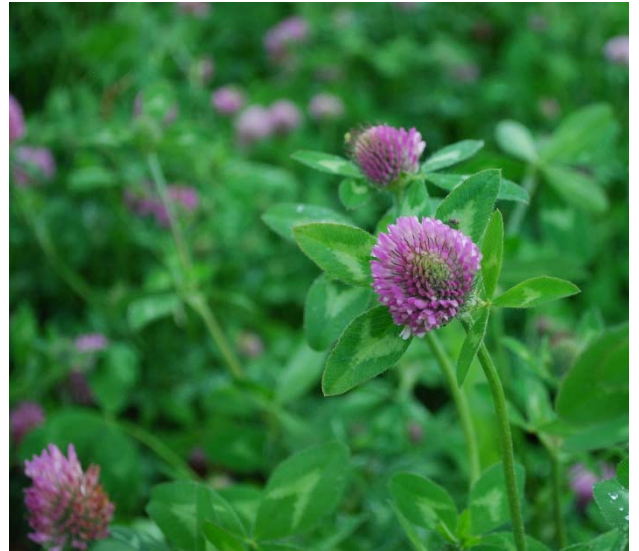


Sjekk belgvekstenes egen nitrogenproduksjon

Kort

I økologiske dyrkingssystemer er symbiosen (samspillet) mellom bakterier og belgvekster ekstra viktig. Dette fordi det er en biologisk måte å tilføre nitrogen til jord og planter på. Andre året etter såing kan flerårig eng med gras og kløver tilføre mer enn 20 kg nitrogen (N) pr dekar og år til systemet.

Med dette temaheftet ønsker vi å inspirere til å studere røttene til belgvekstene, øke kunnskapen om biologisk nitrogenbinding og samspillet mellom belgvekster og nitrogenbindende bakterier. Heftet inneholder nøkkelinformasjon om biologisk nitrogenbinding, beskriver hvordan man leter etter knoller med bakterier på røttene til belgvekstene og undersøker om de er aktive eller ikke.



Rødkløver med sine nitrogenbindende bakterier er en viktig del av et økologisk engsystem. Foto: R. Pommeresche, NORSØK.

Biologisk nitrogenbinding

Symbiose mellom planterøtter og bakterier

I mesteparten av europeisk jord kan belgvekstene kløver, luserne, bønner, erter og vikker danne et partnerskap (symbiose) med nitrogenbindende bakterier (Rhizobium). Soyabønner og lupin danner symbiose med Bradyrhizobium-bakterier. Dersom de rette bakteriene ikke finnes naturlig i jorda, kan man smitte frøene med de rette bakteriene før såing. Frøforhandler bør ha bakterier.

Via gjensidig kommunikasjon mellom planterøttene og de frittlevende stadiene av bakteriene, settes det i gang en knolldannelse på røttene. I disse knollene lever og oppformerer bakteriene seg.

I rotknollene omdanner bakteriene N₂-gass i atmosfæren til plantetilgjengelig nitrogen i form av ammonium og aminosyrer. Denne aktiviteten krever energi, og det får bakteriene i form av karbohydrater fra plantene. Derfor vil faktorer som hemmer fotosyntesen i planter, som vannstress og mangel på andre næringsstoffer, også redusere den biologiske nitrogenbindingen.

Belgvekster i god vekst vil, sammen med bakteriene, øke nitrogeninnholdet i hele plante-jord systemet.

Form og størrelse på rotknollene varierer fra en planteart til en annen, og også noe innen samme art ⁽¹⁾. Soyabønner (*Glycine max*) og heste/bondbønner (*Vicia faba*) har vanligvis store, runde knoller. Kløverarter (*Trifolium* spp.) og luserne (*Medicago*) har mindre størrelse på knollene og er gjerne mer avlange i formen. Noen plantearter har også veldig asymmetriske og knudrete knoller.

Aktive knoller er rødfarget inni

Knoller med aktive nitrogenbindende bakterier, produserer et rosarødt protein kalt leghemoglobin. Dette molekylet frakter oksygenet i lufta bort fra selve prosessen der omdanningen av nitrogen gass skjer, siden nitrogenbindingen er en anaerob reaksjon.

I knoller med aktive bakterier finnes det derfor mye leghemoglobin, noe som gir knollene en rosarød farge innvendig ⁽²⁾. Inaktive, døde eller gamle knoller er ofte grårønne eller brune innvendig.

Størst nitrogenbinding før blomstring

Knoller kan ses 4-6 uker etter såing og bakteriene er mest aktive i perioden før blomstring når plantene trenger mest nitrogen. Om høsten og etter modning (etter blomstring) avtar aktiviteten og røttene og knollene «visner» og «forsvinner». Dersom flerårige belgvekster, som kløver i enga høstes og kuttes, kan nitrogenbindingen fortsette hele sesongen. I flerårige belgvekster vil nye knoller dannes om våren.



Aktive, rødfargede knoller på lupin (*Lupinus*) (Foto: R. Pommeresche, NORSØK).



tempererte/boreale områder er det funnet at rødkløver (*Trifolium pratense* L.) kan samle fra 6-37kg N per daa og år, kvitkløver (*T. repens* L.) 8-54 kg N og luserne (*Medicago sativa* L.) 10-35 kg N per da og år målt i overjordisk plantemasse⁽³⁾.

Gras i blanding med førbelgvekster kan utnytte opp mot 80 % av det nitrogenet som samles av belgvekstene. I beita hvitkløvereng har det blitt målt fra 5-30 kg N biologisk fiksert nitrogen i overjordisk plantemasse⁽⁴⁾.



Knoller på soyabønne med aktive bakterier (rød farge) (*Bradyrhizobium*) (Photo: Monika Messmer, FiBL).

Gråfargede eldre og inaktive knoller på Ungarsk vikke (*Vicia pannonica*) (Foto: R. Pommeresche, NORSØK).



Gamle, "tomme" og brune knollrester fra rødkløver (*Trifolium pratense*) (Foto: R. Pommeresche, NORSØK).

Stor forskjell i N₂-fiksering

Mengden nitrogen som fikseres (bindes) i en belgvekst rhizobia symbiose varierer med klima, mengden nitrogen i jorda, dyrkingssystem og drift. Det er en betydelig mengde nitrogen som kan bindes gjennom belgvekster. I

Ved soyabønnyrking med vanning, var gjennomsnittlig N₂-binding ca 18 kg N pr daa og år i overjordisk plantemasse. Inkludert røtter, var det totalt bundet 25 kg N per daa⁽⁵⁾. Lupiner binder ca 17 kg N i overjordisk plantemasse og hestebønner ca 9 kg N pr daa og år⁽⁵⁾. Hestebønnene samlet ca 13 kg N dersom røttene ble inkludert. Siden nitrogenbindingen er sensitiv for tørke, vil vanntilgang noen steder begrense fikseringen om sommeren. Uten vanning sank mengden nitrogen bundet ved soyabønnyrking til 10 kg N per daa i overjordisk masse.

Den optimale temperaturen for flere Rhizobium-bakteriestammer er rundt 20 °C, men for mange belgvekster er N-bindingen betydelig også ved lavere temperaturer.

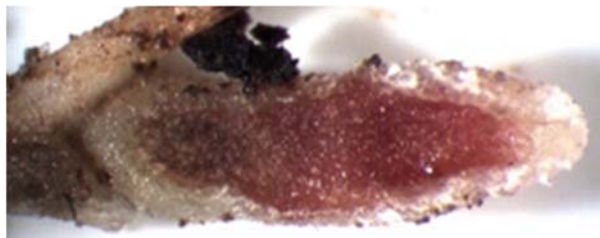
Nitrogenfikseringen pr daa og år i nordlige områder (rundt 60° N) var nesten helt lik den som ble målt i varmere klima (rundt 40° N)⁽³⁾. Forklaringen på dette er at flere ulike miljøfaktorer påvirker hvor mye nitrogen som bindes.

Stor andel nitrogen i røttene

Mye av det nitrogenet som bindes i hele planten finnes i røtter og knoller på belgvekster. Potteforsøk viste at 20-50 % av totalinnholdet av N i luserne (*Medicago* spp.), hestebønner (*Vicia* spp.) og lupin (*Lupinus* spp.) fantes i røttene (inkludert knollene) ved plantenes blomstringstidspunkt. Fordelingen av nitrogen mellom skudd og røtter varierer imidlertid også mye innen hver

art og gjennom sesongen⁽⁵⁾. I en svensk gras-rødkløvereng, var N₂-bindingen målt til å være 10 ganger høyere i juli-august, enn i mai-juni⁽⁶⁾.

I den svenske undersøkelsen av eng med rødkløver, ble hele 60 % av nitrogenet funnet i kløverstubben og kløverrøttene etter første slått, 40 % var i høstet del. Etter andre slått var 25 % igjen i stubb og røtter⁽⁶⁾. For graset i kløverenga, var 60 % igjen i stubb og grasrøtter etter begge slåttene.



Rød- og kvitkløverrøtter med form og farge på nitrogenbindende knoller. Aktive, rosa knoller på rødkløver (øverste) og et nærbilde av den indre rødrosa fargen til en knoll på en kvitkløverrot (nederst). Begge er fra eng i Norge (Foto: R. Pommeresche, NORSØK).

Plassering og antall knoller kan variere

Hvor knollene vokser på røttene er mest bestemt av plantearten og av om den rette typen bakterier finnes i jorda. Dersom det er lite bakterier i jorda, kan plantene kompensere med å lage få og større knoller. I tillegg vil forhold i jorda som næringstilgangen, jordstruktur og tilgangen på luft påvirke fordelingen og størrelsene på bakterieknollene. En bør sammenlikne fordeling, antall og størrelse på knollene mellom sammen belgvekstart, og ikke mellom arter dersom en ønsker å se hvordan forholdene i jorda påvirker rhizobiumknollene.

Finn og undersøk knoller i jorda

Her beskrives kort hvordan du leter etter rotknoller i jorda og selv vurderer om bakteriene er aktive eller ikke. Se på flere ulike planter av samme art.

Hvordan

1. Du kan gjøre dette når som helst i vekstsesongen, men ofte er det størst biologisk aktivitet noen uker før blomstring. Velg 2-4 planter (belgvekster) på ett representativt sted.

2. Grav ut en jordklump med røttene intakte. Stikk spaden loddrett ned på alle kanter rundt de valgte plantene. Klumpen: 25cm x 25cm og så dyp som røttene går.
3. Løft forsiktig opp jordklumpen med spaden og legg den på en papir- eller plastsekk.
4. Fjern forsiktig jorda fra røttene med hendene, og ved å pirke med en gaffel. Knollene på noen arter kan sitte ganske løst. I pakka eller leirholdig jord kan det være lurt å vask av jorda med vann for ikke å ødelegge knollene. Prøv deg litt fram hva som fungerer.
5. Se etter rotknoller og undersøk om de er aktive eller ikke. Dette gjør du ved å knipe knollene i to med neglene eller skjære med en kniv. Sjekk 3-4 knoller pr plante.
6. Gjør gjerne det samme på planter av samme art fra andre steder i feltet, gjerne fra steder med bedre eller dårligere plantevekst.

Viktige spørsmål underveis

- **Plantens utseende:** Ser de friskt grønne ut eller er plantene bleike og har færre blader enn vanlig?
- **Røttenes utseende:** Hvor godt er rotsystemet utviklet? Er røttene lange og med mange forgreninger?
- **Antall, størrelse og fordeling av rotknoller:** Er det knoller på røttene? Er det bare noen få eller er det mange knoller? Er knollene vanlige i størrelsen eller uvanlig store?
- Har knollene bare utviklet seg på hovedroten (pålerota) eller finnes de også på de mindre siderøttene? Ideelt skal knollene finnes på mange røtter. Finnes knollene bare i den øvre tredjedelen av rotsystemet? Ideelt skal de finnes i hele dypet av rotsystemet.
- **Fargen inni knollene:** Hvilken farge har knollene som deles i to? Rød/rosa farge = aktive bakterier; grågrønn eller brun farge = gamle eller inaktive bakterier; er de friskt hvite = unge knoller, knoller som er på vei til å bli aktive.



Undersøkelse av rotknoller i en kløvereng. Vi fant knoller og aktive nitrogenbindende bakterier på flere av rødkløverrøttene (Foto: S. Hansen, NORSØK).

Utstyr

- En spade (for å grave ut jordklump med røtter)
- Noe å legge jorda og plantene på (sekk, plastbit)
- Penn, papir, en gammel gaffel, målestokk og kamera
- En bøtte med vann (for å vaske jord av røttene)

Tolking av funn

Observasjoner	Årsaker og anbefalinger
Farger og antall knoller	<ul style="list-style-type: none">▪ Dersom du finner rundt 15 knoller på røttene til en plante og flesteparten av dem er røde innvendig, kan du anta at de nitrogenbindende bakteriene er aktive og gir et betydelig bidrag i systemet.▪ Vanligvis finnes Rhizobia og Bradyrhizobia bakterier i jorda dersom planter fra samme slekt finnes naturlig i området, eller dersom belgveksten har blitt dyrket med god vekst i feltet før. Dersom de matchende bakteriene mangler i jorda, vil de fleste belgvekster vise suboptimal vekst. Da vil smitte med bakterier være nødvendig. Mangel på rette bakteriestammer kan ikke kompenseres ved å gjødsle med nitrogen. Sterk nitrogengjødsling gir oftest mindre knolldannelse.▪ Etter vellykket smitting og gjentatt dyrking av samme type belgvekster, kan det bli flere enn 100 knoller på ei plante. Et høyt antall knoller betyr ikke alltid høy nitrogenbinding, men er en forutsetning for effektiv symbiose.
Størrelsen på knollene	<ul style="list-style-type: none">▪ Jevnt fordelte knoller av normal størrelse indikerer høyere/mer nitrogenbinding enn dersom det er noen få, unormalt store knoller.
Hvor knollene er på røttene	<ul style="list-style-type: none">▪ Bare knoller øverst i rotsonen, indikerer gjerne mangel på luft til røttene lengre ned. I slike tilfeller kan bedre jordstruktur øke lufttilgangen, og øke nitrogentilgang og knollutvikling dypere i jorda.
Knoller bare på hovedrota (pålerota)	<ul style="list-style-type: none">▪ Dersom det bare er knoller på hovedrota, kan dette tyde på at bakteriene prøver å kompensere for lav nitrogenfiksering ved å øke antallet bakterier i disse knollene, ofte fordi det er lite luft i jorda.

Referanser

- 1 Somasegaran, P. & H.J. Hoben. 1994. Handbook of Rhizobia. Methods in Legume-Rhizobium Technology. Springer Verlag, New York, Inc.
- 2 Virtanen, A. I., Jorma, J., Linkola, H. & Linnasalmi, A. 1947. On the relation between nitrogen fixation and leghaemoglobin content of leguminous root nodules. Acta Chem. Scan. 190-111. Pdf.
- 3 Carlsson, G. & Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. Plant and Soil 253, 353-372.
- 4 Ledgard, S.F. & Steele, K.W. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pasture. Plant and Soil 141,137-153.
- 5 Unkovich, M.J. & Pate, J.S., 2000. An appraisal of recent measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. Field Crops Research 65, 211-228.
- 6 Huss-Danell, K., Chaia, E. & Carlsson, G., 2007. N₂ fixation and nitrogen allocation to above and below ground plant parts in red clover grasslands. Plant Soil 299, 215-226.

For mer informasjon på norsk:

Serikstad mfl. 2013. Biologisk nitrogenbinding -belgvekster som kilde til nitrogen, <http://orgprints.org/26728/>

Imprint

Publishers

Research Institute of Organic Agriculture FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Switzerland
Phone +41 62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK)
Gunnars veg 6, NO-6630 Tingvoll, Norway
tlf +47 930 09 884, post@norsok.no, www.norsok.no

Forfattere

Reidun Pommeresche og Sissel Hansen (begge NORSØK).

Review

Andreas Fliessbach, Christine Arncken-Karutz, Monika Messmer, Kathrin Huber, Gilles Weidmann (alle FiBL)

Forside foto

Røtter av soyabønner med nitrogenbindende bakterier i knoller. Foto: Monika, Messmer, FiBL.

Nedlasting

Dette heftet er tilgjengelig på norsk og engelsk på www.fertilcrop.net.

© Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland, 2017

Om prosjektet FertilCrop

Fertility Building Management Measures in Organic Cropping Systems – FertilCrop is a project funded by the CORE Organic Plus funding bodies, being partners of the FP7 ERA-Net project CORE Organic Plus. The overall aim of FertilCrop is to develop efficient and sustainable management techniques aimed at increasing crop productivity in organic farming systems. More information about FertilCrop is available at www.fertilcrop.net.

Disclaimer

The contents of this technical note are the sole responsibility of the authors, and they do not represent necessarily the views of the project funders. Whilst all reasonable effort is made to ensure the accuracy of information contained in this technical note, it is provided without warranty and we accept no responsibility for any use that may be made of the information.