

Paul Riesinger



1. Symbiotisk kvävefixering (SNF) på ärtrotter.

## Studier av ekologisk växtodling i Finlands kustregioner I:

# Symbiotisk kvävefixering

### Inledning

#### Odlingsväxternas försörjning med kväve

Kväve (N) är av central betydelse för växternas produktion av biomassa. Med skörden av t.ex. spannmål eller vall avlägsnas årligen 100–150 kg kväve/hektar (ha) åker. Kväve är dessutom ett mycket flyktigt ämne. Genom utlakning och avgång i gasform (denitrifikation) förloras i finländska förhållanden årligen i genomsnitt 30–40 kg kväve/ha åker. Av luften omkring oss utgörs en volym på 78 procent av kväve, men växterna förmår inte dra omedelbar nytta av detta kväve, utan är istället hänvisade till att ta upp kväve från marken. Växtrötternas uppträning av kväve från marken sker främst i form av ammonium- och nitrater som är lösta i vatten.

Mer än 95 procent av markens kväveförråd är inte direkt växttillgängligt utan bundet i matfördämlighets organiska material, dvs. i levande och döda växter och markorganismer samt, till största delen, i mull (humus). Bara till någon procentdel utgörs markkvävet av direkt växttillgängligt ammonium- och nitratkväve. I marken finns betydligt mindre kväve än i atmosfären. Man kan grovt räkna med att det för varje procent mull finns 1 000 kg kväve/ha.

Vid multhalter under 10 procent innebär en minskning av markens mull- och därmed kvävehalt att det bedrivs rovdrift på markens bördighet. I södra Finland är åkrarnas multhalter oftast så pass låga att den fortsatta nedbrytningen av mull och uttaget av kväve därifrån måste vara i balans med tillförseln av mullävara (växtrester, stallgödsel) och kväve. På de i Österbotten relativt vanliga mycket mullrika mineraljordarna samt mulljordarna kan däremot grödornas kväveförsörjning åtminstone delvis baseras på en "bortodling" av multhalten.

*Skriften är agronomie doktor och verkar vid Arbetsgruppen för agroekologi, Institutionen för lantbruksvetenskaper, Helsingfors universitet.*

Fastän åkermarken alltså innehåller 1 000-tals kg kväve/ha måste den i regel tillföras kväve. Den enda nettotillförseln av kväve till odlingsmarken sker genom bakterier (biologisk) eller industriell (teknisk) fixering av luftkväve. Vid hantering av stallgödsel sker enbart en omfördelning av kväve inom gården (och mellan gårdar), medan produktionen av organisk handelsgödsel innebär en omfördelning av kväve mellan regioner (eller till och med länder och kontinenter).

#### Symbiotisk och teknisk kvävefixering

Biologisk kvävefixering (BNF) utförs av frilevande, av till växten enbart löst associerade eller av symbiotiska kvävefixerande bakteriearter (se Riesinger 2006, s. 76–94). På norra halvklotet bidrar de frilevande och de till växten associerade bakterierna med relativt obetydliga kvävemängder. Symbiotisk kvävefixering (SNF) däremot är en biologisk kvävekälla som kan ha en stor praktisk betydelse för den norduropeiska lantbruket. Då de symbiotiskt levande bakterierna tränger in i rötternas korkceller bildas det rotknölar inom vilka bakterierna sedan är verkamma. Bakterierna är beroende av de energirika föreningar som halvjuxten bildar genom sin fotosyntes.

Å andra sidan drar halvjuxten nytta av det luftkväve som bakterierna fixerar. Det är således fråga om en samlevnad till ömsesidig nytta, en symbios. Stora, med klarröd vätska fyllda knölar tyder på en aktiv och omfattande SNF. I de flesta av de i Finland odlade haljväxterterna, nämligen i klöver- och i trindsädesarter, utförs SNF av olika bakteriearter som alla tillhör släktet *Rhizobium* (bild 1).

Vid teknisk kvävefixering binds luftkväve genom industriella processer, för att sedan föreliggga i form av organiska och oorganiska kemiska föreningar, mineralgödselkväve. Sådana kvävegödselmedel får inte användas vid ekologisk odling. Förträddarna för den ekologiska odlingen befävar att mineralgödselkväve skulle kunna ha negativa effekter på odlingsmarkens biologiska och kemiska system. Snabb och kraftig uppträning av kväve kan generellt ha negati-

va effekter på grödans strästyrka och dess motståndskraft mot skadedörare, oavsett om kvävet tillförs i form av mineralgödsel, kreaturgödsel, eller genom SNF. Dessutom kan en alltför hög koncentration av kväve i grödan ha negativa effekter på produktkvaliteten. Klart är att teknisk kvävebindning är en mycket energikrävande process, och detta avspeglas i mineralgödselkvävetets pris.

Även bindningen av luftkväve genom SNF kan medföra kostnader för lantbrukaren. Odlingen av haljväxter kräver en viss areal och specifika produktionsinsatser. SNF i en foder- eller avsalugröda är därför mer kostnadseffektiv än SNF i en gröngödslingsgröda. SNF torde vara intressant även vid konventionell odling, i synnerhet vid produktion av grovfoder, vid odling av trindsäd och klöverfrön, samt vid gröngödsling.

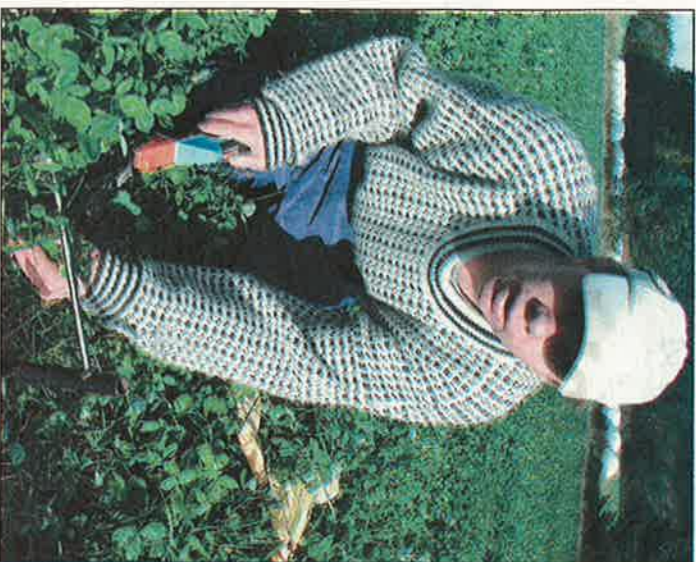
Vid ekologisk odling är gårdens kväveförsörjning helt beroende av SNF. I detta fall är det en självklarhet att odla kvävefixerande grödor, och det är en verklig utmaning att uppnå en hög och stabil nivå av SNF.

### Undersökningens syfte och metoder

Arbetets allmänna utgångspunkter och syften har beskrivits i två tidigare artiklar (Riesinger zona och zomb). Det delprojekt som redovisas här syftade till att beräkna SNF i ekologiskt odlade rödtklöver-gräs-vallar och att klarlägga de faktorer som främst avgör hur pass stora mängder kväve som tillförs odlingsystemen (Riesinger & Herzon 2010).

Undersökningen omfattade vallarnas etableringsår (36 vallar) och de första tre produktionsåren (79 vallar). Vallarna bestod främst av rödtklöver och timotej samt, ofta, ängsvingel. Utsädesmängden var i genomsnitt 21 kg/ha, med en klöverandel på i genomsnitt 29 viktprocent. Vallarna etablerades genom insädd i spannmålsgrödor och slogs under produktionsåren två gånger per odlingsäsong.

SNF i rödtklöver-gräsvallar undersöktes under två på varandra följande odlingsäsonger. Provtagningsarna utfördes så nära inför första och andra skörden



2. Provtagnings i en nyetablerad vall på senhösten (Nicklas Mörn, Åland). Skyddsgrödans (havre) skördades i mjölkknognadsstadiet för att konserveras som helsädesensilage. SNF i vallens återväxt i anslutning till skyddsgrödans skörd beräknades till 83 kg kväve/ha.

som möjligt, samt från höstärterväxten efter att tillväxten hade avstannat. I varje fält klipptes prover från fyra 0,25 m<sup>2</sup> stora rutor (bild 2). Rutorna placerades med jämna avstånd längs med en diagonal som sträckte sig över hela skiften. Gräs- och klöverfraktionerna skildes åt för hand, torkades och vägdes.

Beräkningarna av vallarnas SNF utgick från den ovanjordiska klöverbiomassans torrsubstansvikt och dess kväveinnehåll (se Riesinger & Herzon 2010). Endligt en tunnregel binder SNF i en rödklövergräsvall omkring 50 kg kväve för varje ton ovanjordisk biomassa, mätt i torrsubstans (se Riesinger 2006, s. 89–90). SNF bestämdes skilt för varje provtagingsruta och som medeltal för varje fält. Inomfältvariationerna uttrycktes i form av variationskoefficienter.

## Resultat och diskussion

### Symbiotisk kvävefixering

Redan den återväxt som de nyetablerade vallarna bildade efter att skyddsgrödans hade tröskats, fixerade ställvis betydande mängder kväve, i genomsnitt 45 kg kväve/ha i södra Finland och 31 kg kväve/ha i Österbotten. Provtagningen tog inte hänsyn till den biomassa som de insädda vallarna hade bildat fram till skyddsgrödans skörd (bild 3).

Sammanlagt ligger alltså SNF i insädda rödklövergräsvallar under etableringsåret betydligt högre än vad som anges här. Under produktionsårens odlingsår ökar vallarnas SNF från första till andra tillväxten, för att åter igen minska i höstärterväxten. Vallarnas SNF minskade med antalet produktionsår (tabell 1).

SNF i första- och andraårsvallar uppgick i genomsnitt till 247,5 kg kväve/ha och år, med en standardavvikelse på 114 kg kväve/ha och år (bild 4). Av det SNF-kväve som vid tidpunkten för vallbrottet



återstår på åkern kan nästföljande gröda utnyttja omkring en femtedel. Merparten av det återstående SNF-kvävet binds in i mer eller mindre varaktiga humusföreningar eller förloras genom utlakning och denitrifikation. Dessa frågor kommer att beröras i en kommande artikel om "Växtföljdens försörjning med kväve".

### Stora variationer i kvävefixering inom och mellan fält

Variationerna av SNF var höga. Både inom ett och samma fält och mellan fälten (tabell 1) låg variationskoefficienterna på omkring 50 procent. En hög variation av SNF inom ett och samma fält tyder på stora skillnader i markbördigheten mellan enskilda fältdelar. En hög variation av SNF mellan enskilda fält däremot innebär att det föreligger stora skillnader i avkastningspotential mellan dessa fält, eller/och att det finns stora skillnader mellan enskilda lanbrukares odlingsinsatser.

SNF är en direkt funktion av klöverbiomassan och dess kväveinnehåll. SNF beror således på klöver-

Tabell 1. Symbiotisk kvävefixering i rödklöver-gräsvallar som odlats ekologiskt i finländska kustregioner (n = 52, medeltalen beräknade över två år, standardavvikelser i parentes).

|               | Första slätter (kg N/ha) |                       | Andra slätter (kg N/ha) |                       | Höstärterväxt (kg N/ha) |                       |
|---------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|               | Syd <sup>1</sup>         | Nordväst <sup>2</sup> | Syd <sup>1</sup>        | Nordväst <sup>2</sup> | Syd <sup>1</sup>        | Nordväst <sup>2</sup> |
| Förstaårsvall | 124 (83)                 | 53 (44)               | 164 (51)                | 93 (49)               | 79 (70)                 | 62 (47)               |
| Andraårsvall  | 64 (48)                  | 46 (41)               | 131 (50)                | 68 (54)               | 77 (54)                 | 31 (28)               |
| Tredjårsvall  | Inga data                | 42 (71)               | Inga data               | 26 (15)               | Inga data               | 18 (20)               |

<sup>1</sup> Södra Finland, <sup>2</sup> Österbotten

▲ 3. Betydande mängder kväve fixeras i nyetablerade vallar och fånggrödor redan innan skyddsgrödans skördas (Kvevlax, Österbotten).

▲ 4. En andraårsvall inför andra slätter. Första och andra tillväxten tillförde 325 kg kväve/ha, höstärterväxten bidrog med 53 kg kväve/ha (Åland).

halten i förhållande till vallens totala biomassa (dvs. klöver plus gräs) samt på vallens totala biomassa-produktion. Rödklöver-gräsvallarnas avkastning och klöverhalten, samt de tillväxtfaktorer som dessa variabler är beroende av, kommer att granskas närmare i en av de följande artiklarna, under rubriken "Rödklöver-gräsvallarnas avkastning och klöverandelar".

### Slutsatser

De genomsnittliga nivåerna av SNF var höga, men samtidigt var variationerna kring medelvärdena stora. En stor inom-fält-variation innebär en utmaning för lanbrukarna att genom markförbättringsåtgärder höja bördigheten inom ett och samma fält till samma nivå. En hög variation av SNF mellan olika fält uppmanar till att höja bördigheten hos lågavkastande fält, där det bara är möjligt, och/eller att öka odlingsinsatserna, så långt det är ekonomiskt befogat. För övrigt betyder den stora variationen av SNF mellan fälten att klövervallarnas förrufts effekter måste beräknas från fall till fall. ■

### Litteratur

- Riesinger P (2006). Grunder för ekologisk växtodling. Del II: Växtmätning. Eget förlag. 195 sidor.
- Riesinger P (2010). Ekologiskt lanbruk bidrar till utvecklingen av ett hållbart jordbruk. LoA, 6–7, 22–23.
- Riesinger P (2011b). Utmaningar vid ekologisk växtodling – ett forskningsprojekt. LoA, 9, 28–29.
- Riesinger P & Herzon I (2010). Symbiotisk nitrogenfixation in organically managed red clover-grass leys under farming conditions. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science, 60, 517–528.