

Billede 1:
Opstilling med
vårbyg dyrket i
søjler med jord
fra Jyndevad og
Billund (40 søjler
med diameter
på 30 centimeter
og højde på 150
centimeter).
Biokul (SB33)
er indblandet
i jordlaget fra
30-80 centi-
meters dybde
i koncentrat-
ionerne en, to
eller fire procent.
Jord uden biokul
samt effekter af
uformalede bio-
kulpiller indgår
også. Privatfoto
taget 15. juni
2022.



Første markforsøg med biokul er i fuld gang

I samarbejde med Sagro, er Seges Innovation og Københavns Universitet på en mark i Sydjylland i fuld gang med at undersøge, hvordan fine biokulpartikler kan hjælpe sandjorden med at holde på vand.

Af Carsten Tilbæk Petersen, lektor ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab ved KU, med flere

I begyndelsen af april 2023 blev et markforsøg etableret af Seges Innovation og Københavns Universitet ved Fåborg nær Esbjerg i nært samarbejde med rådgivningsvirksomheden Sagro og forsøgsvirksomheden Ytteborg. Formålet er at undersøge biokuls effekter på udbytteforhold og planternes vandforsyning og er en del af GUDP-projektet BioAdapt.

Forsøget laves i forholdsvis lille skala, som passer til budgettet, fordi det i øjeblikket ikke er muligt at købe biokul, der er tilstrækkeligt findelt, og fordi der ikke findes maskinel, som sikrer ensartet iblanding af materialet i underjord i større skala.

Begge forhold ses som startvanskeligheder, der højst sandsynlig kan

overvindes med hjælp af kreative maskinudviklere, hvis teknikken fortsat giver lovende resultater.

Biokul med en finhedsgrad svarende til SB33 er fremstillet som en del af projektet. Det er blandet med underjord i 30-80 centimeters dybde og genudlagt ved hjælp af gravemaskine og betonblander (se billede 3). Herefter er overjorden fra 0-30 centimeters dybde lagt tilbage, hvor den kom fra.

Forsøgsarealet behandles herefter som den omkringliggende mark. Det er meningen, at forsøget skal fortsætte gennem en årrække og med intensiv monitoring, dels fordi effekterne ventes at være stærkt vejrafhængige, dels fordi det er vigtigt at finde ud af,



Billede 2: Biokul bliver fremstillet ved pyrolyse af piller typisk lavet af hvedehalm og bøgetræ. I forsøgene blev det pilleformede biokul formalet og sorteret ved sigtning i seks størrelsesfraktioner. Arkivfoto: Agrofoto.

Forskningsprojektet BioAdapt

BioAdapt er en forkortelse af projektets engelsksprogede titel: "Biochar as a tool for climate adaption in crop production on coarse sandy soil". Forfatterne har modtaget støtte fra Miljø- og Fødevarerministeriets særlige klimapulje for 2020 under GUDP-programmet. Projektperioden løber fra 1-1-2021 til 31-12-2023.



om de er varige.

Computersimulering

Det vil tage lang tid at oparbejde tilstrækkelig erfaring gennem markforsøg. Desuden vil det kræve mange ressourcer at få forsøgsdata nok til at dokumentere teknikens berettigelse, og det vil kræve mange ressourcer at få data nok fra forskellige klimascenarier og afgrøder.

Blandt andet derfor suppleres det eksperimentelle arbejde med dynamisk computersimulering. Effekter af jordlagenes ledningsevne for vand, og dermed af nedbørs- og afdræningsdynamik samt vandtransport i delvist udtørret jord på planternes vandforsyning, indgår i computersimuleringerne. Simuleringerne er lavet for

vårbyg med efterafgrøde og vinterhvede over en periode på 100 år for at få information om såvel gennemsnit som årsvariationer. Computermodellen, der hedder Daisy, er fodret med realistiske vejrscenarier for området ved St. Jyndevad samt med laboratoriemålinger af Jyndevad-jordens egenskaber (JB1) henholdsvis med og uden tilførsel af fint biokul (3,0 procent af SB15).

Vores antagelse er, at effekter på jordens hydrauliske egenskaber holder sig igennem hele perioden, og at rødderne kan gro i hele det berigede jordlag. Det vil sige, at rodtybden bliver øget, hvis biokul indarbejdes i jordlag under 50 centimeters dybde. Desuden er antagelsen, at der ikke sker

forskydninger over lang tid i jordens indhold af humus.

Der er heller ikke regnet på nedbrydning af biokul i perioden, da nedbrydningshastigheden ventes at ændre sig over så lang en årrække, og vi endnu ikke har målt hastigheden over tilstrækkelig lang tid. I litteraturen kan man finde belæg for at forvente, at 80-90 procent af det tilførte kulstof med biokul stadig vil være til stede i jorden efter 100 år, og at nedbrydningen herefter går meget langsomt.

Beregnete høst-udbytter øges

Afgrøderne tilføres beregningsmæssigt henholdsvis 120 (vårbyg) og 200 (vinterhvede) kg kvælstof pr.

hektar. Forudsætningerne er opstillet efter bedste skøn, men det er vigtigt at have dem for øje, når simuleringsresultaterne bliver vurderet. Resultater for jord med biokul sammenlignes med to kontroller, nemlig uberiget jord uden vanding samt uberiget jord med vanding i henhold til anbefalingerne i vandingsprogrammet Markvand. Nogle foreløbige resultater kan du se i figur 3.

De beregnede gennemsnitlige høstudbytter i uvan- det vårbyg og vinterhvede vokser i jord med biokul med op til henholdsvis cirka 22 og 20 hkg kerne pr. hektar i forhold til udbytterne på jord, som ikke har fået biokul (figur 3b). Den største udbyttefor-

Billede 3: Jord og biokul blev blandet ved hjælp af en betonblandemaskine, inden det blev lagt tilbage i underjorden i 30-80 cm dybde. Foto: Janne Aalborg Nielsen, Seges Innovation.



Artiklens forfattere

- Carsten Tilbæk Petersen, lektor, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU
- Esben Wilson Bruun, Postdoc, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU
- Dorette Müller-Stöver, Lektor, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU
- Per Abrahamsen, Specialkonsulent, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU
- Giulia Ravenni, Postdoc, Institut for Kemiteknik, DTU
- Anne Winding, Professor, Institut for Miljøvidenskab, AU
- Janne Aalborg Nielsen, Landskonsulent, Seges Innovation

øgelse opnås, når biokul indarbejdes i hele jordlaget fra 30 til 100 centimeters dybde. Udbytteeffekten ser ud til at vokse nogenlunde stabilt med tykkelsen af det berigede jordlag eller mængden af anvendt biokul.

Udbytteerne i de uvandede afgrøder med biokul indarbejdet til mindst 80 centimeters dybde er højere end udbytteerne i kontroljorden med vanding. Det samme gælder vandforbruget til fordampning i hvede, men ikke i vårbyg (figur 3a).

Biokul indarbejdet til mindst 80 centimeters dybde synes dermed at være bedre til at sikre vandforsyningen i hvede end vanding i henhold til vandingsprogrammet Markvand. Det hænger sandsynligvis sammen med, at vandingsvandet ikke tilføres optimalt.

Der høstes således mere kvælstof i kernerne, og der udvaskes mindre kvælstof fra jorden med biokul end fra den vandede kontroljord (henholdsvis figur 3c og 3d). Vanding af kontroljorden mindsker naturligvis vandmangelen, men kan ikke i samme grad som tilførsel af biokul til mindst 80 centimeters dybde forbedre udnyttelsen af

kvælstofgødning. Om det reelt er muligt at opnå de beregnede positive merudbytter og kvælstofeffekter med biokul afhænger blandt andet af om biokul øger roddybden som antaget. Dette vil rodvækststudierne vise.

Mere kvælstof i kernerne

Den bedre vandforsyning med biokul i forhold til uvandet kontrol stabiliserer i nogen grad udbytte niveauet vist ved, at årsvariationerne bliver lidt mindre (figur 3b). Med højere og mere stabile kerneudbytter øges også mængden af høstet kvælstof i kernerne, som kan omregnes til et højere proteinindhold (figur 3c), hvorved kvælstofudvaskningen bliver markant mindre (figur 3d).

Ved tilførsel af tre procent biokul i jordlaget i 30-80 centimeters dybde reduceres den beregnede gennemsnitlige kvælstofudvaskning således med henholdsvis 63 og 38 procent i vårbyg og vinterhvede. I vårbyg til 13 kg pr. hektar fra 37 kg pr. hektar i den uvandede kontrol, og i vinterhvede til 27 kg pr. hektar fra 44 kg pr. hektar i den uvandede kontrol. I figur 3 er effekterne af biokul vist ved

tilførsel af 3,0 procent af den mest finkornede sortering (SB15). Effekterne ved tilførsel af 1,5 procent af samme materiale (ikke vist) er i det store hele halvt så store, hvilket betyder, at effekten pr. mængdeenhed tilført biokul er nogenlunde den samme.

Der er som nævnt endnu ikke resultater fra markforsøg til validering af computerberegningerne. Vi forventer, at beregningerne skal justeres, efter vi har resultaterne fra markforsøget.

Dyrkning af vårbyg i store jordsøjler

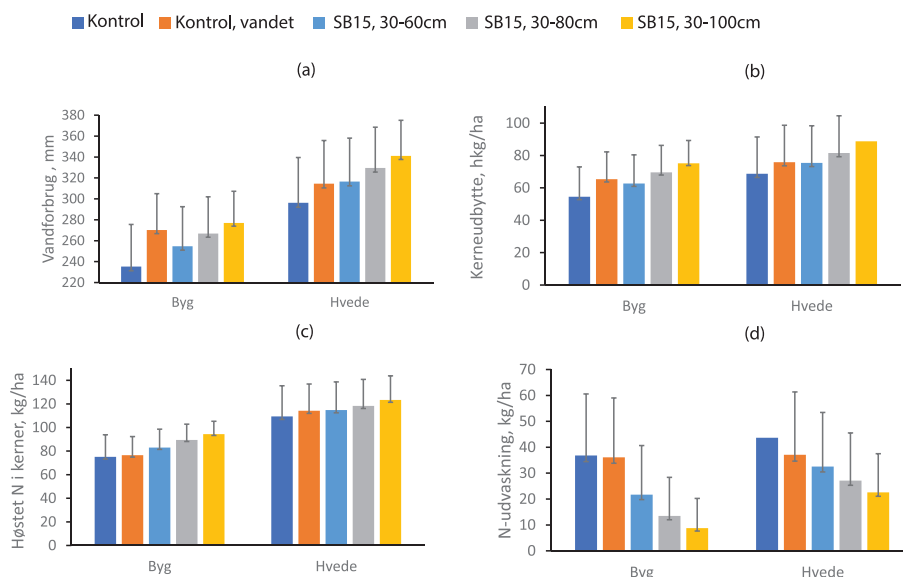
Udover markforsøget, har vi på Københavns Universitet taget hul på andet år af et toårigt forsøg med vårbyg, som dyrkes udendørs i store søjler, der har en højde på 150 centimeter og en diameter på 30 centimeter, hvor der er tilført forskellige mængder af fint biokul (se billede 1). De foreløbige resultater viser, at det er muligt at opnå de ventede effekter på jordens vandholdende evne.

Modsat forventningerne, var der i 2022 ikke positiv effekt på høstudbyttet trods overdækning af søjlerne i juni i et forsøg på at fremkalde tørke. Årsagen kan være dyb rodvækst i alle søjler, som uanset behandlingerne har givet adgang til store mængder af opmagasineret vand. Tilsvarende effekter forventer vi ikke optræder under markforhold, og muligvis heller ikke i søjlerne efter at jorden har "sat sig" i år to.

Efter høst i 2023 skal der laves detaljerede undersøgelser af rodvæksten. I forbindelse med søjleforsøgene, vil vi desuden undersøge, om der sker nedvaskning af fine biokulpartikler og/eller opløst organisk materiale fra tilført biokul.

Søjleforsøgene inkluderer en række mikrobiologiske og kemiske undersøgelser af jorden samt undersøgelser af indholdsstoffer i de høste-

Figur 3: Simuleringsresultater for vårbyg og vinterhvede opnået for en periode på 100 år

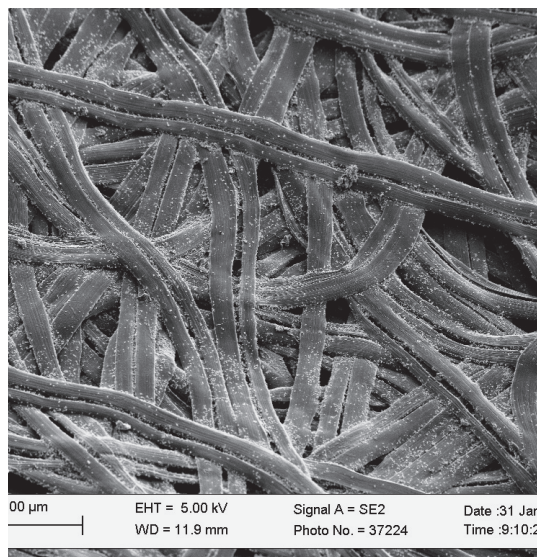


(a) Vandforbrug til fordampning (millimeter) opgjort for perioden 1. maj til 1. august i vårbyg henholdsvis 1. april til 1. august i vinterhvede. (b) Udbytte i kerner (hkg/ha med 15 procent vand). (c) Høstet kvælstof (N) i kerner (kg N/ha). (d) Kvælstofudvaskning (kg N/ha). Søjlerne viser gennemsnitsværdier for de 100 år; bjælker over søjlerne udtrykker årsvariationen, mens bjælker under søjlerne viser usikkerheder på årgennemsnittene som bliver små pga. de mange år der indgår i beregningerne. Data for Jyndevad-jord uden biokul (kontrol), for kontrollen med vand i henhold til programmet Markvand, samt for jord med 3,0 procent fint biokul inkorporeret i forskellige dybdeintervaller (SB15, 30-60 centimeter; SB15, 30-80 centimeter; SB15, 30-100 centimeter).

de kerner. Indtil videre har vi ikke set større ændringer i jordens elektriske ledningsevne eller pH, mens indholdet af plantetilgængeligt kalium øges markant. Der måles også mere plantetilgængeligt fosfor efter tilførsel af større mængder biokul.

Immobilisering af kvælstof

Vi har ikke fundet væsentlige ændringer af kernesammensætningen efter tilførsel af biokul, med undtagelse af en lidt lavere kvælstofkoncentration, hvilket tyder på en vis immobilisering af kvælstof i jorden umiddelbart efter tilførsel af biokullet. I tilknytning til søjleforsøgene gennemføres der også inkubationsforsøg for at belyse stabiliteten af forskellige typer af biokul. Foreløbigt tyder intet på, at forskellige finhedsgrader som de undersøgte i væsentlig grad påvirker biokullets stabilitet i jord.



Kulfibre dannet ved pyrolyse af en silkekodon set gennem mikroskop. Billedet har ikke noget med projektet BioAdapt at gøre. Foto: DTU Mohanty, CC BY-SA 4.0.

Vandmålinger i søjleforsøgene viste rodaktivitet helt ned til største måledybde i 100 centimeters dybde, selv i kontrollerne uden tilførsel af biokul, hvor rodedybden under markforhold forventes at være begrænset til cirka 50 centimeter. Det kan skyldes præferentiel rodvækst ned langs jordsøjlerne sider el-

ler langs installeret måleudstyr, selvom der blev gjort meget for at undgå dette.

Vi forventer under markforhold at opnå mere realistisk rodvækst og dermed en mere realistisk kapacitet for plantetilgængeligt vand i rodzonen. Rodvækststudier kommer til at indgå med betydelig vægt i markforsøget ■