

**MÅLING AV
NITROGENFIKSERING
I FELT VED
DIFFERANSEMETODEN**

RAPPORT 16

MARITA OLSEN

ISBN 82-7687-025-2

FORORD

En viktig målsetning for økologisk landbruk er å få en bedre utnyttelse av de lokale ressursene på den enkelte gård. Dvs. at importen av ressurser til gården reduseres i størst mulig grad. Tiltak som kan være aktuelle er f.eks. redusert bruk av kraftfôr og gjenlegg med belgvekstrik eng. Allsidig bruk av belgvekster vil bidra til å senke innkjøpet av ressurser til gården, da spesielt med tanke på nitrogengjødsel.

Denne rapporten er utarbeidet på bakgrunn av egne erfaringer ved bruk av differansemetoden i forbindelse med min hovedoppgave "Grovfôr dyrking i Troms" ved NLH våren 1992. Rapporten er skrevet på oppdrag fra Norsk senter for økologisk landbruk. Deler av litteraturoversikten i rapporten og eksemplene det er vist til er hentet fra hovedoppgaven. Veileder for hovedoppgaven var amanuensis Bjørn Grønnerød ved institutt for plantekultur, NLH. Denne rapporten er skrevet i samarbeid med prosjektleder Anne-Kristin Løes ved Norsk senter for økologisk landbruk. Jeg ønsker også å rette en hjertlig takk til Lars Nesheim ved Statens forskningsstasjon Kvithamar som har vært til hjelp ved utarbeidelse av denne rapporten.

Rapporten er ment som en bistand for ringledere og andre som ønsker å foreta undersøkelser av nitrogenfikseringens størrelse hos belgvekster ved hjelp av differansemetoden.

Narvik juni 1993

Marita Olsen

Vi takker Benthe Pünther for velvillig utlån av bilder.

1.	SAMMENDRAG	1
2.	INNLEDNING	2
3.	BELGVEKSTER OG NITROGENFIKSERING	2
3.1.	<u>Belgvekster</u>	2
3.2.	<u>Bruksområder for belgvekster</u>	3
3.2.1.	Grønngjødsling	3
3.2.2.	Fòr dyrking	4
3.3.	<u>Rhizobium-bakterier</u>	5
3.4.	<u>Problemer ved dyrking av belgvekster</u>	7
4.	METODER FOR MÅLING AV NITROGENFIKSERING	8
4.1.	<u>Isotopmetoden</u>	8
4.1.1.	¹⁵ N isotopmetoden (i atmosfære)	8
4.1.2.	¹⁵ N-isotopfortynningsmetoden	8
4.2.	<u>Acetylen (etylen)-reduksjonsmetoden</u>	9
4.3.	<u>Differansemetoden</u>	10
5.	GJENNOMGANG AV DIFFERANSEMETODEN VED PRAKTISK BRUK	11
5.1.	<u>Aktuelle testvekster</u>	11
5.1.1.	Fòrerter (<u>P. sativum</u> L.)	11
5.1.2.	Fòrvikker (<u>Vicia sativa</u> L.)	12
5.1.3.	Åkerbønne (<u>Vicia faba</u> L.)	12
5.1.4.	Ròdkløver (<u>T. pratense</u> L.)	13
5.1.5.	Kvitkløver (<u>T. repens</u> L.)	13
5.1.6.	Alsikekløver (<u>T. hybridum</u> L.)	14
5.1.7.	Jordkløver (<u>T. subterraneum</u> L.)	15
5.1.8.	Lusern (<u>M. sativa</u> L.)	15
5.2.	<u>Forsøksfelt</u>	16
5.3.	<u>Forsøksplan</u>	16
5.4.	<u>Høsting og prøver</u>	18
5.4.1.	Undersøkelser av avlinger	18
5.4.2.	Undersøkelser av stubb og røtter	18
5.4.3.	Jordanalyser	18
5.5.	<u>Undersøkelse av avling</u>	18
5.5.1.	Tørrstoffavlinger	18
5.5.2.	Botanisk sammensetning	19
5.5.3.	Nitrogeninnhold, nitrogenoverføringer og nitrogen- avlinger	20
5.6.	<u>Andre undersøkelser av avling</u>	21
5.7.	<u>Undersøkelse av stubb og røtter</u>	21

5.7.1.	Tørrstoff	22
5.7.2.	Nitrogeninnhold	22
5.7.3.	Mineralinnhold	23
5.8.	<u>Jordanalyser</u>	23
5.8.1.	Vanlige jordanalyser	23
5.8.2.	Tilgjengelig nitrogen i jorda . . .	23
5.9.	<u>Undersøkelse av husdyrgjødsel</u>	24
5.10.	<u>Statistikk</u>	24
5.11.	<u>Værobservasjoner</u>	24
6.	LITTERATUR	26

Det økologiske landbruket har som målsetning å senke importen av ressurser til den enkelte gård. I den forbindelse blir det ikke nyttet syntetisk nitrogen gjødsel. I stedet blir det lagt vekt på en intensiv utnyttelse av belgvekster. Belgvekstene har evnen til omdanne nitrogenet i lufta til ammonium (NH_4^+) ved symbiose med bakterieslekten Rhizobium. Det finnes ulike typer Rhizobium-bakterier og nitrogenfikseringsevnen til de ulike artene er svært varierende. For jordbrukskulturer vil det være av stor betydning at belgvekstene blir infisert av effektive Rhizobium-arter.

Det finnes flere måter for måling av nitrogenfikseringen hos belgvekster. Tre av metodene som blir brukt er differansemetoden, isotopmetoden og acetylen (etylen)-reduksjonsmetoden.

Differansemetoden er den enkleste metoden for måling av nitrogenfiksering hos belgvekster. Metoden går ut på å sammenligne nitrogenavling hos en nitrogenfikserende vekst (testvekst) ved siden av en ikke nitrogenfikserende vekst (referansevekst). Referanseveksten må dyrkes i reinbestand. Total nitrogenmengde i testveksten minus total nitrogenmengde i referanseveksten gir nitrogenmengden som testveksten har fiksert.

Metoden forutsetter at tilgjengelighet og opptak av nitrogen i jord og gjødsel er lik for begge vekstene, men opptaket kan variere på grunn av ulik rotaktivitet og ulik fordeling av rotsystemet i jorda. Hvis det er nitrogenmangel hos referanseveksten vil dette kunne gi forskjeller mellom testveksten og referanseveksten som ikke skyldes at referanseveksten ikke fikserer nitrogen.

For å bestemme total mengde fiksert nitrogen må en se på nitrogenavlingene i alt plantemateriale både i høstet avling, stubb og i røtter hos både testkulturen og hos referansekulturen. Av praktiske årsaker kan det være aktuelt å bare se på nitrogeninnholdet i høstet avling. I tillegg kan det være av interesse å undersøke innholdet av mineralisert nitrogen i jorda.

2. INNLEDNING

I litteraturdelen går en nærmere inn på ulike bruk av belgvekster og hvilken betydning og bruksområde belgvekstene kan ha. Videre blir det gitt en omtale av Rhizobium-bakteriens betydning for belgvekstenes nitrogenfiksering.

Tre metoder for måling av nitrogenfiksering blir nevnt og en nærmere gjennomgang av differansemetoden ved praktisk bruk blir foretatt.

3. BELGVEKSTER OG NITROGENFIKSERING

3.1. Belgvekster

Belgvekstenes nitrogenfiksering er en viktig del av nitrogenregnskapet. Det økologiske landbruket bruker ikke syntetisk nitrogen-gjødsel og av den grunn legges det større vekt på belgveksters evne til å fikserer nitrogen. For å unngå å tære på nitrogen-reservene i jorda er det økologiske landbruket avhengig av symbiotisk nitrogenfiksering. Skal en føre nitrogenregnskap for en gård eller et bestemt areal er det viktig at all import og eksport av nitrogen blir målt så nøyaktig som mulig. Herunder kommer undersøkelser av tilskudd av nitrogen i form av symbiotisk nitrogenfiksering. Måling av nitrogenfiksering kan også gjøres for å sammenligne arter eller sorter innen en art.

Potensialet for nitrogenfiksering hos belgvekster i Norge vil variere med arter og sorter, og en vil finne variasjoner fra distrikt til distrikt. Lunnan (1989) oppgir følgende tall for nitrogenfiksering hos noen belgvekster i reinbestand:

Rødkløver og lusern	15-30 kg N/daa	
Kvitkløver	10-20	"
Erter og åkerbønne	5-15	"

3.2. Bruksområder for belgvekster

3.2.1. Grønngjødsling

Belgvekstene kan brukes som grønngjødsel og til fôr dyrking i reinbestand eller helst i samdyrking med andre vekster, f.eks. i eng, grønnfôrblandinger og undersådd i korn. Bruk av belgvekster som grønngjødsel kan gjøres på flere måter.

Hovedkultur: Her dyrkes bare én art eller en blanding av grønngjødselvekster (f.eks. belgvekster + gras) på et areal gjennom hele vekstsesongen. Denne metoden kan kombineres med fôr eller frø dyrking. Det organiske materialet pløyes eller harves ned om høsten eller våren. Grønnmassen kan òg tilføres til andre arealer som jorddekkning, overflatekompostering eller legges i vanlig kompost.

Forkultur: Vekstsesongen i Norge vil ofte være for kort til at en kan dyrke grønngjødslingsvekster som forkultur, men f.eks. foran høstsådd rug og hvete kan forkultur nyttes.

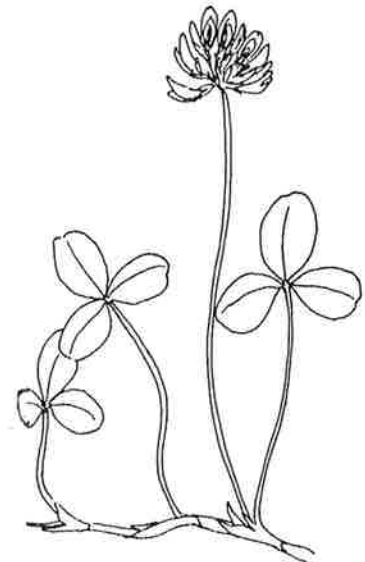
Etterkultur: Etter f.eks. tidligpotet og tidlige grønnsaker er det aktuelt å bruke en etterkultur som samtidig kan virke som fangvekst for nitrat og også ha en erosjonshindrende effekt. Vekster brukt som etterkultur bør kunne etablere seg og vokse raskt og lenge utover høsten.

Blandingskulturer: Dette er kulturer hvor grønn gjødselveksten dyrkes i blandinger med andre vekster. Det er flere typer blandingskulturer:

a. Fullstendig samplanting, f.eks. grønnfôr med belgvekster og eng med kløver. Kløverrik eng som blir høstet til fôr gjennom sesongen har etter ompløying en betydelig grønn gjødsel-effekt (Grønnerød 1990).

b. Rader og belter, f.eks. kløver mellom rader av potet og grønnsaker.

c. Underkultur, f.eks. kvitkløver i korn.



Hvitkløver

3.2.2. Førdyrking

Belgvekstene vil som regel bidra til økte tørrstoffavlinger og forbedre kvaliteten på fòret. Ved bruk av belgvekster vil en kunne få større proteininnhold og bedre mineralbalanse i fòret (Bingfors 1962, Øyen & Aase 1988). Belgvekstene fyller dessuten mindre i vomma og passerer raskere gjennom dyras fordøyelseskanal enn gras, og dette kan gi grunnlag for et høyere grovfòropptak hos drøvtyggere. Randby (1988) fant i fòringsforsøk av kyr med fòring av surfòr med og uten kløver at surfòropptaket var størst på kløversurfòret. I forsøket ble det fòret med surfòr etter appetitt. Dersom grovfòret blir gitt etter appetitt kan en dermed bruke mer hjemmeproduisert grovfòr og en kan spare innkjøp av kraftfòr.

Dyrking av belgvekster i blanding med gras vil også kunne gi andre positive samdyrkingseffekter. I en blandingsbestand av belgvekster og gras blir det en bedre fordeling av røttene i jordlaget. Grasartene har ofte røttene sine i øvre del av jordlaget mens enkelte belgvekster kan gå ned til 1 meters dybde eller mer. På den måten kompletterer gras og belgvekster hverandre (Steen 1962). En får en bedre utnyttelse av næringsstoffene i jorda pluss at konkurransen om næringsstoffene reduseres.

3.3. Rhizobium-bakterier

Belgvekstene er i stand til å omdanne nitrogenet i lufta (N_2) til ammonium (NH_4^+) ved hjelp av bakterier av slekten Rhizobium, som lever i symbiose med belgvekstene. Bakteriene tilfører vertsplanten nitrogenforbindelser og mottar karbohydrater (Jetne 1987). De ulike typene av Rhizobium er tilpasset hver sin eller noen få arter av belgvekstfamilien. Tradisjonelt er Rhizobium inndelt i seks typer, se tabell 3.3.1.

Rhizobium-bakterien lever dels fritt i jord og dels inne i vertsplantene. Når vertsplantene mangler, lever bakteriene som frittlevende organismer i jorda. Overlevelse og populasjonens størrelse er derfor direkte avhengig av omgivelsene med hensyn på både fysiske og kjemiske faktorer (Solheim et al 1987). Nitrogenfikseringsevnen til de ulike Rhizobium-artene er svært varierende. Noen er effektive og lager store, men ikke særlig mange rotknoller (noduler) og kan binde mye nitrogen. Andre er mindre effektive og lager mange små knoller, som binder lite eller ikke noe nitrogen (Jetne 1987).

Tabell 3.3.1. Inndeling av bakterieslekten Rhizobium med tilhørende vertsplanter etter (FAO 1984)

Bakterier	Vertsplanter	
	Latinsk navn	Norsk navn
<u>R. meliloti</u>	<u>Medicago</u> , <u>Melilotus</u>	Lusern, steinkløver
<u>R. trifol</u>	<u>Trifolium</u> spp.	Kløver
<u>R. leguminosarum</u>	<u>Pisum</u> og <u>Vicia</u>	Erter, vikke
<u>R. phaseoli</u>	<u>Phaseolus</u>	Bønner
<u>R. lupini</u>	<u>Lupinus</u>	Lupin
<u>R. japonicum</u>	<u>Glycine max</u>	Soyabønne

Det er konkurranse mellom bakterier av forskjellige stammer slik at når en ikke effektiv stamme er kommet inn i røttene til vertsplanten, kan ikke bakterier fra effektive stammer komme

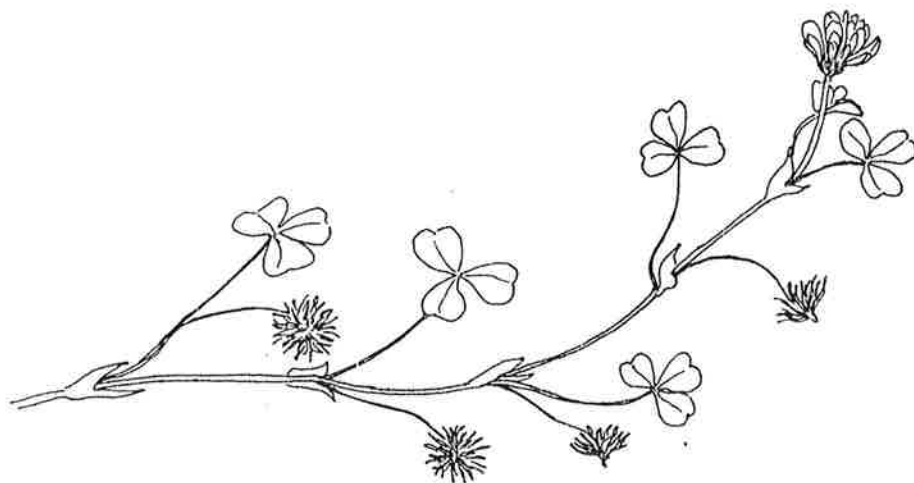
inn. I jordbrukskulturer er det derfor av stor betydning at planter blir infisert av effektive Rhizobium-arter (Postgate 1987). Ved bakteriesmitting er det en fare for at "superbakteriene" som blir tilført lett kan bli utkonkurrert av stedegne og ofte mindre effektive bakterier i jorda (Lunnan 1987). Hvor effektive bakteriene er kan en bedømme ved å se på det røde pigmentet i nodulene. Det kalles leghemoglobin og har til oppgave å hindre oksygen i å komme til i selve nitrogenfikseringsprosessen som er anarob. Leghemoglobinet virker dermed som en slags oksygenbuffer (Postgate 1987). En frisk rød farge er tegn på god nitrogenfiksering.

Smitting av frø med Rhizobium-bakterier må en vurdere for de ulike artene. Når en aktuell art ikke har vært dyrket på vedkommende areal eller marka er nydyrket, eventuelt at arealet er bakkeplanert, bør frøet smittes. Arter som lusern og lupin må som regel smittes fordi de ikke har vært dyrket i Norge i særlig omfang tidligere.

Mengden nitrogen som kan fikseres ved symbiose med Rhizobium er avhengig av flere faktorer: Tilgang på nitrogen, oksygen, kalium, kalsium og molybden spiller her inn. Karbohydratassimilasjonen i plantene er viktig (Jetne 1987). Temperaturen spiller også inn her. Lav temperatur om våren er en begrensende faktor. I sørlige strøk med varmere klima samler Rhizobiumbakterien generelt større mengder nitrogen enn i nordlige og kaldere strøk. Røttene til belgveksten vil under selve infeksjonsprosessen skille ut et substrat som tiltrekker Rhizobiumbakteriene. Disse produserer et hormon som får rothåra til vedkommende belgvekst til å krølle seg. Noe senere vil så rothåra bli infisert og invadert av bakterier.

3.4. Problemer ved dyrking av belgvekster

Dyrking av belgvekster er ofte ikke helt problemfritt. Generelt er ikke kløverartene så vinterherdige og varige som grasartene. Overvintringsevnen påvirkes også av jordtypen. På myrjord vil kløveren ofte gå raskt ut. I tillegg til overvintringsskadene kan de lett skades av for dyp såing, dårlig såbed og kraftig og tett dekkvekst. Ofte setter belgvekstene større krav til klima enn f.eks. grasartene. Et høyt innhold av nitrogen i jorda vil kunne øke grasets konkurransevne og dermed redusere andelen av kløver i enga.



Jordkløver

4. METODER FOR MÅLING AV NITROGENFIKSERING

Det finnes ulike metoder for måling av nitrogenfiksering hos belgvekster, både direkte og indirekte metoder. Her gis en kort beskrivelse av de tre metodene som er mest brukt ved måling av nitrogenfiksering.

4.1. Isotopmetoden

4.1.1. ^{15}N isotopmetoden (i atmosfære)

Denne metoden går ut på å tilsette ^{15}N -isotoper til atmosfæren i et lukket jord/plantesystem i karforøsk. Nitrogenfikseringen måles indirekte ved å måle opptatt ^{15}N i plantene.

Fordeler og ulemper med metoden

Metoden er vanskelig å gjennomføre i praksis, spesielt ute i felt. En annen ulempe med metoden er at den er kostbar å gjennomføre.

4.1.2. ^{15}N -isotopfortynningsmetoden

Metoden går ut på å tilføre ^{15}N -isotoper til en nitrogenfikserende og en ikke nitrogenfikserende vekst. Begge plantene gjødsles med ^{15}N merket nitrogen. Kontrollveksten er antatt å ta opp like mye nitrogen i gjødsel og jord som belgveksten, men i praksis vil belgveksten ta opp mindre nitrogen. Dette fører til at innholdet av ^{15}N i belgvekstene blir lavere. Det må foretas analyser av ^{15}N innholdet i plantene. Beregning av prosent nitrogen fra symbiose i belgvekster ($\% N_{\text{sym}}$) gjøres slik:

$$\% N_{\text{sym}} = (1 - \frac{^{15}\text{N belgvekster}}{^{15}\text{N gras}}) * 100$$

$$\text{Mengde fiksert N} = \text{nitrogenavling i belgvekst} * \% N_{\text{sym}}$$

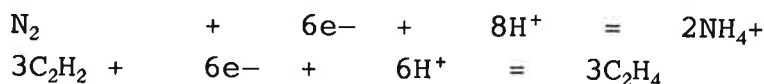
Fordeler og ulemper med metoden

Jordnitrogenets tilgjengelighet, røttenes opptak av nitrogen, fordelingen av røttene i jordlaget og røttenes aktivitet bør være lik for belgveksten og referanseveksten. Ulike nitrogen-gjødseltyper kan gi forskjellige tap av nitrogen i form av denitrifikasjon og avrenning (Wivstad & Ljunggren 1983). Tilgjengelighet og opptak av nitrogen i jord og gjødsel kan variere mellom testveksten og referanseveksten. En måte å overvinne problemet på er å bruke flere og ulike referansevekster (Mårtensson & Ljunggren 1982a).

Denne metoden egner seg bare når det brukes syntetisk nitrogen-gjødsel i forsøk. Metoden er kostbar å gjennomføre pga. dyre analyser.

4.2. Acetylen (etylen)-reduksjonsmetoden

Denne metoden er en indirekte metode for måling av nitrogenfiksering. Metoden måler nitrogenfikseringen ved et gitt tidspunkt. Acetylen (etylen)-reduksjonsmetoden går ut på at nitrogenaseenzymet også reduserer acetyलगass (C_2H_2) til etylen (C_2H_4). Beregninger av forholdet mellom produsert etylen og bundet nitrogen kan utledes av følgende ligninger:



Det går fram av ligningen at den teoretiske faktoren for forholdet N_2/C_2H_4 er 1 : 3. I praksis er det ikke alltid at dette stemmer (Amarger 1979). I følge Wivstad & Ljunggren (1983) kan forholdstallene variere mellom 1,5 og 8,4. Utviklingen av H_2 spiller her inn. Noe av energien kan bli brukt til utvikling av H_2 i stedet for N_2 og C_2H_2 .

Ved bruk av metoden i feltforsøk må lufta mettes med acetylen i en gasstett kasse.

Fordeler og ulemper med metoden

Metoden passer godt til å undersøke nitrogenfiksering over korte perioder, f.eks. hvor tidlig nitrogenfikseringen kommer i gang om våren. Den er også egnet til å måle effektiviteten til

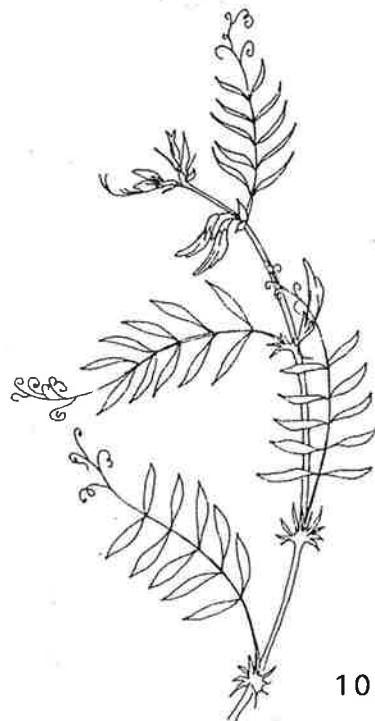
Rhizobium-stammer, og til å undersøke nitrogenfiksering i ulike sorter av belgvekster f.eks. ved sortsprøving.

Denne metoden krever imidlertid svært godt laboratorie- og inkuberingsutstyr og er av den grunn kostbar å gjennomføre. Metoden innebærer også praktiske problemer, spesielt ved måling av total nitrogenfiksering gjennom vekstperioden ute i felt.

4.3. Differansemetoden

Dette er den enkleste metoden for å måle total mengde nitrogen som fikseres av belgvekster. Metoden er basert på å sammenligne total nitrogenavling hos en nitrogenfikserende vekst (testvekst) og hos en ikke nitrogenfikserende vekst (referansevekst) eller i blandingskulturer med og uten belgvekster. Som referansevekst kan man bruke en ikke fikserende vekst f.eks. gras, eller en ikke knolldannende belgvekst (Mårtensson & Ljunggren 1982a, Wivstad & Ljunggren 1983). Belgvekstene vil ikke danne knoller hvis ikke Rhizobium-bakterien er til stede. Teorien går ut på at belgveksten og den ikke nitrogenfikserende veksten skal ha mulighet til å ta opp like mye nitrogen fra jorda i form av mineralisert nitrogen og nitrogen i gjødsel. I tillegg vil den nitrogenfikserende veksten ta opp nitrogen fra luften. Ved å analysere innholdet av nitrogen i både den nitrogenfikserende kulturen og den ikke nitrogenfikserende kulturen kan en beregne fiksert mengde nitrogen. Nitrogenavling i testveksten minus nitrogenavling i referanseveksten gir den fikserte mengden nitrogen.

Aktuelle testvekster i dekkveksten vil være erter, vikker og åkerbønne i monokultur eller helst i blandinger med korn, (grønnfôr). I engforsøk vil rødkløver, kvitkløver, alsikekløver, jordkløver og lusern kunne brukes som testvekster i monokultur eller i blandinger med grasarter.



Fordeler og ulemper med metoden

Metoden er lett og billig å bruke (Wivstad & Ljunggren 1983). Forutsetningene for at denne metoden skal kunne brukes er at tilgjengelighet og opptak av nitrogenet i jorda er lik for de to kulturene. De to vekstene kan imidlertid ha ulikt opptak av nitrogen i jorda på grunn av ulik rotaktivitet og ulik fordeling av rotsystemet. For å minimalisere feilen bør en søke å finne en referansevekst som har tilnærmet samme rotsystem som testkulturen.

Hvis det er nitrogenmangel hos den ikke nitrogenfikserende veksten, vil dette kunne gi forskjeller mellom testveksten og referanseveksten (Mårtensson & Ljunggren 1982a,b). Dette fordi referanseveksten vil få et unormalt lavt innhold av nitrogen.

Undersøkelser av Nesheim og Øyen (1992) og av Boller & Nøtberger (1987) viste at det ble konstatert høyere nitrogenfiksering ved måling med differansemetoden sammenlignet med isotopmetoden.

I følge Amarger et al (1979) gir differansemetoden et lavere estimat for nitrogenfiksering enn det som faktisk forekommer. Dette fordi testkulturen ikke utnytter jordnitrogenet like godt som referanseveksten.

Differansemetoden vil i de fleste tilfeller kunne gi et tilstrekkelig nøyaktig estimat av mengde fiksert nitrogen.

5. GJENNOMGANG AV DIFFERANSEMETODEN VED PRAKTISK BRUK

5.1. Aktuelle testvekster

5.1.1. Førerter (P. sativum L.)

Erter er en ettårig belgvekst med svak, klatrende stengel. Blomsten til førtert er kvit eller fiolett. Planten har meget hurtig utvikling. Den har middels dyp pålerot med enkelte siderøtter og finrøtter.

Krav til klima og jord

Erter trives i kjølig, relativt fuktig klima ved temperaturer fra 7 – 24°C med optimumstemperatur mellom 13 og 21°C. Erter kan vokse i varierende jordarter fra lett sandig leire til tung leirjord og i pH område fra 4.2 – 8.3 (Duke 1981). Kald, fuktig og tett jord er ikke egnet for erter.

Tradisjonelt har det vært vanlig å dyrke førerter i blandinger med havre og vikker, men samdyrking med bygg, førraps og åkerbønne kan også være aktuelt. Aktuelle sorter vil være Timo, Poneka og Capella.

5.1.2. Førvikker (Vicia sativa L.)

Førvikke er en ettårig belgvekst med klatrende stengel. Den kan oppnå en lengde på 60 – 120 cm. Blomsten er rødfiolett. Planten har et kraftig og relativt dypt rotsystem.

Krav til klima og jord

Førvikke vokser i temperaturområdet fra 5.6 – 22.5°C. Planten kan vokse i pH- området fra 4.9 – 8.2 (Duke 1981). Den er mer kravfull enn erter og liker seg best på kalkrik leirjord. Lett og sur sandjord og vedvarende fuktighet er ugunstig for planten.

Førvikker kan dyrkes i grønnførblandinger med korn og erter. I tillegg til å fiksure nitrogen vil den kunne øke proteininnholdet i føret. Aktuell sort å bruke er Jaga.

5.1.3. Åkerbønne (Vicia faba L.)

Åkerbønne blir dyrket som en ettårig vekst hos oss. Vanligvis bryter to sideknopper over frøbladene slik at planten får minst tre stengler. Blomsten er kvit eller svakt rødlig. Rota er en dyptgående pålerot som trenger ca 1 meter ned i jorda og løser opp tung og hardpakket jord.

Krav til klima og jord

Åkerbønne dyrkes i temperert klima. Den trives godt i stiv leirjord eller moldholdig jord. Den vokser også på lettere jord,

Åkerbønne kan nyttes som førplante enten alene eller sammen med andre grønnførvekster. På grunn av sitt tidligere omtalte rotsystem vil planten kunne brukes for å forbedre jordstrukturen. Av sortsutvalget kan en nevne sorten Alfred.

5.1.4. Rødkløver (T. pratense L.)

I Norge er rødkløver den viktigste engbelgveksten. Stengelen kan bli en meter høy og blomsten er kvit, rød eller purpurrød. Hovedrota er en kraftig pålerot som kan gå dypt ned i jorda. Den er sterkt greinet, spesielt i øvre del av rota. Av dyrka former skilles det mellom tidlig, halvsein og sein kløver. De norske sortene er av seinkløvertypen.

Krav til klima og jord

Rødkløver kan vokse i temperaturområdet fra 4.9 – 20.3°C, men vokser best ved ca 11°C. Planten trives best ved pH fra 6.6 til 7.6. (Duke 1981). Den er i større grad enn grasartene utsatt for vinterskader som ihjelfrysing, uttørking, oppfrysing og isbrann. Rødkløver trives best på opplendt leirjord. Den egner seg ikke på myrjord eller humusrik jord hvor den ofte er utsatt for oppfrysing (Grønnerød 1986)

Under gunstige betingelser kan rødkløveren vise stor konkurransevne ovenfor grasartene, men dette vil være avhengig av bl.a høsteintensitet, grasart og overvintringsevne.

Aktuelle sorter er Nordi, Kolpo, Bjursele, Pradi, Molstad og Tripo. Bjursele passer for Nord-Norge og fjellbygder. Kolpo er nesten like hardfør som Bjursele. Kolpo og Nordi er norske sorter.

5.1.5. Kvitkløver (T. repens L.)

Kvitkløver er en flerårig vekst som har en krypende overjordisk stengel. Planten brer seg vegetativt. Blomsten er kvit eller rødlig. Rotsystemet til planten er grunt. Hovedrota dør ofte andre året etter at planten er blitt sådd.

Krav til klima og jord

Kvitkløver trives best under noe kjølige og fuktige forhold på relativt kalkrik og kaliumrik jord. Den vokser i temperaturområde fra 4.3 – 21.8°C (Duke 1981). Den vokser godt på leirjord eller leirholdig jord hvor det er god tilgang på næring og fuktighet. Kvitkløver krever pH mellom 6 og 7.

Kvitkløver brukes i beite eller i kombinert bruk av eng/beite. I førsteårseng vil ikke kvitkløver kunne konkurrere med rød-kløver og alsikekløver i nitrogenavlinger, men i senere engår vil kvitkløveren kunne hevde seg ovenfor både rød-kløver og alsikekløver. Milkanova er en dansk sort som dyrkes i Norge. Sonja er en svensk sort som også blir brukt.

5.1.6. Alsikekløver (T. hybridum L.)

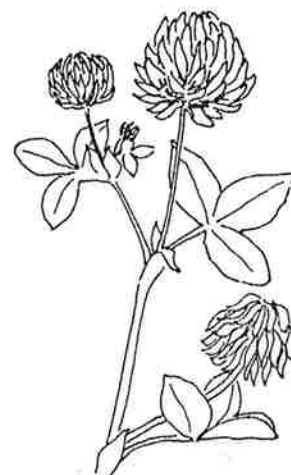
Dette er en flerårig plante med middels høyde, 40–50 cm. Blomsten er kvit eller rosa. Alsikekløver har grunt rotsystem og er av den grunn utsatt for tørke.

Krav til klima og jord

Planten vokser i tempererte områder. Alsikekløver er mindre hardfør enn rød-kløver. Den trives på de fleste jordarter bortsett fra tørr og lett jord. Planten vokser bedre på relativt sur jord f.eks. myrjord enn rød-kløver.

Alsikekløver vil være aktuell å dyrke på sur og rålendt jord.

På jord hvor rød-kløver er blitt angrepet av nematoder kan det være aktuelt å dyrke alsikekløver da alsikekløver ikke angripes av de samme nematodene. Svaløfs Tetra og Alpo er to aktuelle sorter.



Alsikekløver

5.1.7. Jordkløver (T. subterraneum L.)

Jordkløver er en ettårig vekst med krypende stengel. Blomsten kan ha flere farger: Kvit, gul og brunlig. Planten har en middels dyp pålerot med en del side- og finrøtter.

Krav til klima og jord

Jordkløveren er tilpasset et klima med milde og fuktige vintre og tørre somre. Planten stiller relativt små krav til jordart. Den trives best på lette jordarter og vokser bra på jord med lav pH.

Jordkløver kan brukes som undersådd i f.eks. korn og rotgrønnsaker. I Sverige er Mount Barker den mest brukte sorten.

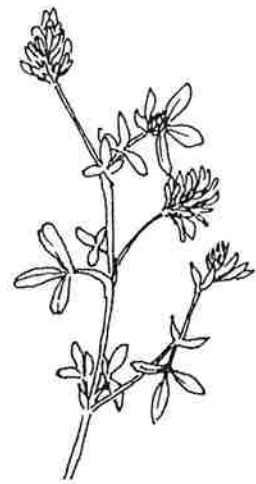
5.1.8. Lusern (M. sativa L.)

Lusern er en flerårig vekst som blir mellom 50 og 150 cm høy. Blomsten sitter i klaser og har en blålig farge. Planten har en kraftig og dyptgående pålerot. På grunn av sitt rotsystem er planten svært tørkeresistent.

Krav til klima og jord

Lusern krever kalkrik, varm og dyp jord. Av den grunn egner den seg best i silurstrøkene rundt Oslofjorden og på Ringerike, Hadeland og i områdene rundt Mjøsa (Grønnerød 1986). Den trives best i pH området 6.5 til 7.5.

Lusern brukes i eng. Hvis lusern slår til kan den holde seg i enga i flere år. anbefalte sorter for dyrking i Norge er de to svenske sortene Lesina og Sverre og den kanadiske sorten Peace. S.F.Løken har nylig utviklet den nye sorten Live, som kan bli i salg fra 1996.



Lusern

5.2. Forsøksfelt

Ved anlegg av forsøksfelt for måling av nitrogenfiksering ved hjelp av differansemetoden, er det viktig å ta de samme hensyn som en ellers må gjøre ved planlegging av et forsøk. Forholdene på selve feltet bør være så jevne som mulig. Spesielt er det viktig at variasjonen mellom forsøksleddene innen gjentak er like. Dette med tanke på blant annet jordsmonn, næringstilstand (spesielt nitrogeninnholdet), drenering og terrengforhold. (Antall ledd og gjentak må vurderes ut fra hvert enkelt forsøk.) Fordelingen av leddene innen et gjentak bør være tilfeldig. Mellom hver enkelt rute bør det være grensebelter slik at nabovirkninger mellom rutene unngås. Rutenes størrelse må en vurdere ut fra antall ledd, plantekulturen og antall år forsøket skal gjennomføres.

Hvis forsøket går over flere år og det skal tas stubb- og rotprøver hvert år må forsøksenhetene være store nok til at avlings-registreringene ikke kommer i konflikt med tidligere stubb- og rotuttak. Selv om en sår til arealet der uttak av stubb- og rotprøvene ble tatt, må en unngå å høste dette arealet året etter. Dette gjelder spesielt hvis bare deler av ruteenheten høstes.

Gjødsling kan både begrense nitrogenfikseringen og svekke belgvekstenes konkurransevne.

For å få en best mulig tilrettelegging av forsøket og redusere feilkildene bør en smitte belgvekstene med artsspesifikke bakteriestammer.

5.3. Forsøksplan

Under er et eksempel på en faktoriell forsøksplan vist med fire ledd.

Ledd 1. Dekkvekst uten belgvekst + engvekst uten belgvekst

Ledd 2. Dekkvekst uten belgvekst + engvekst med belgvekst

Ledd 3. Dekkvekst med belgvekst + engvekst uten belgvekst

Ledd 4. Dekkvekst med belgvekst + engvekst med belgvekst

Ledd 1 inneholder ikke belgvekster, og er her kontroll-leddet. Dette blant annet for å kunne måle utslag for tilskudd av belgvekster med hensyn på nitrogenfiksering, avlinger og førkvalitet.

Den viste forsøksplanen kan anlegges som et "split-plot" forsøk med faktoren "med eller uten belgvekst" i dekkveksten på stor-ruter og faktoren "med eller uten belgvekst" i engveksten på småruter.

Hvordan en sår til feltet vil variere med størrelsen på feltet og hvilke redskaper en har tilgjengelig. I eksempelet foran vil det være naturlig å så artene på storrutene først. Deretter dekke til deler av feltene før en sår til smårutene. Det er svært viktig at tilsåingen av feltet blir gjort nøyaktig slik at det ikke oppstår forurensninger av uønskede arter på de ulike leddene. Det kan i så fall gi feil i forsøksmaterialet.

Før tilsåing av feltet må alt såfrø veies slik at feltet tilsås med de ønskede såfrømengdene. For ovenfornevnte forsøksplan kan arter, sorter og såmengder være eksempelvis som følgende:

	<u>Art</u>	<u>Sorter</u>	<u>Kg/daa</u>
Dekkvekst	Havre	"Veli"	7,0
	Erter	"Timo"	3,0
	Vikke	"Jaga"	2,0
Engvekst	Timotei	"Engmo"	3,0
	Rødkløver	"Bjursele"	0,5
	Kvitkløver	"Milkanova"	0,2

Såmengdene er tilpasset breisåing. Etter at veksten er kommet i gang bør en grave opp grensebelter mellom rutene. Det kan være nødvendig å foreta 2-3 opprensninger av grensebeltene i løpet av vekstperioden.

En annen måte å gjennomføre forsøket på er å legge ut separate felt for dekkvekst og engvekst som vist under.

A. Dekkvekst

A.1. Uten belgvekst

A.1. Med belgvekst

B. Engvekst

B.1. Uten belgvekst

B.2. Med belgvekst

5.4. Høsting og prøver

5.4.1. Undersøkelser av avlinger

1. Tørrstoffavlinger (kg/daa)
2. Botanisk sammensetning (vekt, % andel av arter/sorter etter sortering og tørking)
3. Nitrogeninnhold, og nitrogenavlinger (kg/daa) (estimering av nitrogenfiksering, % av ts.)
4. Trevler (% av ts)
5. Mineralinnhold (% aske)
6. Energikonsentrasjon og førenhetsavlinger (F.E.m/100 kg, F.E.m/daa)

5.4.2. Undersøkelser av stubb og røtter

1. Tørrstoffmengder (kg/daa)
2. Nitrogeninnhold (% av ts)
3. Nitrogenmengder (kg/daa)
4. Mineralinnhold (% aske)

5.4.3. Jordanalyser

1. Vanlige jordanalyser: glødetap, pH, P-AL, K-AL, K-HNO₃, Mg-AL, Ca-AL, N-total, %C, og Na-AL.
2. Mineralisert nitrogen i jorda, NO₃⁻ og NH₄⁺.
3. Plantetilgjengelig nitrogen, ekstrahert med KCl

Ved bruk av husdyrgjødsel på forsøksfeltet må innholdet av nitrogen i husdyrgjødsel også bestemmes: Total nitrogen, ammonium og (nitrat). I tillegg bør en undersøke pH, tørrstoff, aske, fosfor, kalium, kalsium og magnesiuminnholdet i gjødsel.

5.5. Undersøkelse av avling

5.5.1. Tørrstoffavlinger

For registreringer av tørrstoffavlinger kan en enten høste hele ruter eller bare deler av rutene. I det siste tilfellet vil et høsteareal på 1 m² pr rute være tilstrekkelig, men i et markforsøk vil alle måle- og veiefeil ha relativt større

Ved høsting av et mindre areal kan en bruke batteridrevet eller elektrisk drevet håndklipper. For høsting av større arealer kan det være aktuelt bruke tohjulsstraktor. Ved høsting er det ønskelig med en stubbhøyde på ca 5 cm.

Fra den høstede massen tas det ut to prøver på minimum 1 kg hver. Den ene prøven tas ut til botanisk bestemmelse og den andre prøven veies før tørking og brukes for å bestemme tørrstoffavling og for analyser av sams plantemateriale. Tørrstoffprøvene for høstet avling, stubb og røtter legges til tørk i tørkeskap ved ca 60°C i noen dager før de blir tatt ut og veid, og tørrstoffavlinger pr daa beregnes. Før en videre undersøkelse av prøvematerialet kan finne sted må prøvene hakkes og males.

For de videre analysene kan en velge å bare analysere innholdet i sams prøver. Hvis det inngår flere arter/sorter i hvert forsøksledd bør en foreta analyser fra de botaniske prøvene. Dette for å få et best mulig bilde av innholdet i de ulike vekstene og hvilke vekster som gir best resultat.

5.5.2. Botanisk sammensetning

Hvis tilslaget av enkelte av artene/sortene er dårlig, må prøvenes størrelse reguleres etter dette slik at en får nok plantemateriale for hver av artene/sortene til å utføre de nødvendige kjemiske analysene. Prøver på 1 kg fersk vekt til botanisk analyse kan bli for små, spesielt hvis det er flere arter på høsteruten. En bør da vurdere å øke størrelsen på prøver til f.eks. 2 kg pr høsterute for botaniske analyser.

Prøven blir sortert i de ulike artene og/eller sortene som er på den aktuelle ruten. Dette gjøres rett etter høsting. Etter at artene er skilt veies de hver for seg i rå tilstand og vekten blir notert. De ulike fraksjonene fra hver høsterute merkes og settes så raskt som mulig i tørkeskap ved 60°C til prøvene er blitt helt tørre (2-3 dager).

Sorteringen av plantematerialet er svært tidkrevende. Alternativet er å fastsette den botaniske sammensetningen ved skjønn. Dette vil gi større feil. Feilen kan reduseres ved å sortere noen av rutene etter at det er foretatt skjønnsmessig

bedømmelse av botanisk sammensetning. Ut fra resultatene av de sorterte rutene kan en korrigere den skjønsmessige bestemmelsen på de andre rutene.

Når prøvene er tørket veies de på nytt og vekten noteres. På bakgrunn av tørrstoffavlingene kan en beregne botanisk sammensetning (i % av plantebestandet). Deretter må prøvene hakkes og males opp før de kan gå til videre undersøkelser. Skulle det være lite plantemateriale, kan en slå sammen gjentak innenfor samme felt, men en vil da ikke kunne foreta statistiske analyser av resultatet. Det er derfor viktig at en ved anlegg av feltet planlegger både store nok ruter og store nok prøver.

Ved å sende prøvene til kjemisk analyse kan en få undersøkt totalt nitrogeninnhold (Kjeldahl-N), tørrstoff, aske og f.eks. trevler. Andre nyttige undersøkelser av fôrkvalitet en kan foreta, er in vitro undersøkelser. Disse blir så brukt for bestemmelse av energikonsentrasjon (F.E.m./100 kg ts) og energiavlinger (F.E.m./daa).

5.5.3. Nitrogeninnhold, nitrogenoverføringer og nitrogenavlinger

Bestemmelse av totalt nitrogeninnhold ved hjelp av Kjeldahl-N gir resultat i form av prosent nitrogen. Ut fra proteinprosenten kan en beregne nitrogeninnholdet. En går ut fra at det er 6,25 prosent nitrogen i proteinet i graset (% protein/ 6,25). Ut fra sams prøver vil en få et bilde av hvilke kulturer/plantesammensetninger som har størst nitrogeninnhold totalt sett.

Undersøkelser av nitrogeninnhold i de botaniske prøvene vil kunne fortelle om det har vært nitrogenoverføring fra belgvekster til ikke nitrogenfikserende vekster. Hvis nitrogeninnholdet i de ikke nitrogenfikserende vekstene som er blitt dyrket sammen med belgvekster minus nitrogeninnholdet i kontrollveksten er større enn null, har det skjedd en indirekte overføring av nitrogen fra belgveksten til ikke nitrogenfikserende vekster. Differansen i nitrogeninnholdet kan også skyldes mindre konkurranse om nitrogenet fra gjødsel og jord. (Kontrollvekst: ikke nitrogenfikserende vekst som er blitt dyrket uten nærvær av nitrogenfikserende vekster.)

Differansemetoden er imidlertid en dårlig metode for bestemmelse av overført nitrogen. Isotopmetoden er bedre å bruke til dette.

Nitrogenavlinger (kg/daa) kan en fastslå på grunnlag av nitrogeninnholdet (% av ts) og tørrstoffavlingene (kg/daa). Nitrogenfikseringen bestemmes ved å ta kg/N pr daa i ledd med belgvekster minus kg/N pr daa i ledd uten belgvekster.

5.6. Andre undersøkelser av avling

Undersøkelser av trevleinnhold, mineralinnhold, energikonsentrasjon og førehetsavlinger er ikke nødvendig, men disse analysene vil være med på å belyse førkvaliteten i ledd med belgvekster kontra kontrollveksten/leddet.

Førehetsverdien kan en beregne etter følgende formel:

$$(((\%Ts - aske) * F.i.v * 2,36) - (\% trevler * 150))/165$$

I formelen er F.i.v = fordøyelighetskoeffisient bestemt in vitro. 2,36 = KELLNERS næringsverdifaktor. Videre er det regnet med en trevlereduksjon på 1,5 NK_F (NK_F = nettofeitekalorier) pr gram råtrevler. Det er regnet med at 1650 NK_F svarer til 1 f.f.e. (Saue 1982).

5.7. Undersøkelse av stubb og røtter

For å få registrert nitrogenfikseringen så nøyaktig som mulig er det nødvendig å ta ut prøver av stubb og røtter og foreta undersøkelser av nitrogeninnholdet i disse. Prøvene tas ut etter at avlingsregistreringene er foretatt.

Fra hver rute blir det tatt ut en jordblokk ved hjelp av spade. Jordblokken blir tatt ut på et tilfeldig sted innenfor forsøksruta. Størrelsen på jordblokken som blir tatt ut må en vurdere. Plantebestandens tetthet vil påvirke jordblokkens størrelse. Bli uttaksruta for liten vil en kunne få for lite materiale av stubb og røtter til å gjennomføre kjemiske undersøkelser. Et areal på 20 * 20 cm kan være passe størrelse. Samtidig som at størrelsen på jordblokken øker vil vaskingen og sorteringen av plantematerialet ta lenger tid.

Dybden på jordblokken bør være på 20 cm, for å kunne få et representativt uttak av rotmassen. På enkelte jordarter som morenejord og stiv leirjord kan det være vanskelig å få tatt ut prøver ned til 20 cm. Jo dypere prøven blir tatt ut, jo vanskeligere vil sorteringsarbeidet bli da røttene blir tynnere og lettere rives løs fra planten. En kan da bli sittende igjen med en større andel uspesifiserte røtter. Ved uttak ned til 20 cm fikk jeg en lav andel av røtter som ikke lot seg identifisere.

Når jordblokken er tatt ut, må røttene vaskes rene og røtter og stubb sorteres i ulike arter. Vaskingen av røttene kan skje ved å legge jordklumpen på en rist og vaske med en slange eller riste forsiktig vekk det meste av jorden før en vasker røttene i et kar eller en bøtte. Det er viktig at sorteringen av røtter og stubb skjer like etter vaskingen, før røttene tørker. Behandlingen av røttene må skje svært skånsomt slik at røttene ikke rives løs. Når røtter og stubb er klippet fra hverandre, veid og merket må prøvene legges i tørkeskap ved 60°C. Etter tørking veies prøvene på nytt for bestemme mengden (kg ts/daa) av røtter og stubb fra det høstede arealet. Vasking og sortering av stubb og røtter er et meget tidkrevende arbeide.

5.7.1. Tørrstoff

Tørrstoffinnholdet i røttene kan fastslås ved å la prøvene tørke ved 60°C i ett døgn. Tørrstofftallene er nødvendig for beregning av nitrogeninnholdet ut fra Kjeldahl-N resultatene.

5.7.2. Nitrogeninnhold

Nitrogeninnholdet kan bestemmes ved å sende prøvene til kjemisk analyse. Ut fra analyseresultatene beregner en nitrogeninnhold i prosent av tørrstoff og nitrogenavling i kg/da for stubb og røtter.

Når en så har fått resultater for innholdet av nitrogen i fòravling, stubb og røtter kan en finne den totale mengden nitrogen som er blitt fiksert. En legger sammen nitrogenavlingene i fòrmasse, stubb og røtter (kg/daa) for hvert ledd. Total nitrogenmengde i leddet med belgvekster minus total

nitrogen mengde i leddet uten belgvekster (kontroll-leddet) gir total mengde fiksert nitrogen.

5.7.3. Mineralinnhold

Askeinnholdet kan en bestemme i ovn med glødetemperatur på 650°C i 24 timer. En viktig feilkilde ved måling av mineralinnholdet i røttene vil være eventuelle jordpartikler som sitter igjen etter vaskingen.

5.8. Jordanalyser

I tillegg til å undersøke nitrogeninnholdet i plantematerialet kan det være av interesse å se på hvordan nitrogeninnholdet i jorda endres i løpet av forsøksperioden innenfor de ulike leddene. Dette kan spesielt være av interesse hvis forsøksperioden går over flere år. Prøver for undersøkelse av mineralisert nitrogen i jorda kan en ta ved starten av vekstsesongen og ved siste høsting samme år. For de vanlige jordprøvene er det nok å ta ut prøver én gang i året, eller ved starten og slutten av forsøket.

5.8.1. Vanlige jordanalyser

For å få et bilde på næringstilstanden på feltet kan en foreta vanlige jordundersøkelser. Fra hvert gjentak kan en ta f.eks. tre prøvestikk av hvert ledd som så blandes sammen. En kan også velge å undersøke jordvariasjonen mellom gjentak. Her ser en om det er spesielle forhold mellom de ulike leddene. De vanlige jordprøvene kan være av særlig interesse når forsøksperioden går over flere år.

5.8.2. Tilgjengelig nitrogen i jorda

Ved uttak av prøver for undersøkelse av mineralisert nitrogen bør en ta prøvene ned til 60 cm dybde, fordelt på 0-20 cm, 20-40 cm og 40-60 cm's dybde eller eventuelt 0-30 cm og 30-60 cm. Dette fordi nitrogenet i jorda er svært bevegelig. For å få representative prøver bør en ta minst tre prøvestikk fra hver

rute. Gjentak kan slås sammen slik at det på hvert felt blir en prøve fra hvert ledd. Hvis feltet har mange gjentak eller det blir tatt ut mange prøvestikk fra hver rute er det viktig at prøvematerialet blandes godt, spesielt hvis ikke alt materialet går til analyse. Det er svært viktig at prøvene til undersøkelse av mineralisert nitrogen blir frosset ned så raskt som mulig for å unngå endringer i nitrogeninnholdet. Prøvene må ligge nedfrosset helt frem til analysen kan finne sted. Ved innsending til laboratoriet må man sende prøvene tidlig i uka så de ikke blir liggende over helga i posten.

5.9. Undersøkelse av husdyrgjødsel

Hvis det i forsøket inngår bruk av husdyrgjødsel er det viktig at det blir foretatt analyser av næringsinnholdet i gjødsla spesielt med tanke på innhold av nitrogen. De analysene en bør foreta er: pH, tørrstoff, aske, total nitrogen, ammonium-N, nitrat, fosfor, kalium, kalsium og magnesium. Også disse prøvene kan sendes til kjemisk analyse. Uttak av husdyrgjødselprøven bør en gjøre samtidig med at en sprer husdyrgjødsel på feltet.

Gjødsla bør være godt omrørt før prøvene blir tatt. En bør likevel ta ut flere prøver i løpet av dagen mens utkjøringen pågår. Prøvene slås til slutt sammen og sendes til kjemisk analyse. Det er viktig at prøvene fryses ned før de sendes til analyse.

5.10. Statistikk

Når avling og analyseresultater foreligger kan en så foreta statistisk behandling av data hvor det ikke foreligger eventuelle sammenslåinger av gjentak. MSTAT (Nissen & Mosleth 1986) er et dataprogram som kan være aktuelt å bruke.

5.11. Værobservasjoner

For å kunne tolke forsøksresultatene som kommer fram bør en ha foretatt værobservasjoner gjennom forsøksperioden. Hvis ikke kan opplysninger om klimadata hentes fra nærmeste værobservasjonspost. Spesielle klimatiske forhold i forsøksperioden kan ha

virket inn på resultatet som foreligger. Det er da viktig å være klar over om det har vært normale værforhold i forsøksperioden eller om det har vært spesielle klimatiske forhold mht nedbør, temperatur osv.

Belgvekstene stiller ofte større krav til klima enn f.eks. grasarter. Ugunstige klimatiske forhold som temperatur og fuktighet kan redusere belgvekstenes nitrogenfiksering.

Også værforholdene om vinteren kan ha betydning for resultatet av forsøket hvis det går over flere år. Kløverartene er generelt ikke så vinterherdige som grasartene. Snødekkets tykkelse og opplysninger om det har vært barmarksfrost vil være viktig informasjon når forsøksresultatene skal tolkes.

6. LITTERATUR

- AMARGER, N., A. MARIOTTI., F. MARIOTTI., J.C.DURR., C. BOURGUIGNON. & B. LAGACHERIE. 1979. Estimate of symbiotically fixed nitrogen in field grown soybeans using variations in ¹⁵N natural abundance. Plant and Soil 52:269-280.
- BINGFORS, S. 1962. Baljväxterna i slttervallen. Svensk Valltidsskrift. rg. 1 1962. 89-93.
- BOLLER, B.C. & NJOSBERGER, J. 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field- grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. Plant and Soil 104:219-226.
- DUKE, J.A. 1981. Handbook of Legumes og World Economic Importance. Plenum Press. New York 345s.
- FAO. 1984. Legum inoculants and their use. A pocket manual s19.
- GRØNNERØD, B. 1986. Engbelgvekster, Notater til forelesning i kurset "eng og beiterdyrking" PK3. Institutt for plantekultur NLH.136s.
- GRØNNERØD, B. 1990. Grønngjødsling. Notater til forelesning i kurset: Alternative dyrkingsformer ALT 1. Del 1:31s.
- JETNE, M.1987. Gras og grasdyrking. Landbruksforlaget Oslo. 232s.
- LUNNAN, T. 1987. Notater til forelesing i PK8H. Institutt for plantekultur NLH. 6s.
- LUNNAN, T. 1989. Belgvekstar i grovfòrdyrkinga. Norsk landbruksforskning Suppl. Nr.5:81-86.
- MÅRTENSSON, A.M. & H. LJUNGGREN. 1982a. Nitrogen Fixatino by an Established Lucerne (Medicago sativa L) Ley in Sweden,

- Estimated by Three Methods. In: Rosswall, T. (ed.). Ecology of arabel land. Progress Raport 1981. Uppsala 89-97.
- MÅRTENSSON, A.M. & H. LJUNGGREN. 1982b. Nitrogen Fixation in Lucerne Measured by Three Methods in Green House Experiments. In: Rosswall, T. (ed.). Ecology of arabel land. Progress Report 191. Uppsala. 89-113.
- NESHEIM, L & ØYEN, J 1992. Nitrogen fixation by red clover (Trifolium pratense L.) at different levels of N fertilization. Acta Agric. scand., ssSect. B, Soil and Sci. (ikke utgitt enda).
- NISSEN, Ø. & E. MOSLETH, 1986. Brukerveiledning for MSTAT, statistikkprogram for mikrodatamaskiner, Ås-NLH, 4. utg.
- POSTGATE, J. 1987. Nitrogen Fixation. Edward Arnold (Publishers) Ltd London. 73s.
- RANDBY, Å.T 1988. Surfør av graseng med eller uten rødkløver til mjølkekyr. Vallbaljväxter odling och utnyttjande. NJF-seminarium, Nr 136. Side 83-88.
- SAUE, O. 1982. Fòrmidler og fòrkonserving. Forelesninger ved NLH. Stensiltrykk 194 s.
- SOLHEIM, B., M.M. SVENNING., & O. JUNTTILA. 1987. Klimatilpasning av biologisk nitrogenfiksering. NLVF-SFL Seminar. Dyrking og utnyttting av fòrvekster II: 169-183.
- STEEN, E. 1962. Baljväxter och/eller gras. Svensk Valltidskrift 1:128-131.
- WIVSTAD, M. & H. LJUNGGREN. 1983. Nitrogen fixation by an established lucerne (Medicago sativa L.) Ley in Sweden, estimated by acetylene reduction technique and ¹⁵N isotop dilution metod. In: Rosswall, T. (ed.). Ecology of arabel land. Progress Raport 1982. Uppsala. 89-114.
- ØYEN, J. & K. AASE. 1988. Rødkløver i blanding med gras. Norsk Landbruksforskning 1988. Nr. 1: 41-49.