). NS32 blev målt til at være den dybest groende sort. NS42 så ud til at penetrere topjorden (øverste 40cm) hurtigst, men så ikke ud til at gennemtrænge den grove underjord lige så effektivt. NS42 havde yderligere relativt høj rodbiomasse. NS12 og SJ87 så ud til at have overfladisk rodvækst. Dybdemålingerne så ud til at vise tydeligst forskel på sorterne.

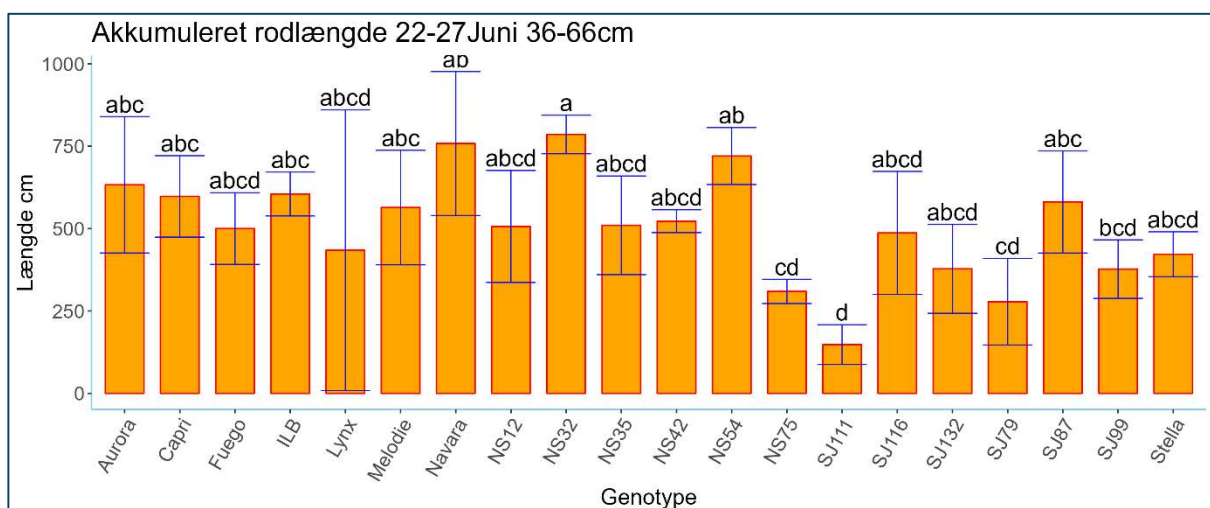
Resultaterne for den totale rodlængde og rodbiomasse havde stor usikkerhed, men indikerede at Navara også havde relativt høj rodmasse i de øverste 50 cm og total rodlængde i de dybere jordlag. NS32 indikerede den ønskede korrelation mellem roddebyde og tørketolerance, men det var ikke nok til at påvise hvorvidt dybere rodvækst gav mere overjordisk biomasse eller mindre tørkestress. SJ99 så ud til at etablere sig hurtigt i dybden, både på rodbilleder og rodmåling. SJ99 så ud til at præstere relativt godt over alle parametre, men var ikke tilstrækkeligt signifikant til at påvise nogle sammenhænge. En mulig forklaring er at der ikke var nok vand tilgængeligt i jorden, til at påvise den gavnlige effekt af dybe rødder. Lynx led i dette eksperiment med to planter, der døde midt i vækstperioden, hvilket ledte til meget inkonsistente data. Capri havde højest rodbiomasse og skilte sig signifikant ud fra Fuego. De adskilte sig dog ikke signifikant fra hinanden i roddebyde og overjordisk biomasse. Det indikerer at sorter som Capri kan oplagre mere kulstof i jorden.

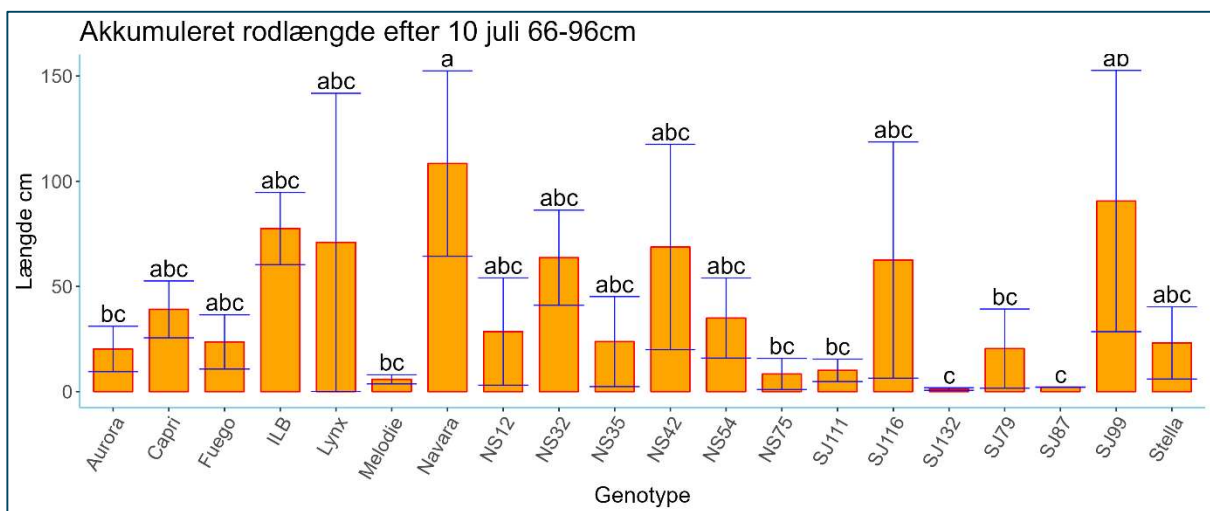
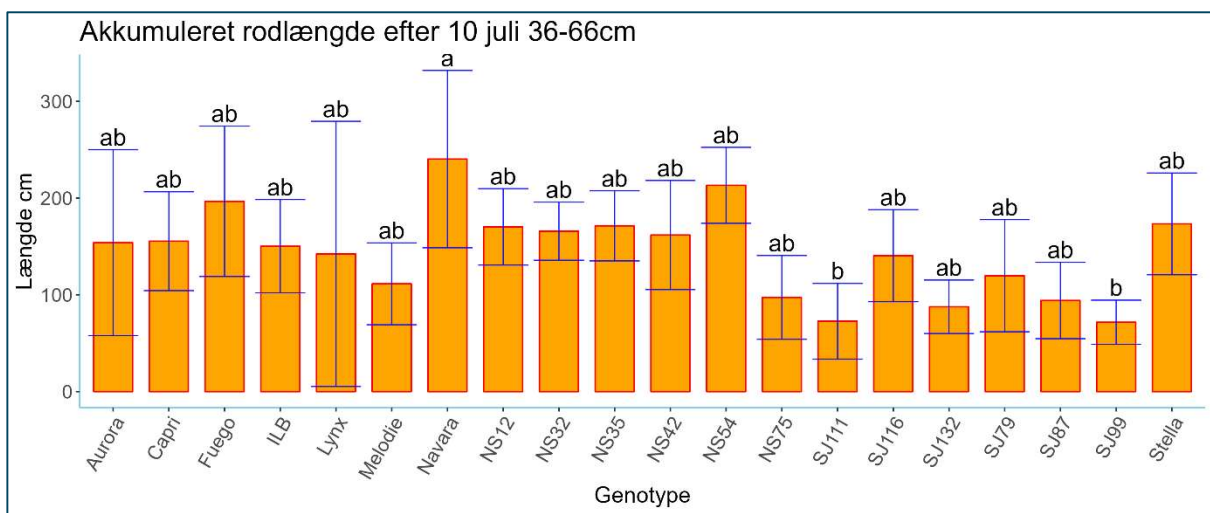
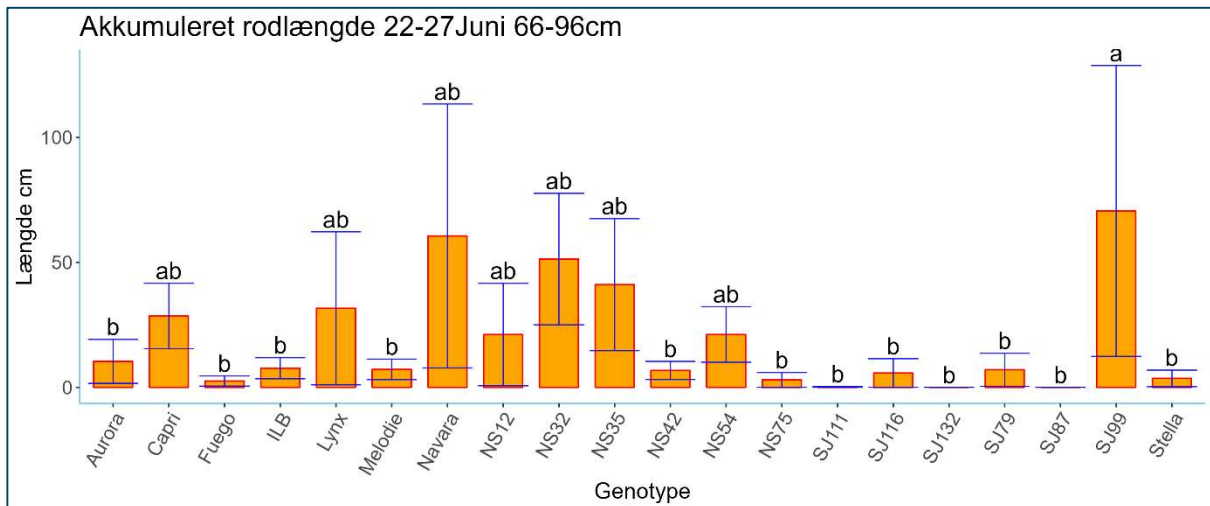
De 3 kulstofpuljer viser hvor stressede sorterne var i forskellig tidsskala.  $\delta^{13}\text{C}$  data for hele planter viser stress over hele vækstperioden og viste ikke meget forskel på sorterne. Det var NS12, NS35 og Fuego der viste det mindste stress signal i dette forsøg. Disse to sorter havde også en relativt lille biomasseproduktion, hvilket har betydet at de heller ikke skulle bruge lige så meget vand.  $\delta^{13}\text{C}$  data for vandopløseligt kulstof og topskud viste samme mønster, hvor vandopløseligt kulstof viste forskel på lidt flere sorter med relativt høj  $\delta^{13}\text{C}$  og hele topskud på enkelte sorter med relativt lav  $\delta^{13}\text{C}$ .

De relativt store planter som Navara og ILB viste særligt højt stresssignal i vandopløseligt kulstof og topskud, men ikke i den samlede biomasse, hvilket kan indikere at de netop ikke har været særligt tørkestressede i perioden op til tørkeperioden og derfor har kunnet vokse sig så store at stresssignalet først er kommet markant i slutningen af eksperimentet, hvor den større biomasse har krævet mere vand. Fuego viste tydeligt det modsatte mønster af Navara med lille overjordisk biomasse og lavt stress signal i topskud og vandopløseligt kulstof.

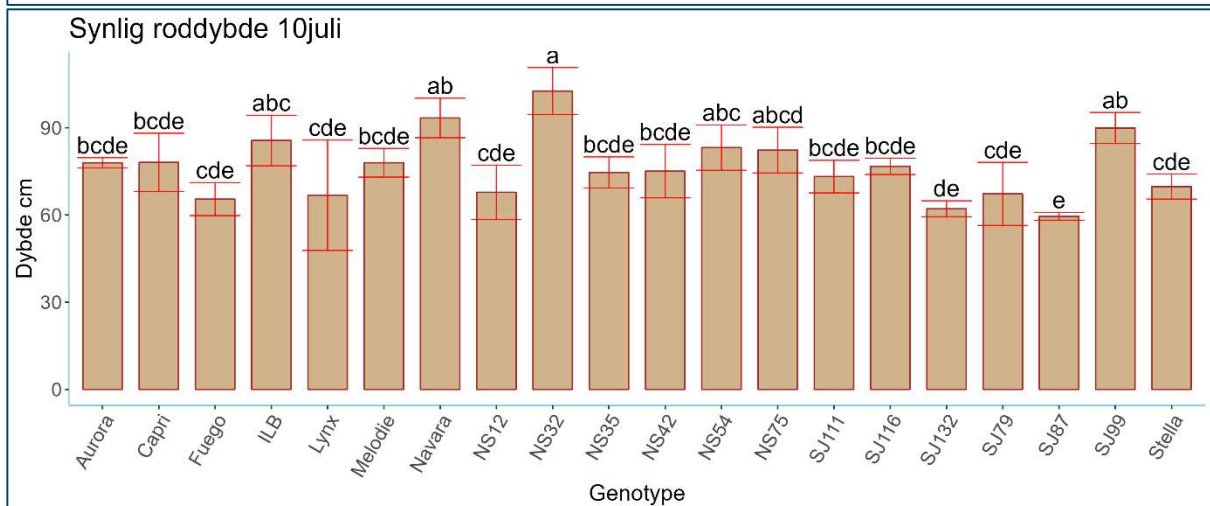
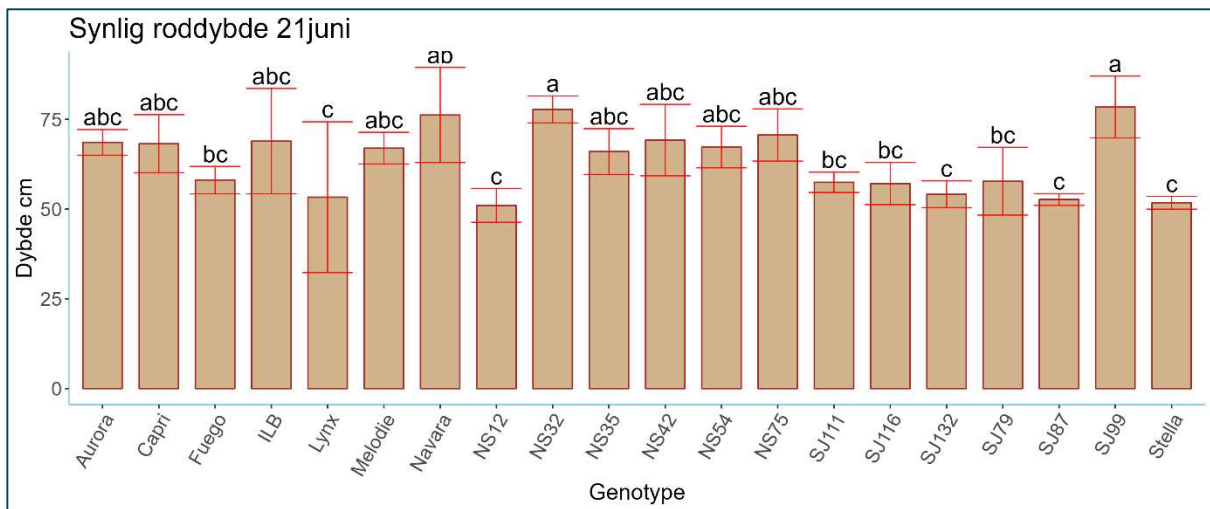
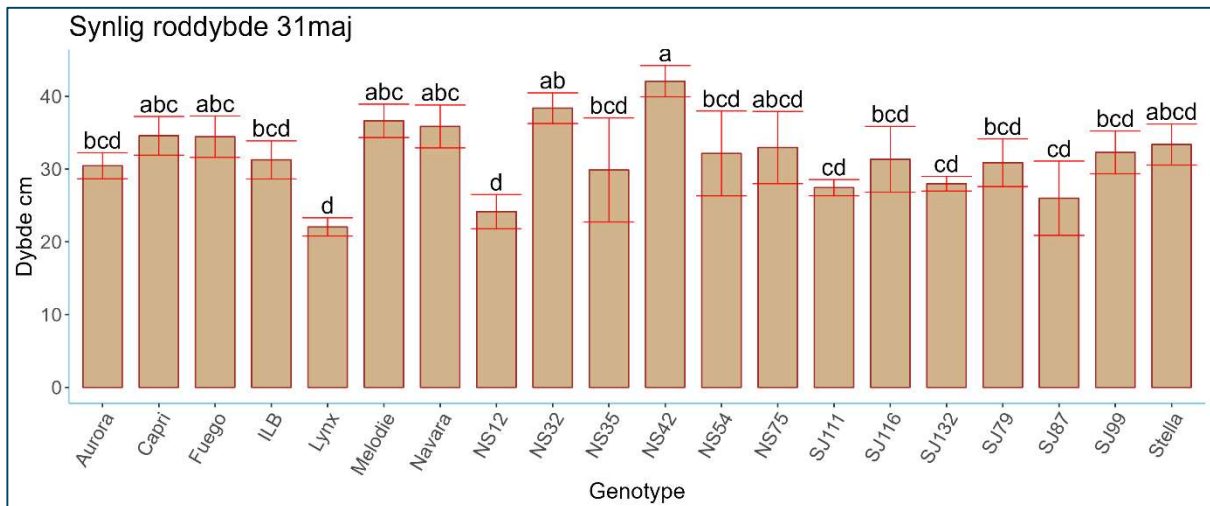
Et forsøg hvor planterne voksede under mere marklignende forhold og helt til høst er gennemført i sommeren 2024 i RadiMax anlægget, og vil forhåbentlig give både mere robuste roddata og klarlægge korrelationen mellem rodvækst, afgrødevækst og udbytte under tørke bedre. En grund for til den høje usikkerhed kan være det lave antal af datapunkter hvor højst 4 planter af hver genotype har været afbildet. En bedre kameradækning kan muligvis også forbedre sikkerheden i målingerne.

## Rodbilledanalyse (total rodlængde)

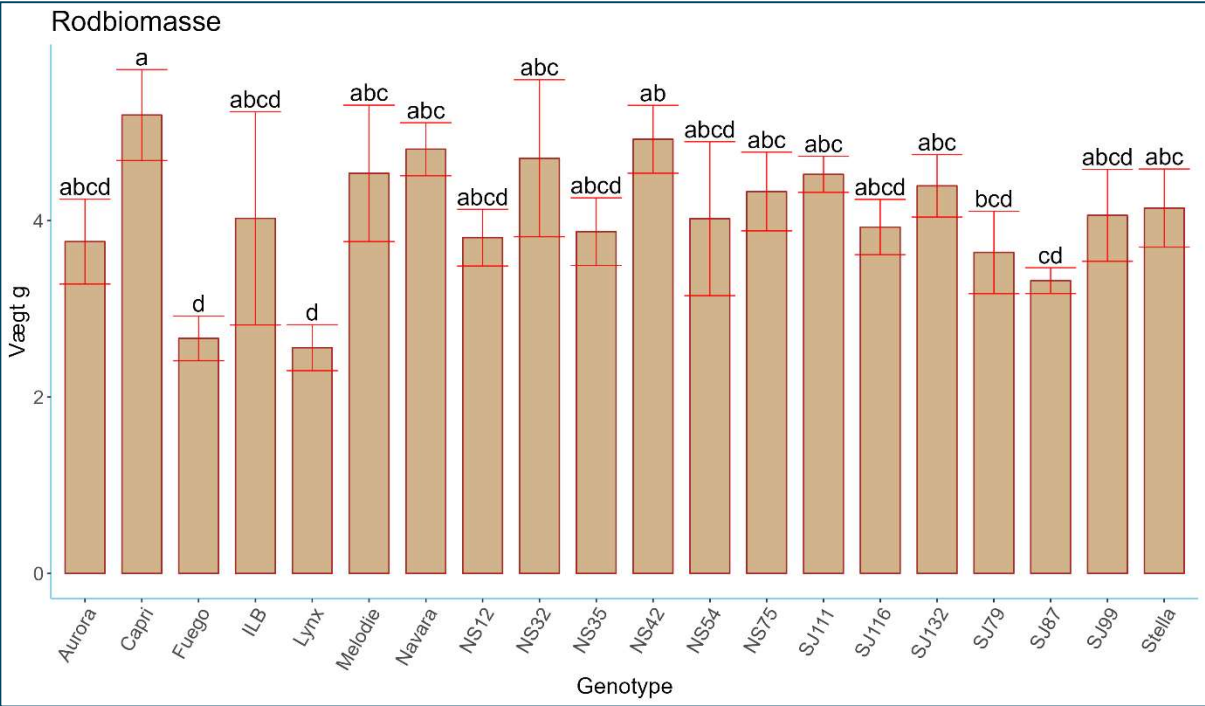
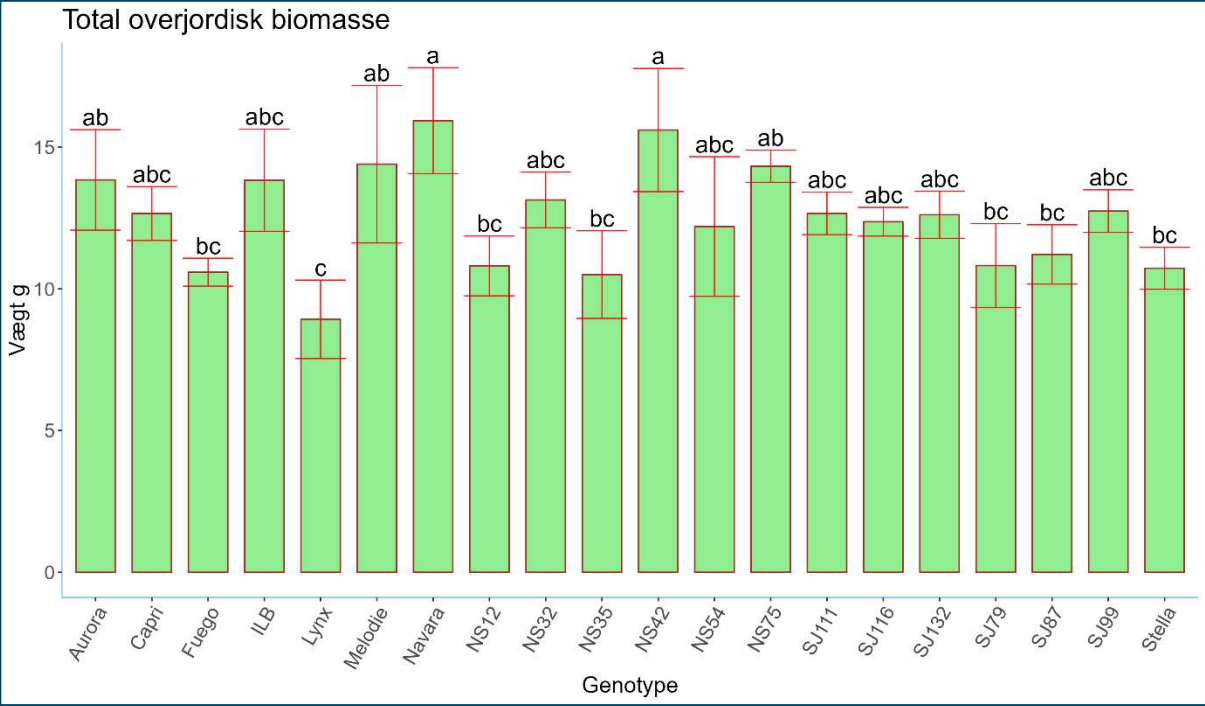




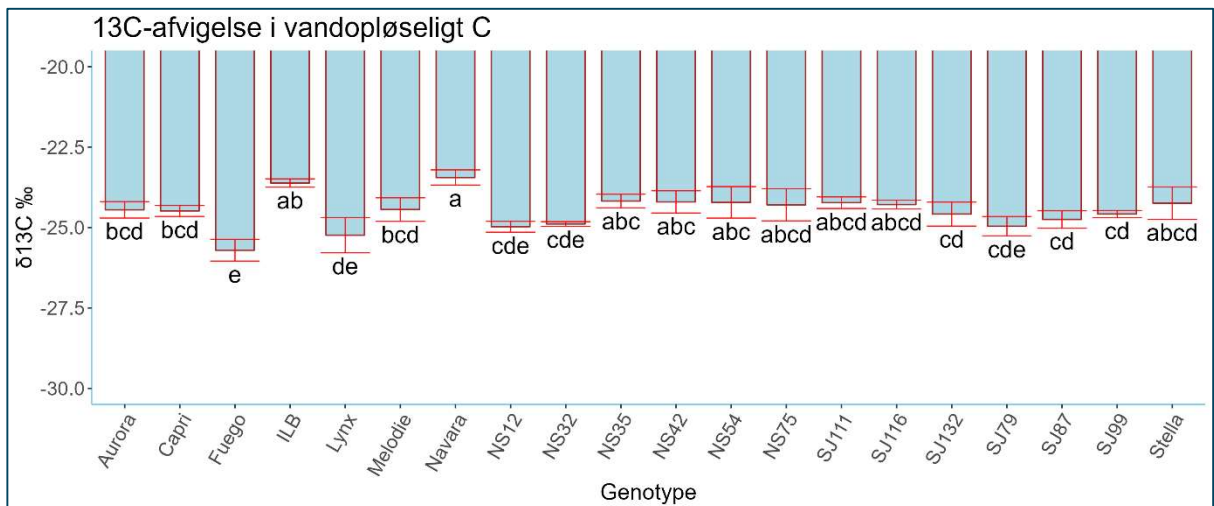
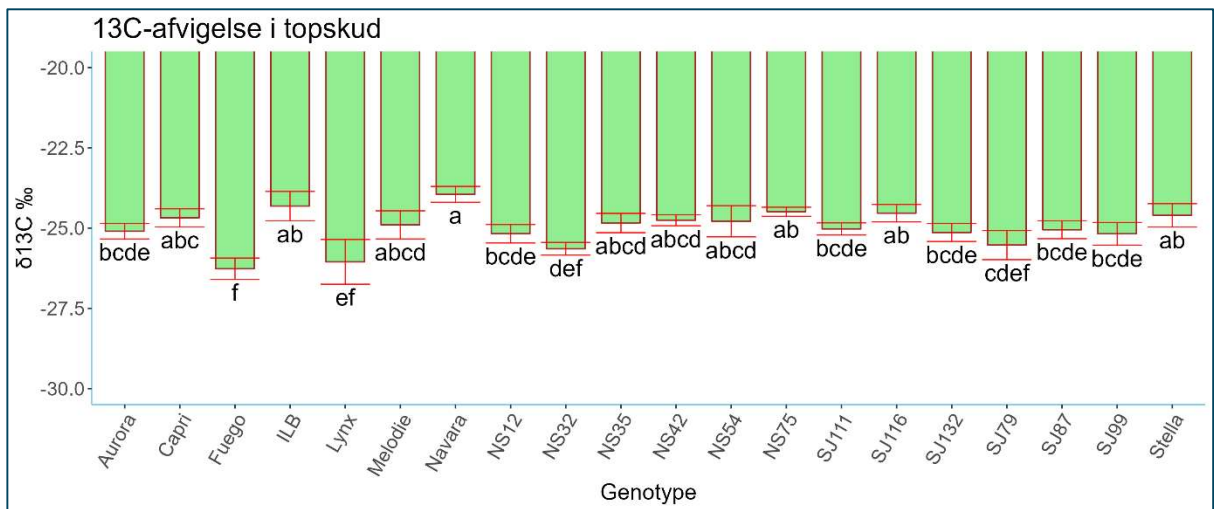
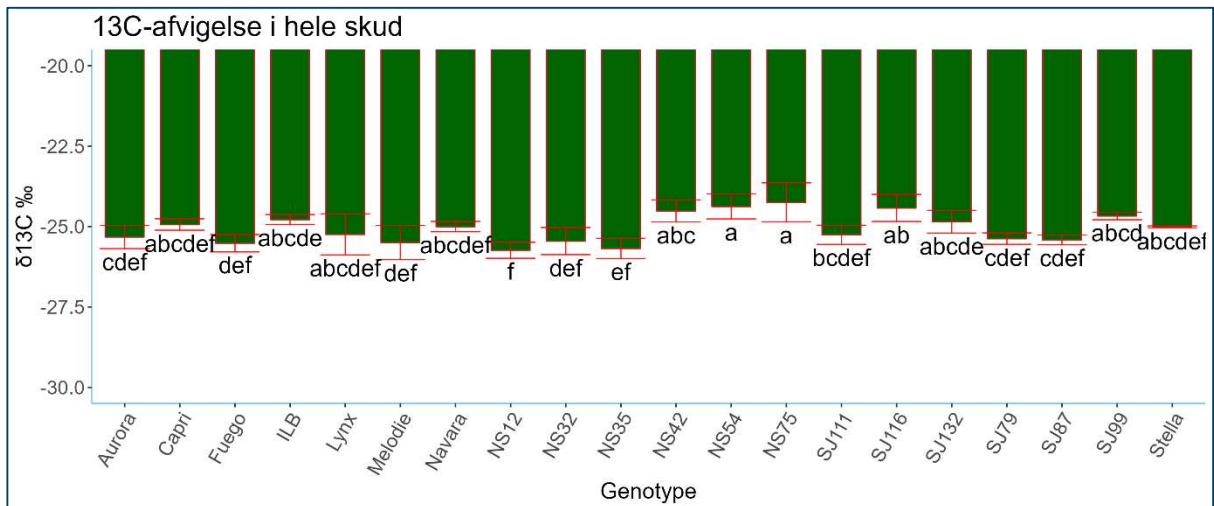
## Visuelle rodmålinger



# Biomasse vægt



## 13C-afvigelser



## Konklusion

Trods stor variation i roddata var det muligt at identificere genotyper med signifikant høj/lav biomasseproduktion og rodvækst. Korrelationen mellem dyb rodvækst og lavt stresssignal var ikke signifikante, hvilket kan skyldes flere forhold omkring metoden, bl.a. at målinger foregik på enkeltplanter med plads omkring frem for afgrøder i tæt bestand, at der er betydelige forskelle i tidlighed imellem sorterne, og måske lavt vandindhold i underjorden i rhizotruerne. Måling af  $\delta^{13}\text{C}$  i de yngste blade så ud til at muliggøre en mere aktuel måling af vandstress end hvad man kan opnå ved at måle på hele planten.