

Udredning: Flerårige afgrøders potentiale for kulstofinput og -lagring

Ditte Olsen
August 2022

Projekt 8512: Få styr på kulstoffet i jorden
Arbejdspakke 2.2

Indholdsfortegnelse

| | |
|---------------------|---|
| Indledning | 1 |
| Flerårig hvede..... | 2 |
| Lucerne | 3 |
| Elefantgræs | 4 |
| Præriehirse | 4 |
| Rørgræs..... | 4 |
| Referencer: | 6 |

Indledning

Valget af afgrøder på markerne er et skridt i retning af et klimaneutralt landbrug i Danmark. Der er mange faktorer der påvirker afgrøderne klimaftryk, og deres evne til at lagre kulstof (C) i jorden er en af dem. Flerårige afgrøder har generelt bedre potentiale for at lagre C i jorden, da den kontinuerte dyrkning sikrer deres mulighed for at udvikle et stort og dybt rodnet.

Dansk afgrødeproduktion består primært af etårige afgrøder, men med udsigt til forskellige klimapolitiske tiltag nu og i fremtiden, der skal gøre landbruget grønnere, kan det blive nødvendigt at kigge på flerårige afgrøder som alternativer. Dette notat har til formål at give et overblik over nogle udvalgte alternativer: Flerårig hvede, lucerne, elefantgræs, præriehirse og rørgræs (Tabel 1). Overblikket fokuserer på afgrødernes potentiale for C-input, og skal sammenholdes med de økonomiske forhold relateret til produktionen.

Tabel 1: Opsummering af de udvalgte flerårige afgrøder ift. udbytte og C-input.

| Afgrøde | Potentiel anvendelse | Udbytte, t TS/ha | C-input til jorden, t C/ha | Periode, år | Dybde for måling, cm | Ref. |
|----------------|---|---|----------------------------|--------------|----------------------|---------|
| Flerårig hvede | Slæt Afgødsning Bioenergi Modenhed | Kerner: 0,7-0,54 ¹ Strå: 4,59-5,39 ¹ | 2,01 til 2,89 | 4 | 0-100 | 3 |
| | | 7,4-10,5 | 14,4 | 5 | 0-150 | 7 |
| Lucerne | Slæt Proteiner | Ca. 9 | 15,2 | 5 | 0-150 | 7 |
| | | 1,96 ¹ | 7,8 | 1 (150 dage) | 0-105 | 8 |
| Elefantgræs | Bioenergi Ensilage | 10-13 | 1,805 ² | 20 | 0-100 | 6 |
| Præriehirse | Bioenergi | 6,9-8,3 | 4,21 | 5 | 0-120 | 5 11 |
| Rørgræs | Bioenergi Bioraffinering | 12 | 3-3,4 | 3 | 0-30 | 9 12 |

¹ Dette er målt i t C/ha i stedet for t TS/ha.

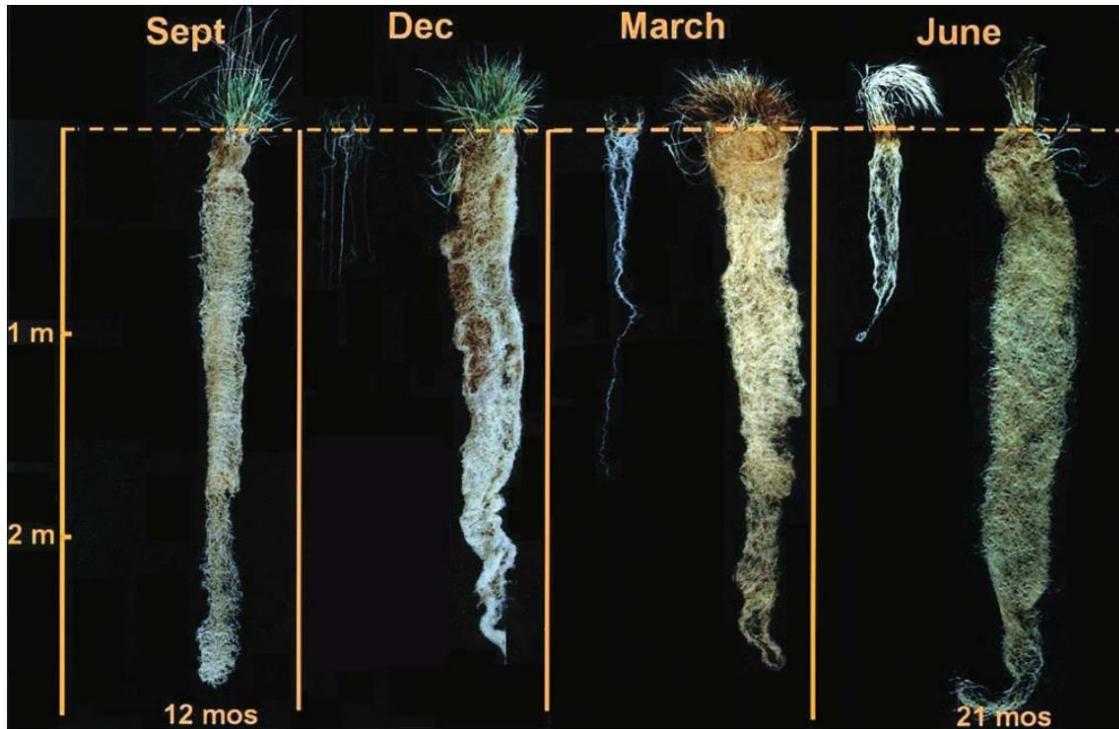
² Dette er den årlige rate: t C/ha/år

Flerårig hvede

Ved flerårig hvede vil afgrøden blive stående i to eller flere år, og kan bruges til både konsum og foder. Det er en forholdsvis ny afgrøde, der er udviklet ved at krydse den etårige hvede (*Triticum aestivum*) med flerårige græsser som *Thinopyrum intermedium*, og der foretages stadig meget forædlingsarbejde for at sikre stabile udbytter (Snapp et al., 2014).

Flerårig hvede sås på samme tid som etårig vinterhvede, og etablerer hurtigt et stort rodnet. Efter høst den efterfølgende sensommer, begynder planten at skyde igen, og året efter kan der høstes hvedekorn igen. I vinterhalvåret mellem første og anden høst kan afgrøden afgødes. I princippet kan den flerårige hvede levere korn i flere år, men genetisk ustabile træk gør at udbytterne falder drastisk efter anden høst. Generelt er udbytterne 40-60 % mindre end den etårige vinterhvede, uanset om det høstes første eller andet år. (Snapp et al., 2014).

Den flerårige hvede producerer til gengæld et ganske stort rodnet (figur 1), og kan derfor potentielt lagre mere kulstof (C) i jorden allerede i det første år. I en undersøgelse i Michigan, USA, af Sprunger et al. (2017) blev det fundet at en flerårig hvedegræs producerede op til 15 gange mere rodkulstof, end en enårig vinterhvede, når man kiggede på de grove rødder, og 4 gange mere, når man kiggede på de fine rødder. Tilsammen (grove + fine rødder) havde den flerårige 2,01-2,89 t rod-C/ha, mens den enårig havde 0,27-0,35 t rod-C/ha. Dette var for hele jordprofilen (0-100 cm). Til gengæld fandt man ikke en signifikant ændring af jordens indhold af partikulært organisk materiale, heller ikke i de dybere jordlag, på trods af den flerårige hvede dybe rodnet. Forsøget var 4 år, og Sprunger et al. (2017) påpeger hertil at det muligvis er for kort tid til at registrere en effekt. Derudover kan jordtypen også spille ind; sandede jorde være længere tid om at lagre kulstof end lerjorde.



Figur 1: Udvikling af rodsystemet hos en flerårig hvede et og to år efter etablering. Til sammenligning ses i venstre side af panelerne udvikling af en etårig vinterhvedeplante, der er blevet etableret i andet år. (Cox et al., 2006).

Hos Peixoto et al. (2022) fandt man en høj mængde rod-C hos den flerårige vinterhvede Kernza®: 12,8 t C/ha/år. Derudover blev der målt en rhizodeposition på 1,6 t C/ha. Denne undersøgelse blev foretaget på Sjælland, hvor jorden kan være meget fed, og hveden fik desuden tildelt 100 til 200 kg N/ha.

Der findes også en flerårig variant af rug, som er en krydsning mellem den etårige *Secale cereale* og den vilde rug *Secale montanum* (Jaikumar et al., 2012). Der er ikke fundet studier af denne kornafgrødes effekt på kulstoflagringen i jorden.

Lucerne

Lucerne (*Medicago sativa*) er en flerårig urteagtig plante, der hører til ærteblomstfamilien og som er i stand til at fikse frit kvælstof i rødderne. Modsat græsarterne som hvede og elefantgræs der har trævlerødder, danner lucerne en pælerod, og rodsystemet kan nå ned til mellem 1,75 og knap 3 meters dybde (Clement et al., 2022). Fordi lucerne er selvforsynende med kvælstof, kan den være værdifuld at have i sit sædskifte – både pga. dens forfrugtsværdi, og fordi den kan være en vigtig kilde til proteiner på en husdyrbedrift.

Peixoto et al. (2022) fandt i en dansk jord at lucerne dannede gennemsnitligt 13,3 t rod-C/ha/år, samt at der blev frigivet 1,9 t C/ha/år fra rødder i form af rodexudater og lignende. Af den totale mængde C tilført jorden (15,2 t C/ha/år), blev 76 % fundet i det øverste jordlag, 0-25 cm, mens de resterende 24 % endte i underjorden (25-150 cm). I samme undersøgelse blev det fundet at Kernza®, en flerårig hvede, lagrede næsten lige så store mængder kulstof, men pga. lucernes evne til at tilføre jorden kvælstof i større mængder og dybere jordlag, samt facilitere en øget mikrobiel aktivitet, blev der fundet en større mikrobiel stabilisering.

I en undersøgelse fra Hafner & Kuzyakov (2016) i Vesttyskland, blev det fundet af lucerne dannede 2,6 og 0,66 t rod-C/ha i hhv. topjorden (0-30 cm) og underjorden (30-105 cm) efter 150 dages vækst. Dertil blev det fundet at afgrøden frigav 1,3 og 3,2 t C/ha i form af bl.a. rodexudater til rhizosfæren i de øvre og nedre jordlag. Sammenlignet med cikorie, der også har en dybtvoksende pælerod, lagrede lucerne generelt mere jo længere hen på sæsonen de kom, og lagrede desuden mere i dybden (Hafner & Kuzyakov, 2016)

Elefantgræs

Denne flerårige afgrøde er en velegnet energiafgrøde pga. dens store biomasseudbytter og beskedne dyrkningskrav, og bliver derfor brugt meget i store dele af Europa. Den dyrkes typisk i 20 til 25 år for at få mest muligt biomasse. Elefantgræs kan skabe et stort rodsystem ned til 2,5 meters dybde, hvilket er en af grundene til at den kan lagre meget kulstof i de dybere jordlag.

I en undersøgelse fra Tyskland fandt man at en elefantgræsvariant (*Miscanthus x. giganteus*) lagrede 3,9 t C/ha/år i 0-100 cm dybde ved 20 års vedvarende dyrkning (Rehbein et al., 2015). Heraf blev halvdelen generelt fundet i de øverste 10 cm af jorden. Så selvom meget kulstof ender i den øverste jord, er det stadig mange tons der kan føres dybere ned i jorden. Her er potentialet for længerevarende lagring højere, fordi omsætningen går langsommere her (Rehbein et al., 2015)

Præriehirse

Præriehirsens (*Panicum virgatum*), som kaldes switchgrass på engelsk, er en flerårig græs, der etableres og dyrkes bedst på sandblandet lerjord eller humusjord. Den kan bruges som energiafgrøde, fordi den vokser hurtigt og danner meget biomasse, og har især potentiale indenfor bioethanol.

I en undersøgelse fra Liebig et al. (2008), målte man biomasseudbytte og kulstoflagring i jorden før og efter 5 års dyrkning af præriehirse. Forsøget blev udført i Nebraska, North Dakota og South Dakota i USA på forskellige jordtyper, hovedsageligt lerjorder. Kulstoflagringen var meget forskellig alt efter forsøgsfeltene; der blev år fundet SOC-ændringer på mellem -0,6 til 4,3 t C/ha/år i de øverste 30 cm af jorden (negativ værdi er nettotab af organisk kulstof fra jorden). Gennemsnitligt var det 1,26 t C/ha/år. Præriehirsens kan få rødder helt ned til 3 meters dybde, og ved de lokaliteter (3 stk) hvor der blev målt ned til mellem 30 og 120 cm, fandt man kulstoflagring på 1,3 til 3,8 t C/ha/år og gennemsnitligt 2,95 t C/ha/år (Liebig et al., 2008). Overjordisk biomasseudbytte var gennemsnitlig $2,5 \pm 0,7$ t C/ha/år, hvor udbyttet toppede på det fjerde år af produktionen. Rent udbyttedmæssigt, kan det altså svare sig at dyrke præriehirsens i mindst 4 år, hvilket giver god tid til kulstoflagringen. Afgrøden var blevet tildelt 31 til 104 kg N/ha/år alt efter forholdene på lokaliteterne.

Rørgræs

Rørgræs (*Phalaris arundinacea*) er en energiafgrøde, der vokser særligt godt på fugtige jorde, og er oplagte at have på lavbundslande, der afvandes i en mindre grad. En mark med rørgræs kan omlægges efter 5 til 10 år og høstes hvert 2-3. år. Ved et forsøg med rørgræs i Nordsverige, har man fundet en kulstoflagring i 0-20 cm dybde på gennemsnitligt 3 t C/ha og 3,4 t C/ha om efteråret i hhv. anden og tredje dyrkningsår (Xiong & Kätterer, 2010). Der blev i undersøgelsen ikke målt på kulstoflagring i de dybere jordlag, men der lagres sandsynligvis også en stor mængde her, eftersom rørgræs kan danne rødder ned til 2 meters dybde. En anden faktor er at kulstoflagringen muligvis også øges når rørgræsset dyrkes i flere år og der indstiller sig en ligevægt mellem mængden af rødder og rhizomer der dannes og dør. Rhizomerne, der er nye skud fra rødderne og rørgræssets vegetative reproduktion, er vigtige for kulstoflagringen da deres omsætningsrate er høj og bidrager til den mikrobielle stabilisering (Xiong & Kätterer, 2010). Tidspunktet for høst påvirker kulstoflagringen i rørgræs, da planten allokerer en stor mængde C fra skud til rødder hen imod slutningen af vækstsæsonen (efteråret). Høstes de derfor først efter oktober, er C-lagringspotentialet større end hvis høsten sker i sensommeren (Xiong & Kätterer, 2010).

Jordtyper og dyrkning

De forskellige flerårige afgrøder vil have forskellige krav til dyrkningsforholdene, hvor især jordtype kan være en vigtig faktor. De beskrives i listen herunder.

- **Flerårig hvede:** Kræver veldrænet jord, tåler ikke høj grundvandsstand og perioder med overfladevand. Er til gengæld relativt tørketolerant.
- **Lucerne:** Kan dyrkes i hele Danmark, men kræver vanding på sandjorder. Vokser bedst på jorden med god struktur i dybden, da pæleroden vokser meget dybt.
- **Elefantgræs:** Stiller ikke krav til jordtypen og afvanding - den kan dyrket på både sandjorder og lerjorder, og er robust afgrøde der er forholdsvis tolerant overfor både tørke og våde forhold.
- **Præriehirse:** Vokser fint på de fleste jordtyper. Findes i forskellige sorter, der vil have forskellige grader af tolerance over tørke og vandlidende forhold. Pga. dens robusthed bruges den i USA ofte på marginaljorder.
- **Røgræs:** Egner sig bedst som paludikultur, da den vokser godt i jord der er mere eller mindre konstant vandmættet. Den kan dog også dyrkes på afvandet jord. Vokser fint i både sandjorder og lerjorder.

Referencer:

1. Snapp, S., Kellogg, W. K., & Morrone, V. 2014. Perennial wheat. Extension Bulletin E3208. Michigan State University.
2. Cox, T. S., Glover, J. D., Van Tassel, D. L., Cox, C. M., & DeHaan, L. R. 2006. Prospects for Developing Perennial Grain Crops. *Bioscience* 56 (8); 649-659.
3. Sprunger, C. D., Culman, S. W., Robertson, G. P., Sieglinde, S. S. 2017. Perennial grain on a Midwest Alfisol shows no sign of early soil carbon gain. *Renewable Agriculture and Food Systems* 33 (4); 360-372.
4. Jaikumar, N. S., Snapp, S. S., Murphy, K., & Jones, S. S. 2012. Agronomic Assessment of Perennial Wheat and Perennial Rye as Cereal Crops. *Agronomy Journal* 104 (6); 1716-1726.
5. Liebig, M. A., Schmer, M. R., Vogel, K. P., & Mitchell, R. B. 2008. Soil Carbon Storage by Switchgrass Grown for Bioenergy. *Bioenergy Resources* 1; 215-222.
6. Rehbein, K., Sandhage-Hofmann, A., & Amelung, W. 2015. Soil carbon accrual in particle-size fractions under *Miscanthus x giganteus* cultivation. *Biomass and Bioenergy* 78; 80-91.
7. Peixoto, L., Olesen, J. E., Elsgaard, L., Enggrob, K. L., Callum, C. B., Dippold, M. A., Nicolaisen, M. H., Bak, F., Zang, H., Dresbøll, D. B., Thorup-Kristensen, K., & Rasmussen, J. 2022. Deep-rooted perennial crops differ in capacity to stabilize C inputs in deep soil layers. *Scientific Reports* 12; pp. 5952.
8. Hafner, S. & Kuzyakov, Y. 2016. Carbon input and partitioning in subsoil by chicory and alfalfa. *Plant and Soil* 40; 29-42.
9. Xiong, S., & Kätterer, T. 2010. Carbon-allocation dynamics in reed canary grass as affected by soil type and fertilization rates in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 60; 24-32.
10. Clement, C., Sleiderink, J., Svane, S. F., Smith, A. G., Diamantopoulos, E., Dresbøll, D. B., & Thorup-Kristensen, K. 2022. Comparing the Deep Root Growth and Water Uptake of Intermediate Wheatgrass (Kernza®) to Alfalfa. *Plant and Soil*.
11. Larsen, S. U. 2016. Forsøg med præriehirse (switchgrass). Resultater af markforsøg på Langeland 2010-2015 i 'Projekt II – Screening af switchgrass på langeland'.
12. SEGES Innovation. 2022. Dyrkningsvejledning for paludikultur med rørgræs. SEGES Innovation P/S