

## HVAD SKER DER MED DET KVÆLSTOF, SOM FIKSERES AF BÆLGPLANTER I EFTERAFGRØDEBLANDINGER



Miljø- og  
Fødevareministeriet

gudsp

Dette projekt medfinansieres af "Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram", (GUDP) under Fødevareministeriet.

Undersøgelse af, hvordan kvælstof fra bælplanter fordeler sig i jord og optages i andre planter

### SAMMENFATNING

Flere undersøgelser viser at planter kan dele næringsstoffer mellem sig ved hjælp af mycorrhiza-svampen og gennem deres små siderødder. Resultater fra Foulum bekræfter, at man kan udnytte disse naturlige egenskaber i efterafgrødeblandinger eller anden samdyrkning. Når man bruger bælplanter i blandinger, vil de andre plantetyper nemlig også få gavn af en del

af det kvælstof, som bælgplanterne optager fra luften. Det kan gøre, at blandinger med bælgplanter opnår en større samlet biomasseproduktion.

## BÆLGPLANTER FRIGIVER KVÆLSTOF

Der er stor interesse for at bruge bælgplanter i efterafgrødeblandinger og som grøngødning for at forbedre jordens sundhed, forbedre jordens struktur og tilføre jorden kvælstof. Bælgplanterne er specielle fordi, de kan danne symbiose med knoldbakterier, som fikserer kvælstof fra luften. Det ekstra kvælstof fra luften gør, at bælgplanterne typisk indeholder mere kvælstof end andre planter.

Under nedbrydning af plantematerialet frigives kvælstof og kulstof. Omsætningshastigheden vil afhænge af plantematerialets C/N-forhold, og have indflydelse på kvælstoftilgængeligheden for næste års afgrøde, således at:

- Et højt C/N forhold (som f.eks. i halm) kræver, at der i første omgang forbruges kvælstof under omsætningen. Det kan i praksis betyde, at der skal tilføres ekstra kvælstof til næste års afgrøde.
- Et lavt C/N forhold (som i bælgplanter) gør, at der frigives kvælstof under omsætningen. Det vil i praksis betyde, at der kan spares på kvælstoffet til næste års afgrøde.

Der er et stort ønske fra landbruget, om at få bælgplanterne med ind i lovgivningen, så de kan bruges i de lovpligtige blandinger. Der er dog stadig debat om, hvor effektivt de optager kvælstof fra jorden, og om de øger kvælstofudvaskningen på længere sigt.

En af grundene til interessen for bælgplanter som efterafgrøder er, at efterafgrødeblandinger med bælgplanter ofte giver en høj biomasseproduktion. Århus universitet, Foulum har undersøgt om kvælstof (og kulstof) fra bælgplanter frigives til andre planter i efterafgrødeblandinger allerede mens de vokser sammen. Undersøgelserne og resultaterne er beskrevet i nedenstående.

## FORSØGSBAGGRUNDEN

Foulum har lavet en række markforsøg med efterafgrøde- og kløvergræsblandinger på Sjælland (2004), i Sverige (2011) og i Jylland (2016), hvor det er blevet undersøgt, hvordan blandinger med bælgplanter (rødkløver, hvidkløver og vintervikke) frigiver kvælstof og kulstof i forhold til enkimbladede planter (almindeligt rajgræs og vinterrug). Der er lavet forsøg med blandinger og med både bælgplanter og enkimbladede planter i ren bestand.

Målingerne i forsøgene er lavet ved at bruge  $^{15}\text{N}$ -mærket kvælstof og  $^{14}\text{C}$ -mærket kulstof. Det mærkede kvælstof ( $^{15}\text{N}$ ) påføres bælgplanternes blade, som en slags bladgødskning. Det mærkede kulstof ( $^{14}\text{C}$ ) optages i planterne som gassen  $\text{CO}_2$ . Man kan derefter måle, hvordan kvælstof og kulstof fordeler sig i jord og i planter, mens bælgplanterne vokser, og senere under nedbrydningen.

I de tre forsøgsserier er mærket kulstof og kvælstof målt i 2-6 måneder efter tildelingen. Der er lavet målinger i både jord, bælgeplanter og de enkimbladede planter. Der er også målt biomasse.

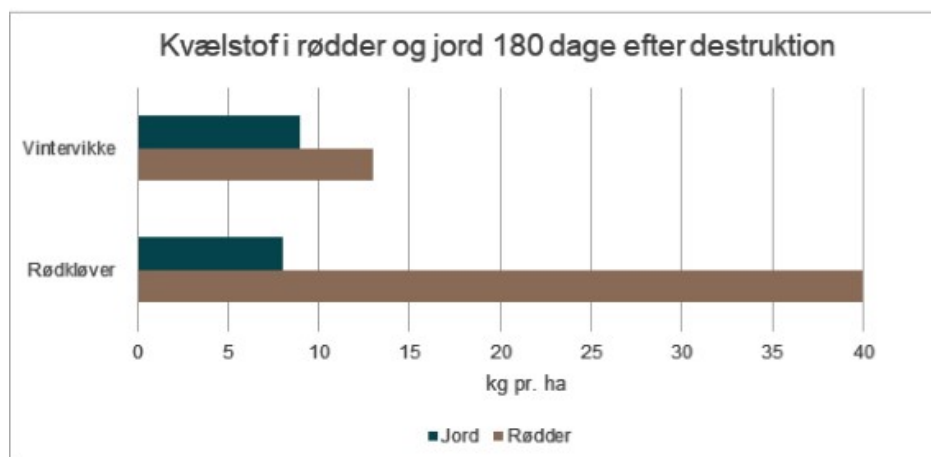
## RØDDERNES OMSÆTNING

I Foulums undersøgelser er der både målt biomasse af toppen, rødderne og siderødderne. Rødderne kan nemlig udgøre en stor del af den samlede biomasse, og der er stor forskel på forholdet mellem rod og top på forskellige plantearter.

I de to beslægtede arter, som rødkløver og hvidkløver, produceres der stort set samme mængde biomasse i rod og i top. Vikken har en anden fordeling og producerer mere biomasse i toppen end i roden. Når der er tale om efterafgrøder, er stor rodbiomasse ofte en fordel, da et stort og dybdegående rodsystem kan forbedre jordstrukturen og opsamle kvælstof fra dybere lag.

Der er også stor forskel på arternes andel af siderødder i forhold til hovedrødder. I rødkløveren udgør siderødderne kun 25 procent af røddernes biomasse. I hvidkløver er omkring 50 procent af rodsystemet siderødder, og i vintervikke er op til 75 procent af rodsystemet siderødder.

De små siderødder er mindre kompakte end hovedrødderne, de har en anden sammensætning af næringsstoffer og et lavere C/N forhold. Derfor omsættes de hurtigere i jorden end hovedrødder. Den store andel af siderødder i vintervikke gør derfor, at den nedbrydes hurtigere end kløver og frigiver en forholdsvis stor mængde kvælstof i jorden til næste afgrøde, selvom rødderne ikke bliver så store (se tabel 1).



**Figur 1.** Indhold af kvælstof i rødder og jord omkring rødderne 180 dage efter destruktio af efterafgrøder. I rødkløver er der lagret langt mere kvælstof i rødderne end i vintervikke (kløver har større rodsystemer). Alligevel har vintervikken frigivet lidt mere kvælstof til jorden i løbet af 180 dage (vikke omsættes hurtigere). Data fra De Notaris 2019.

## FRIGIVELSE AF KVÆLSTOF FRA BÆLGPLANTER TIL JORDEN

Det er altså kvælstof fra de små siderødder, som frigives først, og dernæst kvælstof fra større

rødder. Blade og stængler omsættes langsommere. Der sker en lille omsætning af biomasse allerede mens efterafgrøden gror, da døde siderødder og blade, som visner og falder til jorden nedbrydes løbende gennem hele vækstsæsonen. Resten af planten omsættes, når efterafgrøderne nedmuldes eller nedvisnes.

Undersøgelserne viser, at der også frigives kvælstof direkte fra bælplanternes levende rødder. I forsøg med kløver kan man måle  $^{15}\text{N}$  i jorden omkring kløverplanterne allerede dagen efter, at kløveren har optaget det  $^{15}\text{N}$ -mærkede kvælstof gennem bladene. Som alle andre planter, udskiller kløverplanter nemlig væske fra rødderne (rodeksudater), og i bælplanter indeholder væsken en del kvælstof.

Det er de små siderødder, som udskiller rodeksudaterne. Det  $^{15}\text{N}$ -mærkede kvælstof optages gennem bladene, transporteres til rødderne og udskilles til jorden gennem siderødderne. Når man måler hvordan, det  $^{15}\text{N}$ -mærkede kvælstof fordeler sig i kløver, kan man se, at der lagres mest  $^{15}\text{N}$  i bladene (hvor det optages) og i siderødderne (hvor det frigives), mens hovedrod og stængler indeholder en mindre del af  $^{15}\text{N}$ .

## KVÆLSTOFOPTAGELSE I SAMDYRKEDE PLANTER

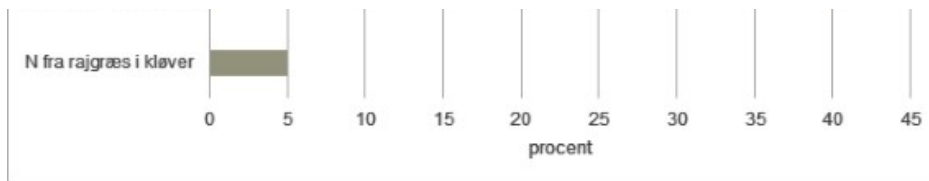
Hvis andre planter dyrkes sammen med bælplanter, kan de få gavn af det kvælstof, som udskilles fra rødderne. I et af Foulums forsøg med blandinger af rajgræs og kløver kan 40 % af det  $^{15}\text{N}$ -mærkede kvælstof fra kløveren måles i rajgræs (se figur 2).

Man skal dog være opmærksom på, at det  $^{15}\text{N}$ -mærkede kvælstof er tildelt som ekstra gødning til kløveren, og at det er svært at sige, hvor meget kvælstof ubehandlet kløver normalt frigiver til samdyrket rajgræs. Resultaterne illustrerer dog, at rajgræssens får gavn af det kvælstof, som stammer fra kløveren, mens planterne vokser sammen.

Ligeledes kan der transporteres kvælstof fra rajgræs til kløver, når de dyrkes sammen. I Foulums undersøgelser er genfundet op til 5 % af kvælstoffet fra rajgræs i samdyrkede kløverplanter. Samme tendens ses i forsøg med en blanding af vintervikke og byg, hvor der sker en fordeling af kvælstof mellem planter i samme blanding, men der transporteres mere fra vikken til byggen, end der gør den anden vej.

I løbet af de måneder, hvor målingerne er lavet, kan man altså se, at planterne både optager og frigiver kvælstof til hinanden, når de vokser sammen. Resultaterne fra Foulum viser, at der er en sammenhæng mellem planternes biomasse, og hvor meget kvælstof de optager: Jo større bælplanterne er i forhold til de enkimbladede planter, des mere kvælstof vil bælplanterne frigive.





**Figur 2.** Deling af kulstof og kvælstof mellem rajgræs og kløver, som vokser sammen. Resultaterne viser at der kan genfindes 40 % af kløverens kvælstof i rajgræsken; men kun 5 % af kvælstoffet fra rajgræsken kan genfindes i kløveren. Kulstof fordeles i mindre af grad mellem planterne, og der kan genfindes mere kulstof fra rajgræsken i kløveren (2,7 %) end omvendt (0,4 %). Data fra Rasmussen 2007.

## ET NETVÆRK AF MYCORRHIZA SVAMPE

Udover deling af kvælstof har forsøgene også vist, at planterne deler sukkerstoffer, som man måler i form af  $^{14}\text{C}$ -mærket kulstof. For kulstof sker der hovedsageligt en deling i den anden retning, sådan at bælgplanterne optager fra de enkimbladede planter. Man kan nærmest tale om et bytteforhold, hvor bælgplanterne giver kvælstof til de enkimbladede og får kulstof tilbage. Der kan genfindes 2,7 % af det  $^{14}\text{C}$ -mærkede kulstof fra rajgræsken i kløverplanterne (se figur 2).

Fordelingen af kulstof mellem plantetyperne sker ikke gennem de små siderødder, som det gør for kvælstof. Da kulstof er anderledes end kvælstof, kan det ikke optages fra jorden på samme måde. I stedet transporteres det gennem et netværk af svamperødder fra Mycorrhiza svampen, som vokser i jorden og forbinder de forskellige planters rødder med et fint rodnet.

Mycorrhiza svampen er kendt for at vokse ud fra planternes rødder, og hjælpe planterne med at optage især fosfor; men også andre næringsstoffer. Til gengæld optager svampen kulstof fra planterne. I forsøgene fra Foulum kan man se, at svampen også hjælper med at fordele både kulstof og kvælstof mellem de forskellige plantetyper i blandingerne.

Forsøgene fra Foulum er ikke de første, som har vist, at planter kan dele næringsstoffer mellem sig ved hjælp af mycorrhiza-svampen og gennem de små siderødder. Men resultaterne bekræfter, at man kan udnytte disse naturlige egenskaber i efterafgrødeblandinger og ved samdyrkning

## LITTERATURLISTE

De Notaris C, Rasmussen J, Sørensen P & Olesen JE (2018): Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops.

De Notaris C, Olesen JE, Sørensen P & Rasmussen J (2019): Input and mineralization of carbon and nitrogen in soil from legume-based cover crops.

Rasmussen J, Eriksen J, Jensen ES, Esbensen KH & Høgh-Jensen H (2007): In situ carbon and nitrogen dynamics in ryegrass-clover mixtures: Transfers, deposition and leaching.

Rasmussen J, Gylfadottir T, Dhalama NR, De Notaris C & Kätterer T (2019): Temporal fate of <sup>15</sup>N and <sup>14</sup>C leaf-fed to red and white clover I pure stand or mixture with grass – Implications for estimation of legume derived N in soil and companion species.

He XH, Critchley C & Bledsoe C (2003): Nitrogen transfer within and between plants through common mycorrhizal networks.

Zhang X & Wang W (2016): The decomposition of fine and coarse roots: their global patterns and controlling factors