



1. Gröngröddsling: första och andra tillväxten i denna förstaårsvall fixerade 280 kg kväve/ha. Vallens såddes in i ogrödslat malkom och var den andra grödan i omläggningen till ekologisk odling. Bilden visar återväxten efter första slåttern (Jan Wikström, Svartå/Sannäs, Västra Nyland).



2. Efter ett år med gröngröddslingsvall odlades vår vete Tjave som gav en kärmskörd på omkring 2 500 kg/ha. Grödan led av bladslanggrepp.



3. Efter omläggningen till ekologisk odling är växtföjden: tvåårig vall – spannmål – ärt – spannmål med vallinsädd. I andra växtföljsomloppet gav vår vete Triso efter tvåårig gröngröddslingsvall en kärmskörd på 3 000 kg/ha. Tillsvärdare har skiftet inte tillförts kreatursgödsel och ingen foderskörd har heller bärgats från vallarna.

Studier av ekologisk växtodling i Finlands kustregioner II:

Växtföljdens försörjning med kväve

Inledning

SNF-kvävet växttillgänglighet

Betydande mängder luftkväve (N_2) bindes i samverkan mellan särskilda bakteri- och växtarter, bland annat mellan bakteriearter av släktet *Rhizobium* och växtarter inom familjen balyväxter (bland annat klover, ärt och böna). Både bakterierna och balyväxterna drar nytta av denna samverkan och den resulterande bindningen av luftkväve benämns därför symbiotisk kvävefixering (SNF). Bakterierna överför luftkvävet till ammoniak (NH_3), en kväveform som balyväxten sedan utnyttjar för sin tillväxt. Växten binder inte allt det upplagda kvävet in i sin organiska substans, utan en viss del avsondras fortloppande från rotsystemet.

Den gröda som följer efter vallbrott kan tillgodogöra sig omkring 20 procent av det i vallbiomassan bundna SNF-kvävet, den gröda som odlas andra året efter vallbrott antas kunna utnyttja omkring 10 procent av den ursprungliga mängden SNF-kväve. Det återstående SNF-kvävet bindes i form av organiska föreningar in i markförrådet (immobilisering) eller förloras genom utlakning och denitrifikation (avgång av kvävgas, kväveoxider och lustgas från marken till luften). Årligen blir 1–2 procent av det i markförrådet bundna kvävet tillgängligt för växterna. Mobiliseringen av kväve från färsk och stabiliserad organisk substans (växtrester, kreatursgödsel och mikroorganismer, respektive mull) drivs av bakterier. Markbakteriernas aktivitet begränsas i praktiken främst av brist på syre, av torra och av låga temperaturer (se Riesinger 2006, s. 25–32 och 95–109).

Kvävefixerande vallar i växtföljden

Rödklöver-gräsvallar odlas i huvudsak för produktion av foder men de utgör också ett av flera alternativ vid val av gröngröddslingsgröda. Gröngröddslingen bär att en gröda odlas för att i sin helhet brukas ner i jorden, och detta görs i regel då stadiet för dess maximala biomassaproduktion har uppnåtts. Det finns många syften med gröngröddsling, såsom tillförsel av organiskt material, SNF, strukturförbättring och/eller reglering av ogräs och skadegörare. Då en balyväxtvall används för gröngröddsling stannar allt SNF-kväve på den åker där grödan har odlats. Vid skörd av vallfoder däremot flyttas drygt hälften av SNF-kvävet från fältet, och bara en del av detta recirkuleras i form av kreatursgödsel till fältet. Kreatursgödsel utgör dock ett gödselmedel som kan tilldelas olika fält och olika grödor enligt behov.

Oavsett om kväveförsörjningen helt eller delvis baseras på SNF så måste den totala mängden växt-

tillgängligt kväve vara tillräckligt stor för att de grödor man odlar skall kunna bli frodiga och konkurrenskraftiga, i annat fall ökar förekomsten av ogräs. Låg SNF i rödklöver-gräsvallar, som följd av låg klovverhalt och/eller dålig biomassatillväxt kan kompenseras genom tillförsel av kreatursgödsel eller handelsgödsel. I annat fall måste lantbrukaren modifiera växtföljden. Då SNF är låg kan t.ex. en växtföljd som baseras på en treårig fodervall inte bära tre spannmålsgrödor, utan bara två. Istället för den tredje spannmålsgrödan kan man i detta fall odla trindsäd (ärt, äkerböna), eller så ersätter man två av spannmålsgrödorna med blandbestånd bestående av spannmål och trindsäd.

Undersökningens syfte och metoder

Räcker SNF till för att producera konkurrenskraftiga grödor?

Syftet med det föreliggande arbetet är att med hjälp av konkreta exempel visa hur växtföljder kan utformas då de baseras på SNF i rödklöver-gräsvallar. Utnyttjandet av SNF-kväve beskrivs nedan i form av två kvävebalanser. Den ena balansen gäller för en fiktiv i södra Finland belägen kreaturslös växtodlingsgård och i detta fall baseras kväveförsörjningen på en ettårig gröngröddslingsvall. Den andra balansen görs upp för en fiktiv gård i Österbotten där grunden för kväveförsörjningen utgörs av en treårig fodervall.

Beräkningarna utförs för ett och samma skifte. Under ett helt växtföljsomlopp ställs allt kväve som tillförs åkern ("input") mot de kvävemängder som förs bort med produkter eller förloras till den omgivande miljön ("output"). Beräkningssättet kan beskrivas som en åkerbalans, omfattande ett växtföljsomlopp. De principer och de parametervärden som presenteras i följande avsnitt är allmänna, och kan således generellt användas för individuella beräkningar.

Beräkningsgrunder för åkerbalanser

med avseende på kväve

Kväveförrådet i marken förutsätts vara stabilt. Således uppvägs den omfattande immobiliseringen av SNF-kväve (se inledningen) på lång sikt av en lika omfattande mobilisering av kväve från markförrådet. För SNF i rödklöver-gräsvallar antas de genomsluttsvärden som fastställdes av Riesinger & Herzon (2010). Frilevande bakterier bidrar under finländska förhållanden med en kvävefixering på omkring 3–5 kg kväve/ha och år. I samma storleksordning ligger

nedfallet av kväve från atmosfären. I bägge fall avtar mängderna med högre breddgrad, det vill säga ju längre norrut i Finland som skiftet är beläget. Med spannmålsudsäde tillförs åkern omkring 5 kg kväve/ha, med trindsädesudsäde det dubbla.

I genomsnitt för finländsk växtodling förloras 15–20 kg kväve/ha årligen genom utlakning, och lika mycket genom denitrifikation. På den kreaturslösa gården antas utlakningsförlusterna vara något högre än på husdjursgården, på grund av årlig jordbearbetning. Denitrifikationen av kväve ökar som följd av markpackning (mera omfattande vid en större andel ettåriga grödor) och vid djup nednyllning av organiskt material (vallbrott, kreatursgödsel). Med ett ton spannmålskärna förs knappt 20 kg kväve/ha bort från åkern.

Trindsäd däremot är neutral med avseende på sitt kvävebehov eftersom dess SNF tillför motsvarande den mängd kväve som förs bort med skörden. Kärmskördarna från spannmåls- och trindsädesgrödor har efter torkning en vattenhalt på 13 procent, vallskördarna anges i torrsubstans (ts).

Resultat

Odling av vall för gröngröddsling

För beräkningen av gröngröddslingsvallens förbruksvärde antas att vallen odlas på en kreaturslös gård i södra Finland, där den ingår i en fyraårig växtföljd med spannmål och trindsäd. Vallens etableras genom insädd i vårsädd spannmål och får ligga under följande odlingssäsong. Under denna säsong slås vallen två gånger och den avslagna grönmassan lämnas på markytan. För att utnyttja SNF i höstater-växten och för att fördröja mobiliseringen av kväve byts vallen först sent på hösten (bilderna 1–3).

I södra Finland tillförde SNF i etableringsårets återväxt och i förstaårsvallar enligt Riesinger & Herzon (2010) i genomsnitt 45 och 366 kg kväve/ha. Den vid två slåtter tillfälligen avslagna biomassan, bestående av klöver och gräs, utgjorde i genomsnitt knappt 8 ton ts/ha, med ett kväveinnehåll av knappt 220 kg/ha (Riesinger & Herzon 2008). Då grönmassan lämnas avslagen på markytan förloras omkring 10 procent av dess kväveinnehåll genom ammoniakavgång (22 kg kväve/ha). Ammoniakförluster från nedvisnande växtbiomassa på hösten antas vara försunbara. De övriga input- och outputposterna i tabell 1 beräknas enligt de parametervärden som delgetts i avsnittet "Undersökningens syfte och metoder".

Paul Riesinger

Tabell 1. Kvävebalans över en fyraårig växtföljd som baseras på en rödklöver-gräsvall vilken etablerats i vårsådd spannmål för att under ett produktionsår odlas för gröngödslingsändamål.

Tillskott respektive förluster av kväve	Kväve (kg/ha)
SNF (valläternväxt efter skörden av skyddsgrödor)	+ 45
SNF (vall, första produktionsåret)	+ 366
Ammoniakförluster från avslagen grönmassa	-22
Frilevande bakterier (4 år*5 kg kväve/ha)	+ 20
Nedfall (4 år*5 kg kväve/ha)	+ 20
Utsäde (2 år spannmål, 1 år trindsäd) ¹	+ 20
Utläkning (4 år*20 kg kväve/ha)	-80
Denitrifikation (4 år*20 kg kväve/ha)	-80
Kväve till förfogande för spannmålsproduktion	+ 289

¹ Vallförloras kväveinnehåll är försumbart.

Den för spannmålsproduktionen tillgängliga mängden kväve enligt beräkningen i tabell 1, 289 kg kväve/ha, räcker för en produktion av 14,5 ton kärna/ha, med andra ord till två spannmålsskördar på drygt 7 ton/ha. Årt är självförsörjande med kväve och kan därför infogas mellan spannmålsgrödorna. En fyraårig växtföljd kan alltså bestå av (i) gröngödslingsvall, (ii) spannmål, (iii) trindsäd, och (iv) spannmål med vallinsädd.

Odling av vall för foderproduktion

Odling av fodervall i Österbotten ligger till grund för följande beräkning. Vallan etableras genom insädd i en vårsådd spannmålsgröda och bryts efter tre produktionsår (bild 4). För att möjliggöra stubbearbetning mot kvickrot utförs vallbrottet genast efter andra vallskörden. SNF i etableringsårets återväxt, samt i första-, andra- och tredjeårsvallarna tillförde enligt Riesinger & Herzon (2010) i genomsnitt 31, 208, 145 respektive 68 kg kväve/ha. För att förenkla beräkningarna antas att alltefter produeras på gården. Kreatursgödseln återförs till åkarna. Växtföljden antas förutom vall också omfatta två led med fodersäd (spannmål och trindsäd) samt ett led med brödsäd för försäljning.

På husdjursgården används vallarna för produktionen av grovfoder och tillsammans med detta förs bland annat kväve bort från åkern. Under tre produktionsår producerade vallarna i Österbotten enligt Riesinger & Herzon (2008) i genomsnitt sammanlagt 21 ton ts vallfoder per ha, innehållande 571 kg kväve/ha. Utöver vallfodret ingår också skördarna från ett av växtföljdens spannmålsled och från trindsädesledet i foderstaten. Skördar på 3 ton havrekärna/ha och 2,5 ton ärtfön/ha innehåller 50 respektive 87 kg kväve/ha. Därmed förs under ett växtföljdsomlopp totalt 708 kg kväve/ha från åkern till djurbesättningen.

Omkring 20 procent av fodrets kväveinnehåll lämnar gården i form av mjölk och kött (142 kg kväve/ha). Resterande 80 procent av fodrets kväveinnehåll återfinns till en början i djurens avföring (566 kg kväve/ha). Då avföringen hanteras i form av flygödsel förloras i ladugården, under lagringen och vid spridningen i praktiken omkring 30 procent av dess kväveinnehåll genom avgång av ammoniak i gasform (170 kg kväve/ha). De övriga input- och outputposterna i tabell 2 beräknas enligt de parametervärden som delgetts i avsnittet "Undersökningens syfte och metoder".

Enligt balansen i tabell 2 resulterar odlingen av fodervall kombinerad med en recirkulering av kväve i form av kreatursgödsel i ett kvävenetto på 133 kg/ha, vilket motsvarar drygt 6,5 ton spannmålskärna/ha. Vid en växtföljd bestående av treårig fodervall och ett led var med foderspannmål, trindsäd och brödspannmål kan de två i växtföljden ingående spannmålsgrödorna således ge hektarskördar på 3 ton fodersäd respektive 3,5 ton vårvetekärna.

Vallfoder ger högre kväveeffektivitet än gröngödsling

Undersökningen om SNF i ekologiskt odlade rödklöver-gräsvallar (Riesinger & Herzon 2010) kombinerad med beräkningarna ovan visar att produktiviteten vid ekologisk odling inte behöver begränsas av någon absolut brist på kväve. Detta gäller åtminstone för växtföljder som omfattar vall, spannmål och

Tabell 2. Kvävebalans över en sexårig växtföljd som baseras på en rödklöver-gräsvall vilken etablerats i vårsådd spannmål för att under tre produktionsår odlas för skörd av grovfoder. Kväveinnehållet i vallfoder och fodersäd recirkuleras i form av kreatursgödsel delvis till åkern.

Tillskott respektive förluster av kväve	Kväve (kg/ha)
SNF (valläternväxt efter skörden av skyddsgrödor)	+ 31
SNF (vall, tre produktionsår) ¹	+ 421
SNF (ärt, för utfodring)	+ 87
Export av fodrets N-innehåll i mjölk och kött	-142
Förluster av fodrets N-innehåll från kreatursgödsel	-170
Frilevande bakterier (6 år*3 kg N/ha)	+ 18
Nedfall (6 år*3 kg N/ha)	+ 18
Utsäde (2 år spannmål, 1 år ärt) ²	+ 20
Utläkning (4 år*15 kg N/ha) ³	-60
Denitrifikation (6 år*15 kg N/ha)	-90
Kväve till förfogande för spannmålsproduktion	+ 133

¹ Tredjeårsvallan bryts omedelbart efter andra skörden, ² Vallförloras kväveinnehåll är försumbart, ³ Ingen utlökning under första och andra vallåret.

trindsäd. De spannmålsskördar som uppnåttes på de undersökta gårdarna i sammanlagt 30 fält låg i genomsnitt på 3 400 respektive 3 700 kg kärna/ha (södra Finland respektive Österbotten). De husdjursgårdar som ingick i undersökningen införde således i praktiken den med tanke på kvävetillgången teoretiskt möjliga skördepotentialen. På husdjursgårdar kan den tillgängliga kvävemängden och därmed skördenivån dessutom ännu ökas ifall man med hjälp av tekniska lösningar och odlingsåtgärder lyckas minska förlusterna av kväve från kreatursgödsel. Vid kreaturslös ekologisk odling tillfördes kväve i huvudsak genom SNF i gröngödslingvallar. Vid tillämpning av gröngödsling nådde de uppnåttas genomsnittliga spannmålsskördarna knappt hälften av den med tanke på rödklöver-gräsvallarnas SNF teoretiskt möjliga avkastningsnivån. Varför omvandlades gröngödslingvallarnas SNF-kväve i praktiken inte till högre skördar?

Ogräs begränsar grödans tillgång på kväve

Att de med tanke på kvävetillgången teoretiskt möjliga spannmålsskördarna vid tillämpning av gröngödsling inte uppnåddes i praktiken kan ha olika orsaker. Ogräsen konkurrerar med grödan, inte bara om ljus och vatten utan också om växtnäringssämnen. På de gårdar som ingick i forskningsprojektet var ogräsförekomsten i vårsådd spannmål i vissa fall mycket omfattande (mer om detta i en kommande artikel). Omfattande förekomst av ogräs konstaterades dock både på gårdar som baserade sin kväveförsörjning på gröngödsling och på gårdar där vallarna användes för produktion av foder. Differensen mellan den kvävemängd som SNF i gröngödslingvallarna i genomsnitt tillförde åkarna och den kvävemängd som i praktiken återfanns i den genomsnittliga spannmålsskörden är dessutom så stor att den åtminstone inte enbart kan förklaras med förekomsten av ogräs.

Högre kväveförluster från gröngödslingvallar?

Ett av målen vid odlingen av gröngödslingvallar är att dessa skall ackumulera mycket kväve under en kort tid. Vid gröngödsling lämnas i regel allt växtmaterial på den åker där det odlats. Vid produktion av foder däremot förs hälften av grödans totala biomassa och därmed mer än hälften av dess kväveinnehåll bort från åkern. Den kraftiga anrikning av åkern med kväve som gröngödsling ger upphov till leder troligtvis till relativt höga kväveförluster under de två närmaste på vallbrottet följande vinterhalvåren. I synnerhet vid ett tidigt vallbrott och vid en intensiv jordbearbetning frigörs ännu samma höst betydande mängder kväve från växtresterna, och den största delen av detta kväve förloras under vinterhalvåret som följd av utlökning och ytavvinning. I bästa fall kan en del av det kväve som under ett växtföljdsomlopp inte kommit grödan tillgodo ha anrikats i markförrådet. Detta skulle i så fall komma till uttryck i form av ökande multhalter och, så småningom, i form av högre skördenivåer.

Tidvis kvävebrist?

Fästän det på våren återstår tillräckligt med organiskt bundet kväve begränsas grödomas avkastningspotential ifall de lider tidvis brist på växttillgängligt kväve. Kalla och torra vårar medför att mineraliseringen av kväve från organisk substans inte är tillräckligt omfattande för att tillgodose grödans behov. Vid konventionell odling kan grödans behov av växttillgängligt kväve smidigt tillgodoses med vattenlösling kväve mineralgödsel. Vid ekologisk odling återstår urin och flytgödsel där omkring 90 respektive 70 procent av det totala kväveinnehållet utgörs av snabbt växttillgängligt ammoniak- och ammoniumkväve. Bättre tillväxt på våren skapar i sin tur förutsättningar för att grödan i större utsträckning skall kunna utnyttja det kväve som senare under växtsäsongen mobiliseras från markförrådet.

Slutsatser

Utnyttjandet av SNF-kväve från rödklöver-gräsvallar verkar vara högre vid skörd av vallfoder än vid gröngödsling. Rötning av vallbiomassa i syftet att producera biogas är med avseende på kväveeffektivitet jämförbar med skörd av vallfoder. Tillgång på kreatursgödsel eller på rötresten från biogasproduktion innebär inte att lantbrukets nettotillgångar av kväve skulle öka, men däremot utgör dessa organiska gödselmedel särskilda källor av kväve och andra växtnäringssämnen. En diversifiering av kvävekällor tillsammans med en ökad flexibilitet i tillförseln av kväve till enskilda grödor och fält ökar utnyttjandegraden i grödomas upptagning av kväve och minskar förlusterna av kväve till den omgivande miljön.

Kreatursgödsel och rötresten innehåller förutom SNF-kväve också kväve från tidigare gödsling och från markförrådet. Således ökar den totala mängden kväve som cirkulerar inom gården. Spridning av kreatursgödsel innebär dessutom på lång sikt en utjämning av skilnaderna i multhalt och/eller växtnäringssatser mellan och inom enskilda fält. Rötresten innehåller växtnäring i högre koncentrationer än kreatursgödsel. Eftersom växtbiomassans kollinnehåll används för produktionen av biogas bidrar rötresterna däremot inte direkt till humusbildning.

Ifall växtföljdens kväveförsörjning enbart baseras på kvävefixerande grödor måste dessa odlas med relativt kort intervall. En växtföljd där två balyväxtgrödor (klöver, ärt) förekommer under enbart fyra år, och där ärt återkommer vart fjärde år, leder till en uppförökning av markburna svampsjukdomar, såsom klövertveta och ärttvötta. Kombinationer av fodervallar och kreatursgödsel respektive av biogasvallar och rötresten minskar beroendet av balyväxternas SNF och tillåter en längre odlingsintervall mellan balyväxtgrödorna, med positiva effekter på växthälsan som följd. ■

Litteratur

- Riesinger P (2006). Grunder för ekologisk växtodling. Del II: Växtnäring. Eget förlag, 195 sidor.
- Riesinger P & Herzon I (2008). Variability of herbage production in mixed leys as related to ley age and environmental conditions: a farm survey. Agricultural and Food Science, 17, 394-412.
- Riesinger P & Herzon I (2010). Symbiotic nitrogen fixation in organically managed red clover-grass leys under farming conditions. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science, 60, 517-528.

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



4. Fodervall: SNF i denna förstaår vall uppgick i första och andra tillväxten till 236 kg kväve/ha. Höståterväxten tillförde ytterligare 31 kg kväve/ha. Bilden visar återväxten efter första skörden (Stefan Seipax, Österbotten).