

Slutrapport till SLU Ekoforsk

2021-06-21

Odlingssystem på ekologiska växtodlingsgårdar – förbättring av växtnäringshushållningen

Projektansvarig: Maria Wivstad, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

Maria.Wivstad@slu.se, 018-67 14 09

Projektmedarbetare: Projektdel: *Analys av växtnäringsbalanser*, Eva Salomon, JTI (Institutet för jordbruks- och miljöteknik); Projektdel: *Fallstudier av odlingssystem på ekologiska växtodlingsgårdar*, Henrik Nätterlund, HIR Skåne samt sex lantbrukare i Skåne



Grön gödslingsgröda med hög andel vitklöver.

Foto: Maria Wivstad

Innehåll

Odlingssystem på ekologiska växtodlingsgårdar – förbättring av växtnäringshushållningen.....	1
Sammanfattning.....	3
Växtnäringssbalanser	3
Deltagarddriven forskning på skånska växtodlingsgårdar.....	4
Summary	5
Farm-gate nutrient balances	5
Participatory research on arable farms in Scania.....	5
Inledning.....	7
Syften	7
Analys av växtnäringssbalanser	7
Fallstudier av växtnäringshushållning på ekologiska växtodlingsgårdar	7
Material och metoder.....	8
Analys av odlingssystem och växtnäringssbalanser på ekologiska och konventionella gårdar	8
Statistik.....	9
Utvidgad analys av ett urval av gårdar	9
Deltagarddriven forskning på ekologiska växtodlingsgårdar	9
Resultat och diskussion	12
Analys av odlingssystem på ekologiska och konventionella gårdar	12
Analys av växtnäringssbalanser på ekologiska och konventionella gårdar	15
Deltagarddriven forskning på ekologiska växtodlingsgårdar	22
Referenser.....	33

Sammanfattning

En hållbar och resurssnål växtnäringssörjning är en viktig hållbarhetsfråga inom all livsmedelsproduktion. Inom ekologisk produktion skiljer sig strategierna för växtnäringssörjningen väsentligt från system där man använder syntetiska mineralgödselmedel. Odling av kvävefixerande grödor är en hörnsten för tillförsel av kväve (N) till odlingssystemet, för att kompensera för bortförsel av livsmedel och förluster till omgivningen. En kompletterande strategi, som även är avgörande för försörjningen av andra växtnäringssämnen än N, är att använda egen stallgödsel på ett effektivt sätt samt att importera gödsel från angränsande djurgårdar och/eller att köpa in olika typer av näringsrika restprodukter från framförallt livsmedelsindustrin.

Syftet med detta projekt som genomfördes 2006-2008 var att finna vägar till en förbättrad växtnäringssörjning på ekologiska gårdar i Sverige, med speciellt fokus på växtodlingsgårdar. Det gjorde vi genom att analysera växtnäringssammanställningar, gjorda inom projektet Greppa näringen, på ett stort antal gårdar i Sverige med olika produktionsinriktning. Vi analyserade även gårdsbalanser på konventionella gårdar som jämförelse. Vi genomförde ett delprojekt tillsammans med lantbrukare och en rådgivare i Skåne med deltagande forskningsmetodik, där vi gjorde fallstudier på sex ekologiska växtodlingsgårdar. Enklare storruvförsök och randomiserade fältförsök genomfördes där fokus främst var att utvärdera olika organiska gödselmedel och gödslingsstrategier i växtföljden. Samtliga försök låg på de deltagande lantbrukarnas gårdar.

Växtnäringssammanställningar

Resultat från sammanställningarna över växtnäringssammanställningar visade att de ekologiska gårdarna hade signifikant mindre överskott av N/ha än de konventionella gårdarna. Skillnaderna var betydande för mjölk- och köttgårdar, medan de var relativt små för växtodlingsgårdarna. Eftersom det finns en rad osäkerheter vad gäller data som balanserna baseras på, exempelvis beräkningen av mängd fixerat N/ha, så bör man tolka resultatet för växtodlingsgårdarna med försiktighet. Även fosfor (P)-överskotten var mindre på ekologiska kött- och mjölkgårdar, men däremot större på ekologiska växtodlingsgårdar. Stora överskott av N och P per hektar över tid medför ökad risk för övergödande förluster till vatten inom ett givet avrinningsområde.

En sammanställning gjordes även av gårdarnas odlingssystem där skillnaderna i grödfördelning mellan ekologiskt och konventionellt var mest markant på växtodlingsgårdarna. De ekologiska växtodlingsgårdarna hade i genomsnitt 30 procent vall i växtföljden medan de konventionella hade fyra procent. Andelen av total N-tillförsel till gården via biologisk kvävefixering var avsevärt större på de ekologiska gårdarna, medan inköp av mineralgödsel dominerade på konventionella gårdar.

De ekologiska växtodlingsgårdarna hade en något mindre överskott av N än de konventionella men samtidigt var kväveutnyttjandet lägre. Utnyttjandet kan förbättras på många sätt, till exempel genom utökad odling av fånggrödor och att undvika nedbrukning av grüngödslingsgrödor och vallbrott under tidig höst, speciellt på lätta jordar och i områden med mycket nederbörd. Det finns också en betydande potential att förbättra gödslingsstrategier för ett ökat N-utnyttjande så att näringen från gödseln frigörs i takt med grödans kvävebehov.

Risken för övergödande N- och P-förluster på de ekologiska mjölkgårdarna beror inte i första hand på hur odlingssystemet är utformat. Istället är det produktionsintensiteten, exempelvis mängd inköpt foder samt djurtätheten, som är de största riskfaktorerna. Ökad produktionsintensitet, djurtäthet och ökade foderinköp på mjölkgårdar ökar svårigheten att utnyttja den större mängden växtnäring i stallgödseln på ett resurseffektivt sätt och det behövs ett fortsatt arbete, även på de ekologiska mjölkgårdarna för att bibehålla/nå en balanserad djurtäthet för att främja en bra växtnäringssörjning.

Den höga vallandelen på ekologiska köttgårdar ger ett gott skydd mot N-förluster under vallens liggtid, men liksom för mjölk- och växtodlingsgårdarna är vallbrottet av baljväxtrik vall ett riskmoment och behöver anpassas efter förutsättningarna för ge så små förluster som möjligt. Det finns också risker för N-förluster inom köttproduktionen, både den ekologiska och den konventionella, som är kopplade till djupströgsodling. Sprids den sent på hösten vid låga temperaturer och brukas in i jorden minskar förlustriskerna.

Deltagardriven forskning på skånska växtodlingsgårdar

I arbetet tillsammans med de skånska lantbrukarna och en rådgivare gjordes en inledande problemanalys utifrån vilken aktiviteter planerades. Fem storruteförsök och fem randomiserade fältförsök genomfördes med olika gödselmedel och gödslingsstrategier.

Följande gödselmedel ingick i försöken: Biovinass, suggflytgödsel, rötrest, hönsgödsel och Biofer 10-3-1. Gödselmedlens näringsinnehåll varierade starkt, både mellan gödseltyp och mellan år.

Storruteförsöken gav generellt betydligt mer osäkra resultat än de randomiserade fältförsöken, med stor spridning mellan skördade parceller inom storrutan. Gödslingen gav dock ofta merskördar även om skillnaderna inte var signifikanta. I flera fall var kväveutnyttjandet lågt orsakat bland annat av att kvävetillgången i marken var god och att andra faktorer än kvävetillgång begränsade skörden. Det medförde att N-gödslingen var överoptimal för vissa behandlingsled.

Av de fem fältförsöken gjorde tre i vårvete och två i höstraps. I vårvete erhöles betydande skördeökningar av gödslingen, och oftast var den positiva effekten på upptaget av kväve större än effekten på skörden. Det indikerar att det frigjordes kväve från de organiska gödselmedlen under en lång period av odlingssäsongen så att kväve fanns tillgängligt för att bygga upp en hög proteinhalt i kärnan. Genomsnittligt krävdes den höga givan (cirka 100 kg total-N per hektar) för att proteinhalten skulle uppfylla brödsädeskvalitet.

I de två höstrapsförsöken var skörden hög det första året (2006) med en positiv effekt av gödslingen, dock ej signifikant. Och det erhöles inga skillnader mellan gödselmedlen. Det andra försöktåret var vädret på våren ogynnsamt för tillväxt och skörden blev låg. Rötresten hade då störst skördeeffekt medan Biofer 10-3-1 hade störst positiv effekt på proteinhalt och kväueupptag.

Det finns en rad svårigheter när det gäller att finns optimala strategier för hantering av växtnäringsförsörjningen på ekologiska växtodlingsgårdar. Att arbeta med organiska gödselmedel är en utmaning på grund av en stor variation både inom och mellan gödselslag, samt svårigheter att förutsäga leveransen av växtnäring från gödseln. Att nå en god växtnäringshushållning inkluderar många olika aspekter som växtföljd, odlingsteknik och gödslingsstrategi både i ett kort- och långsiktigt perspektiv. Detta exemplifieras på ett tydligt sätt i projektets försök där gödslingseffekten varierade mellan försöken, bland annat beroende på förfrukt, på andra faktorer än växtnäringen som påverkar grödans tillväxt och på markens grundläggande kväveleverande förmåga.

Det deltagardrivna arbetssättet innebar ett gemensamt lärande i gruppen där vetenskaplig kunskap kunde sättas in i ett sammanhang på gårdsnivå där lantbrukaren var en central aktör. Olika typer av kunskaper kombinerades vilket gav ett brett och tvärvetenskapligt perspektiv på frågeställningar och lösningar. Erfarenhetsutbytet mellan lantbrukarna värderades också mycket högt i projektet. Resultaten från försöken utgjorde underlag för diskussion om lösningar kring växtnäringshushållning i hela odlingssystemet. Vår erfarenhet under projektiden var att arbetssättet gav möjlighet till en snabbare tillämpning av forskningsresultat jämfört med studier utförda enbart av forskare.

Summary

A sustainable and resource efficient nutrient supply is an important sustainability issue in all farming and food systems. In organic production the nutrient management clearly differs from systems where mineral fertilisers dominate. Cultivation of N fixing crops is a basis for input of N in organic cropping system. It is complemented by inputs of farmyard manure and/or other organic amendments.

The aim of this project was to find ways to improve nutrient management on organic farms in Sweden, with a special focus on arable farms. We analysed farm-gate nutrient budgets on a large number of Swedish farms with different kinds of production. And we analysed conventional farms as well as a comparison. We also conducted case studies together with farmers and an advisor in Scania county in southern Sweden. In this work we used participatory research methodology. We performed in total ten experiments during the three-year project period, 2006-2008.

Farm-gate nutrient balances

Results from the balance calculations showed that organic farms in general had significantly lower N surpluses per hectare than the conventional ones. The differences were large for dairy and beef farms, but moderate for arable farms. The balance calculations have inherent uncertainties such as the N fixation calculation model, and therefore the differences between organic and conventional arable farms should be interpreted with caution. The phosphorus surpluses were lower on organic dairy and beef farms, but higher on organic arable farms compared to conventional farms. Large surpluses over time in a certain area or region pose increased risks for eutrophication.

The farms cropping systems were summarized. The crop distributions differed the most on organic arable farms compared to conventional arable farms. The organic arable farms had on average 30 percent clover-grass ley in the rotation compared to four percent on the conventional arable farms. The proportion of fixed N of total input of N was much higher on organic farms, while mineral N fertilisers constituted the main N input on conventional farms.

The organic arable farms had slightly lower N surplus but at the same time lower N use efficiency. This could be improved in several ways, such as increased growth of catch crops, to avoid incorporation of large amount of N-rich green manure, especially on light soils and in areas with large autumn precipitation. There is also great potential to improve the uptake of nutrients from organic fertilisers by working on better timing between the delivery of nutrients from the fertilisers to crop demands.

The risk for N and P losses on organic dairy farms lies mainly on the production intensity, input of feed to the farm and the level of animal density. High intensity increases the amounts of manure per hectare on the farm and the difficulty to get a high nutrient use efficiency of the manure.

The high proportion of clover-grass leys on organic beef farms forms a good barrier against N losses when the ley is growing. But as for the dairy and arable farms the incorporation of the ley into the soil is a critical moment, especially if the ley is rich in clovers. Another risk for N and P losses is the use of manure from straw beds. A good management could decrease the losses, for example by spreading and incorporation of the manure in late autumn when temperatures are low.

Participatory research on arable farms in Scania

Initially, in the project work with the farmers and the advisor, a problem analysis was conducted which was the starting point for the activity planning. Five large-plot and five randomised block field experiments were conducted with different kinds of organic fertilisers and fertilising strategies.

The following organic fertilisers were included in the experiments: Biovinass, pig slurry, biogas residues, chicken manure and meat-bone meal (Biofer 10-3-1). The nutrient contents of the fertilisers differed greatly between and within fertilizer type in the different experiments.

The large plot experiments gave generally results of greater uncertainty than the randomized plot trials due to large variation within the large plots. The organic fertilisations gave on average yield benefits, but not significance. In several cases the N use efficiency was low, which was the results of other factors than limited N supply that affected yields.

Of the five field experiments, three were conducted in spring wheat and two in winter rapeseed. In spring wheat large yield increases of fertilisation were obtained. At the same time the effect on uptake of N was even more pronounced. This indicates that the fertilisers continued to deliver N to the crop throughout the growing season. In two of the experiments in spring wheat there were two fertiliser rates, low and high. The high rate (100 kg total-N per hectare) was required to get a protein concentration to be classified as bread wheat.

In the two experiments with winter rapeseed the yield was high the first year (2006) with a positive effect of fertilization, but not significant. However, there were no differences between fertiliser types. The second year (2007) the spring was not satisfactory for plant growth and the yield was low. The yield effect of biogas residues was greatest, while the meatbone meal Biofer had the greatest effect on protein level and N uptake.

There are a number of problems concerning optimal nutrient management strategies on organic arable farms. To work with organic fertilisers is a challenge caused by large variability between and within the fertilisers together with uncertainty of the nutrient delivery from different kinds of fertilisers. A good nutrient management includes many different aspects, as crop rotation, cultivation techniques and fertiliser strategies, both short term and long term. This is exemplified in the performed experiments in this project where the fertilising effects showed great variability. The variation was caused by differing precrop effects, other factors than nutrients that was the barrier for plant growth and on the inherent soil nutrient delivery capacity.

The participatory research approach implied a common learning process in the group where scientific knowledge could be put into context at farm level. Different kinds of knowledge were combined, which gave a broad and interdisciplinary perspective on problems and solutions. Sharing of practical knowledge and experiences between farmers in the group were highly valued. The results of the experiments formed the basis for discussions about solutions of nutrient management for the whole production system. Our experience during the project was that the participatory approach gave opportunities for faster implementation of research results compared to research conducted by researchers only.

Inledning

En hållbar och resurssnål växtnäringförsörjning är en viktig hållbarhetsfråga inom livsmedelsproduktionen. Inom ekologisk produktion skiljer sig strategierna för växtnäringförsörjningen väsentligt från system där man använder syntetiska mineralgödselmedel. Odling av kvävefixerande grödor är en hörnsten för tillförsel av kväve till odlingssystemet, för att kompensera för bortförsel vida livsmedel och förluster till omgivningen. En kompletterande strategi, som även är avgörande för försörjningen av andra växtnäringssämnen än kväve, är att använda egen stallgödsel på ett effektivt sätt samt att importera gödsel från angränsande djurgårdar och/eller att köpa in olika typer av näringsrika restprodukter från framförallt livsmedelsindustrin.

En bra strategi för växtnäringförsörjningen är avgörande för att upprätthålla en stor produktion. Olika slag av organiska gödselmedel har olika sammansättning och skilda egenskaper vad gäller frigörelse av kväve. Användning av organiska gödselmedel ställer stora krav på odlaren för att dosera rätt och att genom olika åtgärder styra kväve mineraliseringen så att denna synkroniseras med grödans behov och upptag av kväve.

Idag saknas kunskap om växtnäringshushållningen i praktiken på ekologiska gårdar med växtodlingsinriktning i olika regioner i Sverige. Ett gott kunskapsunderlag är mycket viktigt för att kunna göra en analys av möjliga förbättringar. Växtnäringbalanser är här ett bra instrument för att kartlägga flöden av växtnäring in och ut från gården och utifrån denna kunna göra förbättringar. Vidare är växtnäringbalanser en bra indikator för att bedöma risker för övergödande och klimatbelastande utsläpp.

En del i föreliggande projekt genomfördes med ett deltagardrivet arbetssätt där lantbrukare, rådgivare och forskare samverkade. Valet av arbetssätt motiverades med att växtnäringförsörjningen, speciellt på ekologiska växtodlingsgårdar är komplex med en rad utmaningar för att nå en god växtnäringshushållning. Vetenskapligt baserade kunskaper behöver kombineras med nya lösningar i praktiken för att åstadkomma verkliga förbättringar i dagens ekologiska produktion.

Syften

Analys av växtnäringbalanser

- Att analysera hur dagens ekologiska produktion påverkar miljökvalitetsmålet "Ingen övergödning"
- Att analysera möjligheter till bättre hushållning med växtnäring i olika ekologiska produktionssystem

Fallstudier av växtnäringshushållning på ekologiska växtodlingsgårdar

- Att ge rekommendationer för god växtnäringshushållning på ekologiska växtodlingsgårdar i Sverige
- Att analysera kombinationer av förfrukter och gödslingsstrategier för god hushållning med kväve i hela växtföljden
- Att uppnå ett ömsesidigt lärande i en deltagardriven process med lantbrukare, rådgivare och forskare, och att förbättra implementeringen av vetenskaplig kunskap

Material och metoder

Projektet genomfördes i form av två olika delstudier. Dels en omfattande analys av odlingssystem och växtnärbalanser på ekologiska och konventionella gårdar med data insamlade via projektet Greppa Näringen, som drivs av Jordbruksverket, och dels genom deltagardriven forskning om växtnärbalshushållning på ekologiska växtodlingsgårdar tillsammans med en grupp lantbrukare samt rådgivare i Skåne.

Analysen av Greppa-balanserna gjordes inom olika produktionsinriktningar och finansierades även med medel från EU:s landsbygdsprogram. Istället för en separat analys av växtnärbalanser på ekologiska växtodlingsgårdar som ingick i det nu redovisade projektet samordnades arbete med den mer omfattande analysen av växtnärbalanser som finansierades av landsbygdsprogrammet.

Analys av odlingssystem och växtnärbalanser på ekologiska och konventionella gårdar

Analys av gårdar med olika produktionsinriktning

Data hämtades från Greppa Näringens databas för åren 2001 till 2006. Rådgivare har samlat in uppgifter från både ekologiska och konventionella gårdar med olika produktionsinriktningar. Vi analyserade data om gårdens produktion såsom areal av odlade grödor, hantering av stallgödsel och odling av fånggrödor samt data om flöden och gårdsbalanser av kväve, N, fosfor, P och kalium, K, från gårdar med tre produktionsinriktningar; växt-, mjölk- och köttproduktion. Separata analyser gjordes dessutom av både ekologiska och konventionella gårdar för tre sydliga län, Skåne, Halland och Västra Götalands län. Inom Greppa näringen har data främst samlats in från gårdar i södra Sverige där övergödningsproblemen är störst, vilket medför att urvalet av gårdar inte är representativt för ekologisk respektive konventionell odling i hela Sverige.

Djurgårdarnas inriktning definierades genom att minst 75 procent av gårdens djurenheter utgjordes av mjölkkor och kvigor respektive köttdjur (Jordbruksverket 2008). Växtodlingsgårdarna definierades av att de hade maximalt 0,2 djurenheter per hektar. Gårdar med blandad produktion, olika djurslag och/eller både betydande djurhållning och växtodling ingick inte i sammanställningen. Av de 3 595 gårdar som analyserats var en mindre del ekologiska (mer än 90 procent av marken drevs ekologiskt), 276 stycken, medan 3 319 hade konventionell produktion (Wivstad *et al.* 2009).

Beräkning av växtnärbalanser

Data som är nödvändiga för beräkning av växtnärbalanser samlades in via Greppa Näringen. Inköp och försäljning av varor baserades på gårdarnas dokumentation. Innehåll av N, P och K i vissa poster i växtnärbalanserna, exempelvis inköp av mineralgödsel eller organiska handelsgödselmedel och försäljning av vegetabilier och mjölk var väl dokumenterade. För andra produkter såsom inköp av stallgödsel via gårdsförmedling som varierar i näringsinnehåll analyserades inte produkternas innehåll av näringsämnen regelmässigt. Istället användes tabellvärden som fanns tillgängliga i Jordbruksverkets program STANK IN MIND (Jordbruksverket 2005), numer ersatt av VERA, ett uppdaterat och utvidgat rådgivningsverktyg för bland annat beräkning av växtnärbalanser (Jordbruksverket 2021).

Atmosfäriskt nedfall av N samt beräkning av biologisk kvävefixering ingick i balansberäkningarna. Kvävefixeringen beräknades med en modell där andelen baljväxter i den skördade grödan anges. Innehåll av kväve i baljväxten som skördas, hur mycket som finns i skörderester och i underjordiska växtdelar beräknas. I modellen uppskattas hur stor andel av det totala kväve som är biologiskt fixerat (Frankow-Lindberg 2003). Beräkningsmodellen baseras på forskning av biologisk kvävefixering i olika typer av baljväxter.

Kväveförluster till vatten och luft ingick inte i växtnärbalanserna. Dessa poster utgjorde således en del av N-överskottet i balanserna. Eventuell inlagring av näringsämnen i marken ingick inte heller i balansberäkningarna.

Statistik

Data över N-, P- och K-flöden i balanserna samt gårdarnas grödfördelning analyserades statistiskt i programmet JMP 8.0.1 (SAS 2009). En linjär mixad modell användes med huvudeffekterna produktionsinriktning, ekologisk eller konventionell, och län, Skåne, Halland och Västra Götaland, samt samspel mellan huvudeffekterna. Data arealviktades, vilket innebär att resultaten speglar den totala arealen och innebär att de individuella gårdarnas storlek inte påverkade resultatet. Linjär regression användes för att utvärdera samband mellan djurtäthet och överskott av kväve. Statistiska analyser med signifikansnivån 5 % gjordes för de olika produktionssystemen, växt-, mjölk- och köttproduktion, separat.

Utvidgad analys av ett urval av gårdar

En mer detaljerad analys av växtnäringsflöden och gårdsbalanser på ett urval av gårdar, sammanlagt 2 550 gårdar med ekologisk och konventionell mjölk- respektive växtodlingsproduktion och enbart gårdar i tre län (Skåne, Halland och Västra Götaland), gjordes utifrån samma data som den bredare analysen av Greppa-balanser som redovisas här. Det arbetet gjordes efter att föreliggande projekt avslutats. Ett manuskript finns som kommer skickas för vetenskaplig publicering (Wivstad *m. fl.*)

Deltagar driven forskning på ekologiska växtodlingsgårdar

Forskargruppen och gårdarna

Delprojektet startade med bildande av en grupp som skulle genomföra projektets andra del med fallstudier och försök på ekologiska växtodlingsgårdar, med deltagande forskningsmetodik.

Ett samarbete inleddes med en rådgivare från HIR Skåne AB, Henrik Nätterlund, som undersökte vilka lantbrukare i Skåne som var intresserade att arbeta i projektet. En grupp bestående av sex lantbrukare engagerades och tillsammans med Henrik och projektledare Maria Wivstad startade arbetet i gruppen i februari 2006.

Samtliga gårdar bedrev ekologisk växtodling och hade likartade odlingssystem. De var uppbyggda kring odling av spannmål, höstraps, trindsäd, klöverfrö och grüngödsling och flertalet använde olika typer av organiska gödselmedel (hönsgödsel, suggflytgödsel, biogasrötrest, Biovinass, pelleterad gödsel såsom Biofer) i växtföljden, men en av gårdarna köpte inte någon gödsel utifrån utan kväveförsörjningen baserades enbart på biologisk kvävefixering.

Arbetsätt och problemidentifiering

Gruppen träffades vid fyra till fem tillfällen varje år under projektperioden 2006 till 2008. Mötena hade olika karaktär och det första mötet i februari 2006 inleddes med en genomgång av gårdarnas odlingssystem och odlingsstrategier samt en identifiering av problem och utmaningar. Vidare identifierades problemområden som man skulle vilja arbeta med i projektet.

Utifrån frågeställningarna och utifrån det sökta projektets syften gjordes en bedömning av vilken typ av aktiviteter man ville och som var möjligt att genomföra i projektet. Det handlade om enklare storruteförsök och regelrätta randomiserade fältförsök (se nedan), samt erfarenhetsutbyte och att ta del av resultat och rekommendationer från tidigare forskning.

Under odlingssäsongen arrangerades två samlingar per år, varav några var öppna fältvandringar även för andra intresserade lantbrukare och rådgivare. Dessa samlingar hölls på de olika gårdarna som medverkade i projektet. Hela gårdens produktion och odlingssystem diskuterades och försöken inspekterades. I samband med sommarträffarna samlades även den deltagardrivna gruppen för uppföljning av projektet i sin helhet. Ett höstmöte hölls varje år efter odlingssäsongen där erfarenheter och resultat presenterades och diskuterades. Utifrån diskussionerna gjordes planer upp för försök och aktiviteter nästföljande säsong.

Som exempel följer nedan en beskrivning av projektmöten med lantbrukar-rådgivargruppen det första året 2006:

1 januari – Grundlig beskrivning av odlingssystemen på gårdarna där varje lantbrukare fick presentera sin gård. Efterföljande diskussion med identifiering och prioritering av problem och möjligheter.

2 februari – Planering av säsongens aktiviteter, fältförsök och storruteförsök/observationsförsök. Försöken planerades utifrån behov av ny kunskap och i relation till tidigare genomförd forskning.

3 och 4 i juni and juli – Gårdsbesök och fältvandringar. Visning av försöken och diskussion av både försöken och gårdarnas växtodlingssystem, växtnäringsförsörjning och odlingsåtgärder.

5 november – Presentation av observationer i försöken, försöksresultat vad gäller skörd och produktkvalitet, samt ekonomisk utvärdering. Diskussioner om hur resultaten skulle kunna implementeras på gårdarna och anpassas till gårdarnas odlingssystem.

Storruteförsök

Sammanlagt genomfördes fem enklare storruteförsök på fyra av gårdarna. I storruteförsöken skötte lantbrukarna det praktiska arbetet i växtodlingen. Behandlingarna lades ut som storrutor och utmed en linje i dessa rutor skördades tre parceller per behandling av Hushållningssällskapets försökspatrull. Skördeprover togs från respektive storruta. Inga markanalyser utfördes.

Två försök med höstraps där olika förfrukters effekter på rapsen studerades genomfördes 2007 på två gårdar. Vitklöverfrö respektive helårsgroödsling bestående av rödklöver-gräsblandning som förfrukter jämfördes. Tre gödslingsförsök genomfördes 2008, ett i rågvete där effekten av gödsling med rötrest jämfördes med ogödslat, och två i höstraps med gödsling med pelleterat köttbenmjöl (Biofer 10-3-1). I det ena försöket ingick två N-nivåer, 35 respektive 70 kg total-N/ha som gavs till rapsen på våren, och i det andra försöket undersöktes effekten av en tidig och en sen tilläggsgödsling om 70 kg total-N/ha på våren (rapsen hade fått en grundgödsling på hösten), i mitten av februari respektive i mitten av mars.

Fältförsök

Sammanlagt fem fältförsök genomfördes på två av gårdarna, Hälleback i Billeberga och Hagavik i Oxie (tabell 1). Generalprov togs av matjorden på varje försöksplats för analys av jordart och näringsstatus. (tabell 2). Behandlingarna lades ut som randomiserade blockförsök med tre upprepningar i parceller på cirka 20 m². Lantbrukarna samarbetade med Hushållningssällskapets försökspatrull i genomförandet av försöken. Lantbrukarna genomförde jordbearbetning, sådd och ogräsbekämpning, sällskapet spred de organiska gödselmedlen i samarbete med lantbrukaren, tröskade parcellerna och tog ut skördeprov. Gödselmedlen provtogs för analys av innehåll av torrsbstans, total-N, ammonium-N, P och K (redovisas under resultat).

Tabell 1 Översikt över genomförda fältförsök.

Plats och år	Vårvete	Höstraps
<i>Oxie</i>		
2006	Försök 1	
2007	Försök 2	
<i>Billeberga</i>		
2006		Försök 4
2007		Försök 5
2008	Försök 3	

Tabell 2 Matjordens egenskaper, 0-25 cm, på försöksplatserna. Generalprov togs vid anläggning av försöken. OM=organiskt material (mullhalt).

Försöksplats	OM %	Lera %	pH	Tillgängligt P mg 100 ⁻¹ jord	Tillgängligt K mg 100 ⁻¹ jord
<i>Vårvete</i>					
Försök 1, Oxie	2,6	14	7,1	9,1	13,0
Försök 2, Oxie	1,8	10	7,2	17,0	13,0
Försök 2, Billeberga	2,6	18	7,3	4,7	8,7
<i>Höstraps</i>					
Försök 4, Billeberga	3,5	23	7,1	2,6	8,0
Försök 5, Billeberga	2,5	20	7,4	4,8	8,7

Fältförsök 2006

Ett gödslingsförsök på Hälleback i Billeberga genomfördes i höstraps med olika gödselmedel där ogödslat jämfördes med en riktigiva på 120 kg total-N av olika organiska gödselmedel, rötrest, Biovinass och suggflytgödsel. Förfrukten var konservärt och rapsen, sort Danisco, såddes med 48 cm radavstånd. Ett ytterligare gödslingsförsök genomfördes i vårvete på Hagavik i Oxie med en riktigiva på 100 kg total-N av olika organiska gödselmedel, rötrest, Biovinass, höns gödsel och köttbenmjöl (Biofer 10-3-1). Förfrukten var spannmål och vårvetet, sort Dacke, såddes med 12,5 cm radavstånd.

Fältförsök 2007 och 2008

Två fältförsök genomfördes även detta år på samma gårdar som året före, ett i höstraps och ett i vårvete. Samma sorter och radavstånd användes. Försöksupplägget ändrades något jämfört med 2006. I försöket i höstraps ersattes Biovinass med köttbenmjöl. Även i vårveteförsöket utgick Biovinass och försöket utvidgades till att omfatta två kvävegivor, med riktvärden på 50 respektive 100 kg total-N/ha.

Försöket i vårvete 2007 upprepades 2008 på Hälleback med samma behandlingar som året innan.

Resultat och diskussion

Analys av odlingssystem på ekologiska och konventionella gårdar

Som bakgrundsinformation för en analys av hushållning med växtnäring och risker för övergödning på dagens ekologiska gårdar sammanställdes data insamlade inom Greppa näringen över odlingssystem samt vissa odlingsåtgärder på ekologiska och konventionella odlingsarealer. En utförlig beskrivning av resultaten finns i en rapport utgiven år 2009 (Wivstad *et al.* 2009).

Odlingssystem och växtföljder skiljde sig markant mellan olika produktionsinriktningar, växtodling, mjölk-, nötköttsproduktion, och mellan ekologiska och konventionella gårdar. Kvävefixerande grödor i växtföljden är ett av de viktigaste instrumenten i ekologisk produktion för att försörja även övriga grödor, medan basen för kväveförsörjning i konventionell produktion är tillförsel av mineralgödselkväve. Detta återspeglar sig tydligt i större andel kvävefixerande grödor på växtodlingsgårdarna respektive på gårdarna med köttdjur. Införsel av kväve via biologisk kvävefixering var flera gånger större per hektar på ekologiska än på konventionella gårdar (se tabell 7, 9 och 11 i avsnitt om växtnäringsbalanser). Vidare beror skillnaderna på skilda förutsättningar att bedriva växtskydd. Exempelvis berodde en mindre arealandel oljeväxter på ekologiska växtodlingsgårdar sannolikt på problem med angrepp av rapsbaggar där de konventionella använder kemiska växtskyddsmedel medan de ekologiska saknar effektiva bekämpningsverktyg. Även avsättningsmöjligheter och prisbild påverkar grödfördelningen i bägge produktionsformerna, vilket medför att fördelningen kan förändras utifrån marknadsförutsättningar.

Växtodlingsgårdarnas odlingssystem

De ekologiska växtodlingsgårdarna hade betydligt större andel av kvävefixerande grödor, vall och trindsäd, i sina växtföljder (tabell 3). Vallodling för olika ändamål utgjorde en fem gånger större andel av arealen på de ekologiska växtodlingsgårdarna. Man kan också konstatera att gröngödslingsgrödor odlades på cirka 25 procent av vallarealen, medan merparten var fodervall trots att man i huvudsak bedrev växtodling. Det indikerar att vallfoder odlades för försäljning till djurgårdar alternativt att man hade ett samarbete om byte av mark med en djurgård. En annan tydlig skillnad var att odlingen av höstsäd var mindre på ekologiska växtodlingsgårdar.

Tabell 3 Grödfördelning på ekologiska och konventionella växtodlingsgårdar, procentandel av total åkerareal på gårdarna med respektive produktionsform. *P*-värde > 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

Grödor	Ekologiska gårdar, % av arealen	Konventionella gårdar, % av arealen	<i>p</i> -värde
Vall	30	6	<0,0001
Foder	18	3	<0,0001
Bete	2	1	0,0124
Frö	2,6	1,3	<0,0001
Gröngödsling	8	1	<0,0001
Trindsäd	11	3	0,0005
Höstsäd	15	32	<0,0001
Vårsäd	25	29	0,0093
Korn	6	8	<i>es</i>
Malkorn	1	12	<0,0001
Havre	8	6	<i>es</i>
Vårvete	10	3	<0,0001
Oljeväxter	4	7	<0,0001
Sockerbetor	3	10	<0,0001
Potatis	2	4	0,0516
Grönsaker	2,8	0,6	<0,0001

Mjölkgårdarnas odlingssystem

Grödfördelning och växtföljd på mjölkgårdar styrs till stor del av utfodringen samt hur stor andel av djurens foder som odlas på den egna gården. Det mesta av grovfodret odlades på den egna gården i både ekologisk och konventionell produktion och det var mindre skillnader mellan odlingsformernas odlingssystem på mjölkgårdar jämfört med både växtodlings- och köttproduktionsgårdar. Foderstaten utgörs dock genomsnittligt av en större andel grovfoder, vallfoder, på ekologiska gårdar och den totala självförsörjningsgraden är också större (Wivstad et al. 2009). Detta medförde att vallandelen genomsnittligt var större på de ekologiska gårdarna och andelen stråsäd mindre (tabell 4).

Tabell 4 Grödfördelning på ekologiska och konventionella mjölkgårdar, procentandel av total åkerareal på gårdarna med respektive produktionsform. *P*-värde > 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

Grödor	Ekologiska gårdar, % av arealen	Konventionella gårdar, % av arealen	<i>p</i> -värde
Fodervall	57	50	0,0017
Betesvall	10	8	<i>es</i>
Stråsäd/trindsäd *	8	2	<0,0001
Höstsäd	8	7	<i>es</i>
Vårsäd	13	21	<0,0001
Oljeväxter	1,1	0,8	<i>es</i>

* Här ingår trindsäd i renbestånd (ärt, åkerböna, lupin), men störst andel utgörs av grönfoder av stråsäd samodlad med trindsäd och vanligast är havre-ärt

Odlingssystem på gårdar med nötköttsproduktion

Växtodlingen på gårdar med nötköttsproduktion styrs till stor del av vilken typ av uppfödningssystem gårdarna har. Greppa näringens data visade att ekologisk köttproduktion i större utsträckning var baserad på hemmaproducerat foder än på gårdarna med konventionell produktion. Inköp av foder per hektar var tre gånger så stor på de konventionella gårdarna jämfört med de ekologiska (se tabell 11 sid. 17). Vallandelen var betydligt större på de ekologiska gårdarna och spannmålsarealen var mindre (tabell 5). Skillnaderna indikerar stora skillnader mellan produktionsformerna i hur man bedriver nötköttsproduktion, med en mer grovfoderbaserad produktion på ekologiska gårdar.

Tabell 5 Grödfördelning på ekologiska och konventionella gårdar med nötköttsproduktion, procentandel av total åkerareal på gårdarna med respektive produktionsform. *P*-värde > 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad *et al.* 2009.

Grödor	Ekologiska gårdar, % av arealen	Konventionella gårdar, % av arealen	<i>p</i> -värde
Fodervall	64	41	<0,0001
Betesvall	4	4	<i>es</i>
Stråsäd/trindsäd *	8	2	0,0005
Höstsäd	5	15	<0,0001
Vårsäd	15	24	<0,0001
Oljevaxter	0,6	2,2	0,0047

Odling av fånggrödor, gödselhantering och bearbetningstidpunkter

Några odlingsåtgärder som har betydelse för växtnäringshushållningen registrerades i Greppa näringens databas. Odlingen av fånggrödor var av samma storleksordning på ekologiska som på konventionella gårdar och de odlades på i 13 procent av arealen. Fånggrödor i växtföljden har stor betydelse för att minska utlakningen av kväve under vintersäsongen (Askegaard *et al.* 2011; Plaza-Bonilla *et al.* 2015).

Flytgödsel var den dominerande hanteringsformen för gödsel på både ekologiska och konventionella gårdar (Wivstad *et al.* 2009). Det var främst mjölkgårdarna som hade flytgödselhantering. En större andel av de konventionella djurgårdarna hade dock fastgödselhantering, även om man i huvudsak installerar flytgödsel vid nybyggnation eller ombyggnad i bägge odlingsformerna. Djupströgödsel var en vanlig form av gödsel på gårdar med nötköttsproduktion. En idag allmänt vedertagen kunskap är att man med rätt spridningsteknik och anpassade spridningstidpunkter har bra möjligheter att nå en hög utnyttjandegrad av kvävet i flytgödsel (t ex Svensson & Lindén 1998). Vid lagring av djupströgödsel och även av fastgödsel finns risk för kväveförluster. Att djupströgödsel ändå används i nötköttsproduktionen har andra orsaker än att förhindra kväveförluster som bland annat handlar om att ha en bra djurmiljö i stallarna.

Det finns inte dokumenterade uppgifter i insamlade data om skillnader mellan ekologisk och konventionell produktion i hur väl man hanterar och hushåller med växtnäringen i gödseln. Hur man lyckas hushålla med kvävet handlar sannolikt mer om skillnader mellan olika lantbrukares hantering av gödseln, oberoende av odlingsform. Skillnaden mellan växtnäringsförsörjningen i ekologisk och konventionell produktion på djurgårdar handlade istället om intensitet, det vill säga skillnader i mängden växtnäring som tillfördes per hektar i de olika produktionsformerna. På de konventionella gårdarna gödslade man ofta både med stallgödsel från de egna djuren och med inköpt mineralkväve, vilket redovisas i nedanstående avsnitt om växtnäringssbalanser.

Ett undantag vad gäller skillnad i hantering av gödseln var att vårspridning av stallgödsel var något vanligare på ekologisk areal än på konventionell areal på Greppa-gårdarna. En av orsakerna kan vara att andelen höstgrödor genomsnittligt var lägre på ekologiska gårdarna, så det var snarare grödfördelningen än själva hanteringen av gödseln som orsakade skillnaderna i spridningstidpunkter. Även jordbearbetning på våren var följaktligen vanligare på ekologisk åkermark, vilket styrks av att ekologiska gårdarna hade en större

andel av areal med miljöersättning för vårbearbetning än de konventionella. Forskning visar tydligt att vårspridning av flytgödsel är bättre ut miljösynpunkt på grund av mindre risk för kväveutlakning än vid höstspridning (Salomon 2008).

Analys av växtnärbalanser på ekologiska och konventionella gårdar

För att beskriva tillståndet vad gäller hushållning med växtnäring och risker för övergödning på dagens ekologiska gårdar analyserades gårdsbalanser för växtnärbalanserna N, P och K i jämförelse med konventionell produktion. I växtnärbalanserna beräknades över- eller underskott av näringsämnen per hektar (Wivstad *et al.* 2009). Detta är en indikator för risk för övergödande utsläpp från marken. Det finns dock inte alltid en klar koppling mellan kväveöverskott i gårdsbalansen och förluster till vatten (Torstensson *et al.* 2006; Aronsson *et al.* 2007), speciellt inte om skillnaden i överskott är små mellan de system man jämför. Flera studier visar dock en positiv korrelation mellan överskott i kvävebalansen och utlakning av kväve om materialet är tillräckligt omfattande och man har ett längre tidsperspektiv, samt om man tar hänsyn till nederbörden under olika år (Korseth & Eltun 2000; Watson *et al.* 2002; Tuomisto *et al.* 2012).

Förluster av fP är ofta kopplade till specifika händelser såsom ytaavrinning vid nederbörd och spridning av gödsel och dessa förluster kan inte förutsägas med hjälp av fosforbalanser (Uhlén *et al.* 2005).

Växtnärbalanser på växtodlingsgårdar

På gårdarna med växtodling som huvudsaklig produktionsinriktning var överskottet av N signifikant lägre på den ekologiska odlingsmarken jämfört med den konventionella, medan det omvända gällde för P och K (tabell 6). Dessa skillnader gällde även för tre olika län separat, Skåne, Halland och Västra Götaland. Dock var skillnaderna signifikanta enbart för Skåne län och data från detta län hade störst inverkan på resultaten för alla gårdar, dels för att flest gårdar i Greppas databas låg i Skåne och dels för att skillnaderna i överskotten var störst där.

Dock var skillnaden i N-överskott i absoluta tal inte stor mellan produktionsformerna och på grund av de osäkerheter som finns i beräkningarna speciellt för kvävebalansen bör denna skillnad tolkas med försiktighet. Einarsson *et al.* (2018) gjorde en känslighetsanalys av växtnärbalanser utifrån Greppa näringens data som tydliggjorde osäkerheten i beräkningsmodellen för mängderna biologiskt fixerat N. Särskilt gäller det osäkerheten i den okulära uppskattningen av andelen kvävefixerande växter, såsom klöver och lusern, i gårdarnas vallar som starkt påverkar den totala mängden fixerat N i vallen. Det medför att resultaten är osäkra särskilt om den biologiska N-fixeringen utgör en stor andel av införseln av N, vilket är fallet i den ekologiska växtodlingen (tabell 7).

De negativa balanserna för P och K härstammade från de skånska konventionella gårdarna och var i överensstämmelse med SCB:s data från växtodlingsgårdar i Götalands södra slättbygder (SCB 2007).

De stora överskotten av P på de ekologiska växtodlingsgårdarna jämfört med de konventionella under åren för insamling av data, 2001-2006, berodde troligen på en stor användning av organiska gödselmedel med högt P-innehåll under just den perioden. Enligt svensk statistik varierar tillförseln av P via gödselmedel med tiden beroende på tillgång och pris på olika gödselprodukter. Under senare år har gödslingen av P varit betydligt mindre med ekologiska specialgödselmedel såsom köttmjöls- och benmjölsprodukter (SCB, 2008 and 2017). Mellan 2007 och 2016 sjönk givorna från 52 kg P/ha på 21 procent av den ekologiska spannmålsarealen till 16 kg/ha på 27 procent av motsvarande areal. Enligt en nyligen gjort sammanställning av gårdsbalanser inom Greppa näringen var överskottet av P på ekologiska växtodlingsgårdar följdriktigt halverat jämfört med de data vi analyserat (Jordbruksverket 2020).

Tabell 6 Överskott i växtnäringsbalanser för ekologiska och konventionella växtodlingsgårdar inom Greppa näringen. Samtliga gårdar respektive gårdar från tre län, Skåne, Halland och Västra Götaland. Balanserna är från data mellan 2001 och 2006. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

Alla gårdar	Antal	Överskott av N kg/ha och år	Överskott av P kg/ha och år	Överskott av K kg/ha och år
Ekologisk produktion	76	39	6	11
Konventionell produktion	1535	47	-1	-4
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		0,0156	<0,0001	<0,0001
Skåne				
Ekologisk produktion	32	36	4	18
Konventionell produktion	1017	46	-3	-6
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		0,0398	0,0022	<0,0001
Halland				
Ekologisk produktion	10	50	9	15
Konventionell produktion	66	55	4	13
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>
Västra Götaland				
Ekologisk produktion	15	42	5	5
Konventionell produktion	189	50	3	4
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>

Tabell 7 In- och utförsel av N från de största källorna samt N-balans på ekologiska och konventionella växtodlingsgårdar inom Greppa näringen, kg N/ha och år. *p*-värde större än 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

	Alla eko- gårdar			Alla konventionella gårdar		<i>p</i> -värde	Eko- gårdar Skåne		Eko- gårdar Halland		Eko- gårdar Västra Götaland		<i>p</i> -värde
	kg	N/ha och år n=76		kg	N/ha och år n=1535		kg	N/ha och år n=32	kg	N/ha och år n=10	kg	N/ha och år n=15	
Införsel av gödsel-N	40		125		<0,0001	49		49		25			es
N-fixering	33		4		<0,0001	29a		25a		51b			0,0127
N införsel totalt	86		133		<0,0001	92		90		86			es
N utförsel i pro-dukter	47		86		<0,0001	56		40		44			es
N balans	39		47		0,0156	36		50		42			es

Flödena av N skiljde sig markant mellan ekologisk och konventionell produktion där införsel av gödsel dominerade starkt på konventionella gårdar medan införsel av gödsel och input via biologisk kvävefixering låg på samma nivå på ekologiska gårdar. De ekologiska gårdarna i Västra Götaland skiljde sig från ekogårdarna i de andra länen genom att N-försörjningen baserade på biologisk kvävefixering i högre grad, och inköpt gödsel i mindre grad. Sextio procent av de ekologiska växtodlingsgårdarna köpte in stallgödsel eller specialgödselmedel, men inköpen var i genomsnitt endast en tredjedel av de konventionella gårdarnas inköp.

Förutom skillnader i införsel av N var produktionen mätt som N i sålda produkter på de ekologiska gårdarna i genomsnitt 55 procent av produktionen på de konventionella. Det visar tydligt en mindre intensitet i den ekologiska växtodlingen. Utnyttjandegraden av N, mängd N i produkter delat med mängd infört N till gården, var i genomsnitt 55 procent på ekologiska och 65 för konventionella växtodlingsgårdar. Produktionen på de skånska ekologiska gårdarna var dock större i relation till införseln av N och utnyttjandegraden av N var också större, 61 procent.

Möjligheter för förbättrad hushållning med växtnäring på ekologiska växtodlingsgårdar

De ekologiska växtodlingsgårdarna hade en något mindre överskott av kväve än de konventionella men samtidigt var kväveutnyttjandet lägre. Utnyttjandet kan förbättras på många sätt, till exempel genom utökad odling av fänggrödor och att undvika nedbrukning av grüngödslingsgrödor och vallbrott under tidig höst, speciellt på lätta jordar och i områden med mycket nederbörd. Att samodla trindsäden med stråsäd minskar både ogräsförekomst och minskar risken för N-förluster.

Det finns också en betydande potential att förbättra sina gödslingsstrategier för ett ökat N-utnyttjande. Organiskt bundet N i gödseln måste omsättas i marken för att växttillgängligt N ska frigöras. Det medför att gödslingen behöver ske i rätt tid i förhållande till grödan kvävebehov. Val av gödselmedel är också en viktig pusselbit där fördelningen mellan växttillgängligt N och organiskt N skiljer sig åt. En grundläggande åtgärd är att ha aktuella analyser av egen och inköpt gödsel för att kunna optimera gödselgivan.

Under åren då studien genomfördes var P-överskotten i balanserna på de ekologiska växtodlingsgårdarna relativt stora, vilket inte är önskvärt. Även om sambanden mellan överskott i P-balansen och förluster av P är oklart är stora P-givor under längre tid ett riskmoment för förluster. Dock har överskotten på senare år minskat vilket vi visat i tidigare text. Idag finns ett större utbud av organiska gödselmedel där P-innehållet hålls nere i förhållande till N-innehållet, och de är således mer anpassade efter grödans näringsbehov. För att bli KRAV-certifierad finns också sedan 2010 krav på att upprätta P-balanser regelbundet och att dessa inte får vara positiva för ett genomsnitt över fem år på jordar med

höga nivåer av tillgänglig fosfor (KRAV 2021). Referenser samt mer att läsa finns i Wivstad et al. (2009).

Växtnäringsbalanser på mjölkgårdar

Konventionell mjölkproduktion hade signifikant större överskott i balanserna för N och P jämfört med ekologisk mjölkproduktion (tabell 8). Skillnaden var signifikant även för data för de tre länen vad gäller N. Det ligger i linje med andra studier från svenska gårdar, både tidigare (Cederberg & Mattsson 2000; Carlsson 2004), och studier på data från senare år (Einarsson *et al.* 2018; Jordbruksverket 2020) jämfört med föreliggande studie (2001-2006). Till skillnad mot växtodlingsgårdarna hade de ekologiska mjölkgårdarna signifikant mindre överskott av P och även en stark tendens till mindre överskott även av K. Överskotten av N var betydligt större på mjölkgårdarna än på växtodlingsgårdarna, vilket inte är förvånande eftersom förluster sker både vid odlingen av foder och i djurhållningen, till exempel vid hantering av gödseln.

Tabell 8 Överskott i växtnäringsbalanser för ekologiska och konventionella mjölkgårdar inom Greppa näringen. Samtliga gårdar respektive gårdar från tre län, Skåne, Halland och Västra Götaland. Balanserna är från data mellan 2001 och 2006. Tabellen är publicerad i Wivstad *et al.* 2009.

Alla gårdar	Antal	Överskott av N kg/ha och år	Överskott av P kg/ha och år	Överskott av K kg/ha och år
Ekologisk produktion	107	84	2	8
Konventionell produktion	1517	136	4	12
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	0,0112	<i>es</i>
Skåne				
Ekologisk produktion	18	79	-0,3	6
Konventionell produktion	661	134	3	11
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	<i>es</i>	<i>es</i>
Halland				
Ekologisk produktion	14	83	4	14
Konventionell produktion	157	156	7	16
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	<i>es</i>	<i>es</i>
Västra Götaland				
Ekologisk produktion	35	90	3	7
Konventionell produktion	335	136	6	14
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	0,0016	0,0296

De större överskotten på konventionella mjölkgårdar berodde till stor del på en intensivare produktion per ytenhet, det vill säga på en högre djurtäthet, större foderinköp och större inköp av gödsel (tabell 9). Det fanns ett signifikant positivt samband mellan djurtäthet och N-överskott i balanserna i materialet vi analyserat, både när vi slog ihop alla mjölkgårdar och när vi analyserade ekologisk och konventionell produktion separat (Wivstad *et al.* 2009). Bleken *et al.* (2005) fann också ett tydligt positivt samband mellan foderinköp och N-överskott. En mjölkproduktion som är koncentrerad på en mindre yta, och med omfattande införsel av näring utifrån, leder således till en ökad näringsbelastning av mark och vatten och därmed ökade risker för övergödande förluster av näring.

Inköp av kväve via foder och gödsel utgjorde cirka 80 procent av den totala införseln till konventionella mjölkgårdar medan den var knappt 40 procent på de ekologiska mjölkgårdarna (tabell 9). Där stod istället den biologiska kvävefixeringen för en betydande andel av kvävetillförseln. Inga signifikanta skillnader i N-flöden mellan de ekologiska gårdarna i de olika länen kunde fastställas.

Kväveutnyttjandet var av samma storleksordning, cirka 30 procent, både för ekologiska och konventionella mjölkgårdar. I likhet med de ekologiska växtodlingsgårdarna tenderade utnyttjandet av N vara större på de skånska ekomjölkgårdarna än i de övriga undersökta länen.

Tabell 9 In- och utförsel av N från de största källorna samt N-balans på ekologiska och konventionella mjölkgårdar inom Greppa näringen, kg N/ha och år. p-värde större än 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad *et al.* 2009.

	Alla eko-gårdar		Alla konventionella gårdar		p-värde	Eko-gårdar Skåne		Eko-gårdar Halland		Eko-gårdar Västra Götaland		p-värde
	kg	N/ha och år	kg	N/ha och år		kg och år	N/ha och år	kg och år	N/ha och år	kg och år	N/ha och år	
	n=107		n=1517			n=18		n=14		n=35		
Införsel av gödsel-N	7		86		<0,0001	2		13		10		es
Inköp av foder-N	39		77		<0,0001	39		23		43		es
N-fixering	61		22		<0,0001	66		60		64		es
N införsel totalt	120		198		<0,0001	122		113		129		es
N utförsel i produkter	36		62		<0,0001	43		30		39		es
N balans	84		136		<0,0001	79		83		90		es

Möjligheter för förbättrad hushållning med växtnäring på ekologiska mjölkgårdar

Kvävehushållningen bedöms vara god på de ekologiska mjölkgårdarna med betydligt mindre N-överskott än de konventionella mjölkgårdarna och med ett N-utnyttjande på samma nivå.

Mer vall ge minskad risk för utlakning av N. Större andel baljväxter i vallen ger större risk för N-förluster vid vallbrott. Det finns sannolikt en potential att förbättra hushållningen genom att i större utsträckning bryta vallen så sent som möjligt på lätta jordar och i regioner med stor höst- och vinternederbörd.

Överskotten av N var i genomsnitt betydligt mindre på gårdar med köttproduktion jämfört med mjölkgårdarna (tabell 8 till 11). Mjölkgårdarna kan sägas vara något mer intensiva i sin produktion med medföljande större risker för förluster när N-flödena är stora. Skillnaden kan ses genom mindre inköp av foder på köttgårdarna.

Mjölkgårdarna har en stor andel vall i växtföljden vilket medför att stallgödseln som domineras av flytgödsel behöver spridas på vallen. Denna spridning kan ge betydande N-förluster i form av ammoniak, och därför är en optimal spridningsteknik, till exempel genom släpslang och/eller ytmyllning viktigt för minskade förluster.

Men risken för övergödande N- och P-förluster på de ekologiska mjölkgårdarna beror inte i första hand på hur odlingssystemet är utformat. Istället är det produktionsintensiteten, mängd inköpt foder och djurtätheten, som är de största riskfaktorerna. Ökad produktionsintensitet, djurtäthet och ökade foderinköp på mjölkgårdar ökar svårigheten att utnyttja den större mängden växtnäring i stallgödseln på ett resurseffektivt sätt och det behövs ett fortsatt arbete, även på de ekologiska mjölkgårdarna att bibehålla/nå en balanserad djurtäthet för att främja en bra växtnäringshushållning. Ett sätt är att samarbeta med ekologiska växtodlingsgårdar som ligger nära kring foder och gödsel och på så sätt få tillgång till större spridningsarealen av stallgödseln. Referenser samt mer att läsa finns i Wivstad *et al.* (2009).

Växtnäringsbalanser på köttgårdar

De ekologiska köttgårdarna hade mindre N-överskott än de konventionella och en tendens till mindre P-överskott. De ekologiska gårdarna hade mycket små inköp av gödsel och även av foder jämfört med den konventionella (tabell 10).

Tabell 10 Överskott i växtnärbalanser för ekologiska och konventionella köttgårdar inom Greppa näringen. Samtliga gårdar respektive gårdar från tre län, Skåne, Halland och Västra Götaland. Balanserna är från data mellan 2001 och 2006. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

Alla gårdar	Antal	Överskott av N kg/ha och år	Överskott av P kg/ha och år	Överskott av K kg/ha och år
Ekologisk produktion	93	63	3	18
Konventionell produktion	267	97	4	14
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	<i>es</i>	<i>es</i>
Skåne				
Ekologisk produktion	31	53	1	15
Konventionell produktion	113	94	4	12
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		<0,0001	0,0478	<i>es</i>
Halland				
Ekologisk produktion	15	67	4	17
Konventionell produktion	26	108	7	19
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		0,0009	<i>es</i>	<i>es</i>
Västra Götaland				
Ekologisk produktion	23	69	1	17
Konventionell produktion	48	95	4	17
<i>p</i> -värde, större än 0,05 = ej signifikant		0,0171	0,0439	<i>es</i>

Det är svårt att dra generella slutsatser vad gäller N-balanser och N-hushållning utifrån en jämförelse mellan ekologisk och konventionell produktion av nötkött. Uppfödningen skiljer sig betydligt mer åt mellan produktionsformerna än i mjölkproduktionen. På de ekologiska gårdarna dominerade en uppfödning baserad på hemmaproducerat grovfoder och bete, medan de konventionella gårdarna i större utsträckning hade en uppfödning med större inköp av foder. Inköp av foder-N var tre gånger så stor på de konventionella gårdarna (tabell 11), och som beskrivits tidigare var andelen vall (foder- och betesvall) i genomsnitt 68 procent på ekologiska köttgårdar jämfört med 45 procent på de konventionella (se tabell 5 sid. 8).

Tabell 11 In- och utförsel av N från de största källorna samt N-balans på ekologiska och konventionella köttgårdar inom Greppa näringen, kg N/ha och år. p-värde större än 0,05 = ej signifikant. Tabellen är publicerad i Wivstad et al. 2009.

	Alla eko- gårdar kg N/ha och år n=93		Alla konventionella gårdar kg N/ha och år n=267		p-värde	Eko- gårdar Skåne kg N/ha och år n=31		Eko- gårdar Halland kg N/ha och år n=15		Eko- gårdar Västra Götaland kg N/ha och år n=23		p-värde
Införsel av gödsel-N	14		93		<0,0001	14		14		11		es
Inköp av foder-N	8		25		<0,0001	5		9		1		es
N-fixering	45		14		<0,0001	42		43		49		es
N införsel totalt	88		148		<0,0001	77		87		91		es
N utförsel i produkter	22		51		<0,0001	24		20		22		es
N balans	63		97		<0,0001	53		67		69		es

Produktionen i form av sålda produkter var under hälften på de ekologiska jämfört med de konventionella köttgårdarna. Det speglar tydligt skillnaden i intensitet utifrån ett arealperspektiv.

Utnyttjandet av N var cirka 26 procent för ekologiska och 34 procent för konventionella köttgårdar. Och tendensen var, liksom för de tidigare beskrivna gårdstyperna, att de ekologiska gårdarna i Skåne hade ett högre N-utnyttjande än i de andra två länen, 31 procent.

Sambandet mellan djurtäthet och överskott av N var signifikant även på köttgårdarna, men inte lika tydligt som för mjölkgårdarna. Sambandet var även signifikant vid uppdelning i ekologisk och konventionella gårdar (Wivstad et al. 2009).

Möjligheter för förbättrad hushållning med växtnäring på ekologiska köttgårdar

De ekologiska köttgårdarna hade mindre överskott av N och P jämfört med konventionella köttgårdar, vilket ger en minskad risk för förluster. Djurtätheten var lika mellan produktionsformerna. Det som istället skiljde var intensiteten i produktionen genom mindre inköp av foder och gödsel. Den höga vallandelen på ekologiska gårdar ger ett gott skydd mot N-förluster under vallens liggtid, men liksom för mjölkgårdarna är vallbrottet av baljväxtrik vall ett riskmoment och behöver anpassas efter förutsättningarna för ge så små förluster som möjligt.

Djupströgödsel används i stor utsträckning på de ekologiska köttgårdarna. Det ger en bra djurmiljö med goda möjligheter till naturligt beteende. Däremot finns relativt stora risker för ammoniakförluster från bäddarna, i stallet och vid utgödsling och spridning. Minst ammoniakförluster har i försök erhållits när djupströgödseln spridits och brukats ner direkt i samband med utgödsling sent på hösten. Djupströgödslen är ett långsamverkande N-gödselmedel med hög kol/kväve-kvot. Kvävet frigörs i mindre mängd under lång tid och kan därför ses som en grundgödsling av odlingssystemet som behöver kompletteras med annan gödsling anpassat efter vilka grödor som odlas. Referenser samt mer att läsa finns i Wivstad et al. (2009).

Deltagardriven forskning på ekologiska växtodlingsgårdar

Problemanalys och prioritering av experiment

Sammanfattningsvis rörde huvudfrågan behovet av tillförsel av inköpta gödselmedel i relation till N-effekten av kvävefixerande baljväxter i växtföljden. Mer kunskap efterfrågades också kring hur

gödslingen behöver anpassas lokalt till markens växtnäringsinnehåll och dess förmåga att leverera näring. En rad frågor kom upp som handlar om gödsling:

- Vilka grödor i växtföljden har mest nytta av att gödslas
- Hur kan förfruktseffekter bäst kombineras med tillförsel av gödsel
- Hur kan man i olika situationer hantera samspel mellan gödsling, jordbearbetning och ogräsbekämpning
- Frågor om innehåll av växttillgänglig näring, kvalitet och kostnad för olika gödselmedel, särskilt de som finns tillgängliga i regionen
- Skördeeffekter och ekonomiskt utbyte av gödslingen, både kortsiktigt och långsiktigt

Nedan följer en lista på förslag som lantbrukarna i gruppen skulle vilja undersöka:

1 Växtnäring och gödslingsstrategi

- Lönsamhetsförsök på inköpt växtnäring
- Gödsling för både skörd och protein, tilläggsgödsling för bra proteinhalt
- Gödslingsförsök med rötrest, Biovinass, kycklinggödsel och grüngödsling
- Kalium till konservärt, olika givor av kaliumrikt Biofer, orsak till fältvariationer

2 Växtföljd och grüngödsling

- Hur ofta behövs grüngödsling
- Växtföljd efter grüngödsling
- Gröda efter grüngödsling för störst utbyte i växtföljden, skörd och ekonomi, t ex raps eller vårvete
- Teknik för nedbrukning av grüngödslingsgröda

3 Ogräsbekämpning

- Bekämpning av tistel
- Reglering av åkersenap

4 Skadegörare

- Löss i ärt och åkerböna
- Kalk i spannmål mot svampangrepp

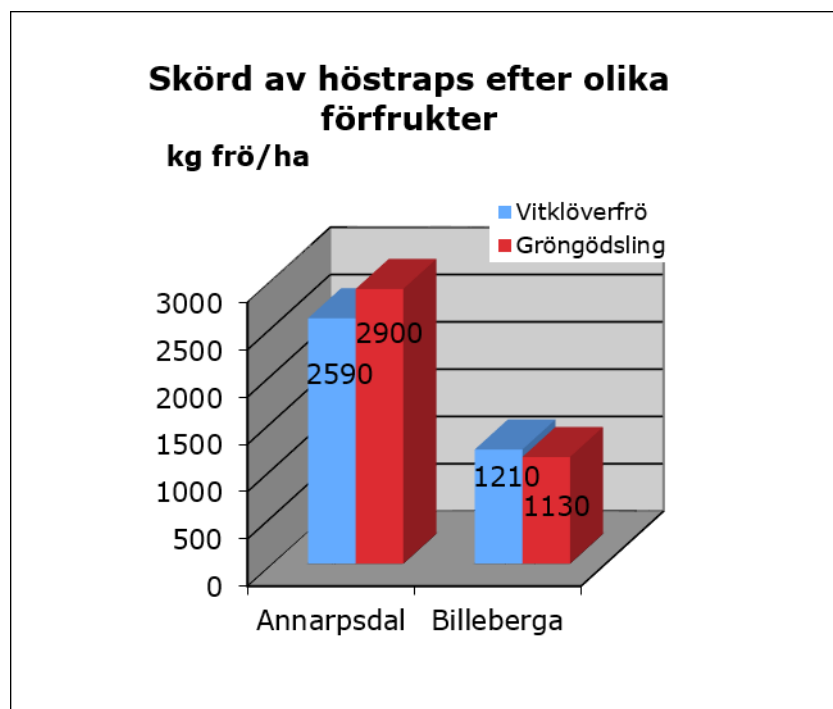
Utifrån prioritering, tillgängliga resurser och de syften som angavs i projektansökan till SLU Ekoforsk kom gruppen fram till att det skulle vara mest värdefullt att genomföra ettåriga gödslingsförsök under olika år på några av gårdarna. Flera av lantbrukarna använde redan olika typer av organiska gödselmedel men var osäkra på nyttan och kostnadseffektiviteten.

Tidigt efter projektstarten 2006 bestämdes att planera för två fältförsök den första odlingssäsongen som sedan följdes av en rad ytterligare försök, vilka beskrivs i material och metod. Förutom gödslingsförsök genomfördes även två försök med olika förfrukter. Upplägg av försöken justerades inför varje säsong efter utvärdering i projektgruppen. Sammanlagt genomfördes fem enklare storruteförsök under 2007-2008 och fem randomiserade blockförsök 2006-2008.

Storruteförsök 2007 i höstraps med olika förfrukter

Två försök genomfördes med olika förfrukter till raps, vitklöverfröodling respektive rödklövergräsgrüngödsling som odlades 2006. Resultaten från försöket på Hälleback i Billeberga gav inga skillnader, till stor del orsakat av låg skörd. Det vill säga det var andra faktorer i odlingen såsom angrepp av rapsbaggar som var utslagsgivande för skörderesultatet. Resultaten på Annarpsdal visade att grüngödslingen som förfrukt i genomsnitt gav högst skörd, 2 900 kg frö/ha jämfört med 2 500 kg frö/ha efter vitklöverfrögrödan (*p*-värde: 0,0609) (figur 1). Grüngödslingen på Annarpsdal var kraftigare än vitklövern som var ganska gles med en del ogräs. Större mängd biomassa brukades således ner på fältet

med grüngödsling, vilket gav en positiv skördeeffekt. Av försöken kan vi inte dra några generella slutsatser om vilken av dessa förfrukter som är mest fördelaktig för skörden av höstraps. Istället är det sannolikt så att den kommer att variera beroende på mängden grönmassa och N-halten i den grönmassa som brukas in i jorden efter respektive förfrukt. Därmed behövs en bedömning av gödslingseffekten av de olika förfrukterna varje enskilt år och utifrån det beräkna behov av ytterligare gödsling av höstrapsen.



Figur 1 Skörd av höstraps (9 % torrsubstans) efter förfrukterna rödklöver-gräs-grüngödsling respektive vitklöverfrö. Värdena är medeltal av tre skördeprov per behandling som togs utmed en transekt i respektive storrutor på två olika gårdar i Skåne.

Storruteförsök 2008 i rågvete och höstraps med olika gödslingsstrategier

Tre storruteförsök genomfördes 2008 på tre olika gårdar med olika gödselmedel och med olika givor.

Rågvete på Hagavik

I försöket jämfördes ogödslat rågvete med en gödsling på våren med rötrest på 80 kg total-N/ha. Förfrukten var höstraps och gödseln spreds med släpslang på våren. Rötresten hade en låg torrsubstanshalt, 5,4 procent, vilket gjorde att rötrestgödseln inte hamnade i strängar på markytan utan trängde in i jorden. Skörderesponsen av gödslingen var signifikant trots en stor spridning mellan de skördade parcellerna (tabell 12). N-upptaget i kärnan var dock inte märkbart större i gödslat vete, vilket medförde en tendens till lägre proteinhalt i det gödslade rågvetet. Vid diskussion av resultatet kunde inte gruppen (lantbrukare, rådgivare, forskare) utreda orsaken till den svaga effekten av gödslingen. En möjlighet är att N inte var den begränsade faktorn för den aktuella skörden. En annan orsak kan vara att fältvariationen var alltför stor och att storruteförsöket inte var ett randomiserat parcellförsök vilket medför att fältvariationen kan ha dolt eventuella faktiska skördeskillnader orsakade av gödslingen.

Tabell 12 Kärnskörd samt proteinhalt och N i kärna i ogödslat rågvete jämfört med rågvete gödslat med rötrest, 80 kg total-N/ha. Värdena är medeltal av tre skördeprov per behandling som togs utmed en transekt i respektive storruta på Hagavik 2008.

Behandling	Skörd, 15 % vh	Protein, % av ts	N i kärna
Ogödslat	5 400a	8,3	61
80 kg total-N/ha rötrest	5 840b	8,0	63
Sign 5 % nivå $p < 0,05$	$p = 0,0368 *$	$p = 0,0945 ns$	$p = 0,1789 ns$

Höstraps på Virestadgården

I försöket jämfördes två relativt låga givor av N på våren med gödselmedlet Biofer 10-3-1 (N-P-K, pelleterat köttmjöl). De låga givorna motiverades av att rapsen gödslades med hönsgödsel på hösten med en giva på 120 kg total-N/ha. Dessutom var det en bra förfrukt, åkerböna. Frågeställningar var om det trots dessa goda grundförutsättning är av värde att ge en ytterligare gödselgiva på våren. Gödseln spreds i mitten av februari. Den högre N-givan gav en signifikant större skörd (tabell 13), men på grund av en låg skördenivå på fältet var kväveutnyttjandet lågt. Ingen ekonomisk utvärdering gjordes men effekten av denna ytterligare vårgödsling bedömdes vara för svag för att vara motiverad. Istället borde man prioritera gödslingen till en annan gröda i växtföljden med mindre bra grundförutsättningar. Man kan också konstatera att den låga skörden, troligtvis orsakad av bland annat angrepp av rapsbaggar, medförde att effekten av gödslingen inte fullt ut kunde utvärderas. Det är ett generellt problem med fältstudier att andra faktorer än de man vill undersöka påverkar resultatet.

Tabell 13 Fröskörd, oljehalt och oljeskörd av höstraps. Ogödslat respektive gödslat med Biofer 10-3-1 med en giva på 35 respektive 70 kg total-N/ha. Värdena är medeltal av tre skördeprov per behandling som togs utmed en transekt i respektive storruta på Virestadgården 2008.

<i>Behandling</i>	<i>Skörd, 9 % vh</i>	<i>Oljehalt, %</i>	<i>Oljeskörd</i>
Ogödslad	1 430a	50,5	660a
Biofer 35 kg total-N/ha	1 650ab	49,7	740a
Biofer 70 kg total-N/ha	2 110b	50,4	960b
<i>Sign 5 % nivån $p < 0,05$</i>	<i>$p = 0,015$ *</i>	<i>$p = 0,464$ ns</i>	<i>$p = 0,0168$ *</i>

Höstraps på Hälleback

En frågeställning vad gäller gödslingsstrategi var lämplig gödslingstidpunkt på våren för bästa N-utnyttjande och största skördeeffekt i höstraps. Rapsen gödslades med hönsgödsel på hösten med en giva på 120 kg total-N/ha. Vårgödslingen gav genomsnittligt en betydande skördeökning, som dock inte var signifikant på grund av stor spridning mellan skördade parceller (tabell 14). Det fanns en tendens till större effekt vid den senare spridningstidpunkten. Detta visar återigen svårigheten att få säkra och trovärdiga resultat i storruteförsök där parcellerna inte randomiserats. Det medför att ojämnheter på försöksplatsen kan ge stor påverkan på resultaten.

Tabell 14 Fröskörd, oljehalt och oljeskörd av höstraps. Ogödslat respektive gödslat med Biofer 10-3-1 med en giva på 35 respektive 70 kg total-N/ha. Värdena är medeltal av tre skördeprov per behandling som togs utmed en transekt i respektive storruta på Hälleback 2008.

<i>Behandling</i>	<i>Skörd, 9 % vh</i>	<i>Oljehalt, %</i>	<i>Oljeskörd</i>
Ogödslad	4 300	53,6	2 110
Biofer 70 kg total-N/ha spridn 15 feb	5 100	52,9	2 440
Biofer 70 kg N spridn 15 mars	5 400	53,6	2 640
<i>Sign 5 % nivån $p < 0,05$</i>	<i>$p = 0,262$ ns</i>	<i>$p = 0,4722$ ns</i>	<i>$p = 0,2568$ ns</i>

Innehåll av växtnäring i gödselmedlen i fältförsöken 2006 till 2008

Vissa gödselmedel som finns att köpa på marknaden, exempelvis Biofer-produkter, har ett definierat innehåll av växtnäring. Köps gödsel lokalt via förmedling mellan gårdar eller, som är fallet i detta projekt, rötrest från egen rötkammare, kan växtnäringsinnehållet variera. Det är då viktigt att analysera gödseln i nära anslutning till gödslingstillfället. Givornas storlek baserades på en analys av total-N-innehåll innan spridning. En kompletterande analys gjordes också i direkt samband med spridning. I några fall, speciellt för hönsgödsel hade innehåll av växtnäring förändrats mellan första och andra analys beroende på lagringsförhållanden och varierande näringsinnehåll i den gödselhög som provtogs.

Aktuella givor i försöken och avvikelser från riktgivorna av de olika gödselmedlen beskrivs i resultaten för respektive försök.

Analysresultat vid spridningstillfället av de olika gödselmedlen de olika försöksåren redovisas i tabell 15. Analyserna visar tydligt den stora variation som finns i näringsinnehåll i samma typ av gödsel. Framförallt varierade torrsbstanshalterna avsevärt mellan de olika provtagningarna. Innehållet i hönsgödsel varierade mest och hönsgödseln som användes i försöken 2006 var mycket torr och koncentrerad medan den var betydligt fuktigare 2007 och hade då ett mycket lägre näringsinnehåll per ton gödsel. Detta illustrerar tydligt det stora behovet av att ta ut representativa gödselprov och att göra gödselanalyser av organiska gödselmedel i nära anslutning till spridning för att uppnå en behovsanpassad gödsling och god N-hushållning.

Tabell 15 Innehåll av totalkväve (N), ammoniumkväve (NH₄-N), fosfor (P) och kalium (K) i gödselmedel som användes i försöken i vårvete och höstraps 2006, 2007 och 2008.

Gödselmedel	Torrsubstans %	total N kg/ton	NH ₄ -N kg/ton	P kg/ton	K kg/ton
<i>2006 i vårvete och höstraps</i>					
Biovinass	59,7	42,3	2,8	0,4	45,0
Rötrest	7,2	7,9	4,7	1,6	3,6
Höns gödsel	76,1	47,4	10,0	13,0	20,0
Biofer 10-3-1	91,6	103,5	11,1	29,0	11,0
Suggflyt	2,7	2,3	1,3	0,7	1,1
<i>2007 i vårvete</i>					
Rötrest		6,2	8,0	4,0	1,0
Höns gödsel		37,7	20,8	9,1	7,4
Biofer 10-3-1		93,4	95,1	9,0	26,0
<i>2007 i höstraps</i>					
Rötrest		6,4	7,6	3,8	1,0
Höns gödsel		26,9	13,9	7,5	6,6
Biofer 10-3-1		93,4	95,1	9,0	26,0
<i>2008 i vårvete</i>					
Rötrest		5,4	7,5	4,8	1,0
Höns gödsel		62,1	34,3	9,1	13,0
Biofer 10-3-1		85,6	91,5	7,3	26,0

Fältförsök i vårvete 2006-2008

Tre försök genomfördes år 2006 till 2008 med olika gödselmedel till vårvete. I det första försöket var riktgivan för samtliga gödselmedel 100 kg total-N/ha. I försöken 2007 och 2008 ingick två gödslingsnivåer med riktgivorna 50 och 100 kg total-N/ha.

Vårvete 2006

I försöket på Hagavik i Oxie var torrsubstanshalten speciellt i höns gödseln och även i rötresten högre vid spridning än i föranalysen vilket medförde att högre N-givor än riktgivan 100 kg total-N/ha tillfördes av dessa gödselmedel. För höns gödsel tillfördes mer än dubbla riktgivan (tabell 16).

Tabell 16 Skörd, proteinhalt, N-upptag och N-utnyttjande i vårvete gödslat med olika typer av organiska gödselmedel på Hagavik i Oxie. N-utnyttjande = (N i kärna i gödslat vete - N i kärna i ogödslat vete)/total-N i tillörd gödsel.

Gödselmedel	Gödsling kg total-N & NH ₄ -N/ha	Kärnkörd kg /ha 15 % vh	Protein- halt %	N in kärna kg/ha	N-utnyttjande %
Ogödslat	-	3 400a	13,0a	66a	-
Biovinass	106 (7 NH ₄ -N)	4 400b	15,1b	99b	31
Rötrest	134 (80)	4 400b	15,1b	100b	25
Höns gödsel	213 (45)	4 400b	15,4b	100b	15

Gödselmedel	Gödsling kg total-N & NH ₄ -N/ha	Kärnkörd kg /ha 15 % vh	Protein- halt %	N in kärna kg/ha	N-utnyttjande %
Biofer 10-3-1	93 (10)	4 600b	15,0b	103b	36
<i>p-värde</i>		<i>0,056</i>	<i>0,004</i>	<i>0,005</i>	<i>es</i>

Förfrukt till vårvetet var sockerbetor. Gödslingen gav signifikant positiv effekt på skörd, proteinhalt och N-upptag i kärnan av vårvetet. Däremot erhöles inga skillnader mellan gödselmedlen trots den stora skillnaden i N-givor. Den överoptimala givan av hönsgödsel medförde ett mycket lågt N-utnyttjande för det gödselslaget. Resultaten tyder på att marken i försöket hade en relativt god kväveleverande förmåga i och med att vårvetet i det ogödslade ledet nådde brödsädeskvalitet. Detta kan också varit orsaken till att det inte gick att utvärdera eventuella skillnader mellan gödselmedlen i försöket.

Gödslingen gav relativt sett större effekt på N-upptaget i kärnan jämfört med effekten på kärnskörden. Det tyder på att N frigjordes från de organiska gödselmedlen under en lång period under odlingssäsongen så att kvävetillgången var fortsatt god under inlagringsfasen av N i kärnan och därmed påverkades N-upptaget starkt av gödslingen, en ökning med cirka 50 procent.

Vårvete 2007 och 2008

Ekologiskt vårvete odlas för att ge brödvete med bra kvalitet och med minst 12 procent proteinhalt. Ligger proteinhalten under gränsen minskar betalningen. Därför strävar lantbrukarna efter att kväveförsörjningen ska vara tryggad genom gödsling och/eller en stark förfrukt. På många växtodlingsgårdar är det svårt att få tag på godkänd stallgödsel samtidigt som restprodukterna Biovinass och Biofer är dyra. I projektet ställde vi oss frågan hur olika organiska gödselmedel utnyttjas på bästa sätt och vilken kvävegiva av de olika gödselmedlen som ger bäst gödslingsnetto, även efter en stark förfrukt som till exempel höstraps. Höstraps var förfrukt till vårvetet i försöket 2007 och havre var förfrukt till vetet 2008. I bägge försöken ingick två gödslingsnivåer med riktgivorna 50 respektive 100 kg tota-N/ha. I försöket 2007 var givorna av hönsgödsel dock betydligt lägre vilket orsakades av att hönsgödseln inte varit tillräckligt skyddad från regn och blev uppfuktad. Givorna som gavs i försöken baserades på en tidigare gödselanalys där gödseln hade en betydligt högre torrsbstanshalt. I försöket 2008 låg däremot gödslingen nära riktgivorna.

De två årens resultat pekade åt samma håll. Skörden i det ena försöket och proteinhalten i det andra försöket ökade signifikant i de gödslade leden jämfört med det ogödslade vårvetet (tabell 17) (Wivstad & Nätterlund 2008; Wivstad & Nätterlund 2009). En analys gjordes även för bägge försöken tillsammans och då var skillnader i både skörd, proteinhalt och kväveupptag i kärna signifikanta (tabell 18). Det var endast rötrest som svarade i skörd på den högre kvävegivan. Förklaringen var sannolikt att rötresten innehöll 50-60 procent ammoniumkväve som snabbt kommer grödan till godo och kan bygga skörd. I hönsgödsel och framförallt i Biofer är huvuddelen av kvävet organiskt och har en mer utdragen kväveeffekt. Det är en av förklaringarna till att den höga kvävegivan främst hade effekt på proteinhalten. För att klara brödvetekvalitet krävdes det den höga kvävegivan av samtliga gödselmedel. Trots att skillnaderna i kväveutnyttjande (kväve i kärnskörd i gödslat vete - kväve i kärnskörd i ogödslat vete/tillfört totalkväve) inte var signifikant var tendensen tydlig att kväveeffektiviteten sjönk vid hög giva av hönsgödsel och Biofer. Kvävet i rötrest nyttjades dock till och med i något högre grad av vårvetet vid en hög giva. Sommaren 2008 hade en lång period av torka vilket troligen missgynnade nedbrytning och mineralisering av kväve framförallt från Biofer. Kväveeffektiviteten för Biofer (medeltal för låg och hög giva) var 23 procent 2008 jämfört med 30 procent år 2007. Inga jämförelser kunde göras för hönsgödseln de olika åren eftersom gödslingsgivorna skiljde sig åt.

Tabell 17 Skörd, proteinhalt, N-upptag och N-utnyttjande i vårvete gödslat med olika typer av organiska gödselmedel i två olika givor. N-utnyttjande = (N i kärna i gödslat vete - N i kärna i ogödslat vete)/total-N i tillförd gödsel.

Gödselmedel	Gödslings kg total-N & NH ₄ -N/ha	Kärnkörd kg /ha 15 % vh	Protein- halt %	N in kärna kg/ha	N- utnyttjande %
<i>2007 Hagavik, Oxie</i>					
Ogödslat	-	3 600a	11.4	62a	-
Rötrest	52 (26 NH ₄ -N)	4 200b	11.9	75b	26
	104 (52)	4 800c	12.5	90c	27
Höns gödsel	33 (18)	4 100ab	12.2	74b	37
	65 (36)	4 300b	11.9	75b	20
Biofer 10-3-1	46 (4)	4 300b	12.0	77bd	34
	92 (9)	4 600bc	12.5	86cd	26
<i>p-värde</i>	.	0.006	es	0.004	es
<i>2008 Hälleback, Billeberga</i>					
Ogödslat	-	3 900 (a)	10.4a	60a	-
Rötrest	47 (30 NH ₄ -N)	4 200	11.2b	70ac	20
	94 (60)	4 700 (b)	12.0cd	84b	26
Höns gödsel	51 (14)	4 500	11,3bc	76bc	31
	101 (27)	4 600 (b)	12,1d	83bc	22
Biofer 10-3-1	48 (4)	4 500	11,2b	74bc	29
	96 (8)	4 300	12.0cd	77bc	17
<i>p-värde</i>	.	es	0,006	0.041	es

Tabell 18 Skörd, proteinhalt, N-upptag och N-utnyttjande i vårvete gödslat med olika typer av organiska gödselmedel i två olika givor. Analys av två försök 2007 och 2008 på Hagavik respektive Hälleback. N-utnyttjande = (N i kärna i gödslat vete - N i kärna i ogödslat vete)/total-N i tillförd gödsel.

Gödselmedel	Gödslings kg total-N/ha	Kärnkörd kg /ha 15 % vh	Protein- halt %	N in kärna kg/ha	N-utnyttjande %
Ogödslat	-	3 770a	10,8a	61a	-
Rötrest	47 resp 52	4 210b	11.6b	73b	23
	94 resp 104	4 780c	12.3c	87c	27
Höns gödsel	33 resp 51	4 290b	11,8b	75bd	34
	65 resp 101	4 430b	12,0bc	80bcd	21
Biofer 10-3-1	46 resp 48	4 400b	11,6b	76bd	31
	92 resp 96	4 450b	12.3c	81cd	21
<i>p-värde</i>	.	0.0018	0,0004	0.0001	es

Beräkningar gjordes av gödslingsens lönsamhet (Wivstad & Nätterlund 2009) vilken visade att det blev stora utslag vad gäller lönsamheten för rätt proteinhalt på grund av merbetalningen. Den låga kvävenivån gav ett gödslingsnetto för höns gödsel, övriga hamnade på minussidan. Bäst ekonomi gav den höga

kvävegivan rötrest med ett gödslingsnetto på cirka 3 300 kronor per hektar. Kombinationen hög skörd och rätt proteinhalt är förklaringen. I dagsläget är dock inte rötrest tillgängligt för så många.

Även den höga givan hönsgödsel gav bra resultat och hamnade strax efter rötresten. Bra pris på hönsgödseln och billig spridning gör den mycket intressant. Till skillnad från Biofer innehåller hönsgödseln mer fosfor och kalium vilket ger den ett viktigt bördighetsvärde. Om man har tillgång till en kombimaskin kan Biofer vara ett bra alternativ. Eftersom endast 10 procent av kvävet i Biofer är i ammoniumform och tillgängligt direkt bör produkten myllas för att komma i kontakt med fuktig jord eller allra helst placeras med kombimaskin för bästa utnyttjande. Produkten är visserligen dyr, men hävdade sig bra både skörde- och proteinmässigt. Den är dessutom lätthanterlig jämfört med exempelvis stallgödsel.

Hur ska man bäst kombinera förfrukt och gödsling i vårvete?

Kväveförsörjningen på de ekologiska växtodlingsgårdar som var med i projektet baserades på kvävefixerande klöverfrövall, gröngödslingsvall, ärter och inköpta organiska gödselmedel. En av frågeställningarna i projektet var hur man bäst kan kombinera förfruktseffekter med gödsling. Vi valde att inte lägga gödslingsförsöken i vårvete som odlades efter den starkaste förfrukten i växtföljden, klövervallen. Den förmår i sig ge både hög skörd och tillfredsställande proteinhalt i efterföljande vårvete, enligt både praktisk erfarenhet och forskning. Vi valde istället andra förfrukter till vårvete; höstraps och havre. Båda dessa är dock relativt starka förfrukter till vårvete jämfört med till exempel korn och vete. Skördenivån i vårvetet var hög med en skörd på i genomsnitt 3 800 kg per hektar i det ogödslade vetet. Orsakerna var många, bland annat gynnsamt klimat och hög markbördighet, men även sannolikt en varierad växtföljd på gården med bra förfrukter.

Vår hypotes i projektgruppen var från början att en låg giva, cirka 50 kg total-N per hektar organisk gödsel till vårvetet i kombination med medelstark förfrukt skulle vara en bra strategi, både ekonomiskt och ur kvävehushållningssynpunkt. Vi kan utifrån försöken konstatera att en låg giva inte kunde garantera proteinhaltskravet för brödvete, men var klok med tanke på kvävehushållningen. En av anledningarna till att proteinhalten inte hängde med var att skördenivån av vårvete var hög och då krävdes en högre gödsling för att även proteinhalten skulle hänga med upp. Man behöver tillämpa en skörderelaterad gödsling för att nå ett bbra N-utnyttjande. Svårigheterna att träffa rätt vad gäller gödslingsnivå beror naturligtvis också på osäkerheten vad gäller mineralisering av det organiskt bundna kvävet. Gödselmedel som rötrest och flytgödsel med en hög andel växttillgängligt kväve är därför säkrare alternativ, medan till exempel Biofer fodrar fukt för att kvävet ska bli tillgängligt.

Fältförsök i höstraps 2006 och 2007

Två försök genomfördes år 2006 och 2007 på gården Hälleback i Billeberga med olika gödselmedel till höstraps. I bägge försöken var riktgivan för samtliga gödselmedel 120 kg total-N/ha. Olika gödselmedel användes i de två försöken, endast rötrest fanns med i bägge (tabell 19).

Höstraps 2006

Rapsen, Disco, såddes med 48 cm radavstånd i augusti 2005 följt av radhackning både höst och vår. Ingen gödsling tillfördes på hösten eftersom förfrukten var konservärt (Nätterlund 2007). Beståndet var mycket kraftigt under senhösten 2005. I slutet av april tillfördes gödsel enligt tabell 19. I försöket visade föranalyserna av både rötrest och suggflyt, som tillförd gödslingsmängd baserades på, avvikande resultat jämfört med analysen från gödselprovtagningen i samband med spridning. Det kan inte nog poängteras att det är nödvändigt med representativa gödselprov i så nära anslutning till spridning som möjligt.

Det var en tydlig tendens till större skörd i gödslade led men på grund av stor spridning mellan rutor var skillnaderna inte signifikanta (tabell 19). Frökvaliteten i form av oljehalt och proteinhalt, och även upptag av kväve i fröet påverkades dock signifikant positivt av gödslingen. Störst N-effekt hade Biovinass och suggflyt och en trolig förklaring som även beskrivs ovan är att dessa gödselmedel hade en mer utdragen N-leverans från det organiskt bundna kvävet som utgjorde en större andel av total-N jämfört med rötresten. En god kvävetillgång senare under säsongen påverkar upptaget av N mer än dess skördehöjande effekt. N-utnyttjandet var mycket lågt i ledet med rötrest. En sannolik förklaring är att

N-givan var överoptimal. Det som styrker det är också att den ogödslade rapsen gav en relativt stor skörd.

En ekonomisk utvärdering visade att suggflyt visade bäst ekonomiskt netto, 870 kronor/ha, på grund av billig gödsel och störst skörd (Nätterlund 2007). Gödslingsnettot för Biovinass var negativt och orsakades av dyr transport av restprodukten från jästfabriken i Mellansverige till Skåne. Gödslingen med rötrest gav också ett positivt ekonomiskt netto på cirka 600 kronor. Slutsatsen i gruppen var att det är tveksamt om bästa gödslingsnetto på 870 kronor/ha motiverar gödselkörning på våren.

Tabell 19 Fröskörd, oljehalt, -innehåll, proteinhalt, N-upptag och N-utnyttjande i höstraps gödslat med olika typer av organiska gödselmedel i försök 2006 och 2007 på Hälleback i Billeberga. N-utnyttjande = (N i frö i gödslad raps - N i frö i ogödslad raps)/total-N i tillförd gödsel

Gödsel-medel	Gödsling, total-N & NH ₄ -N kg/ha	Fröskörd kg ha ⁻¹ 9 % vh	Oljehalt % av ts	Oljeskörd kg/ha	Protein halt %	N in frö kg ha ⁻¹	N- utnyttjande %
<i>2006</i>							
Ogödslat	-	3 400	50,9a	1590	17,3a	95a	-
Rötrest	158 (95 NH ₄ -N)	3 900	49,1b	1740	18,5ab	114ab	12
Biovinass	127 (8)	3 900	47,9c	1710	20,1c	126b	24
Suggflyt	92 (52)	4 000	49,1b	1780	19,0bc	121b	28
<i>p-värde</i>		<i>es</i>	<i>0,0026</i>	<i>es</i>	<i>0,0094</i>	<i>0.0513</i>	<i>es</i>
<i>2007</i>							
Ogödslat	-	1 300(a)	50,3a	620(a)	18,5a	36(a)	-
Rötrest	120 (60 NH ₄ -N)	2 100(b)	49,6b	940(b)	19,1a	58(b)	18
Höns gödsel	52 (28)	1 800	49,5ab	820	19,6a	52	31
Biofer 10-3-1	110 (10)	1 900	48,1b	840	21,3b	60(b)	21
<i>p-värde</i>		<i>es</i>	<i>0,0493</i>	<i>es</i>	<i>0,0094</i>	<i>0.0513</i>	<i>es</i>

Höstraps 2007

Rapsen, Disco, såddes med 48 cm radavstånd i september 2006. N-givan av höns gödsel var avsevärt mindre än riktgivan på 120 kg total-N/ha på samma sätt som den var i vårveteförsöket samma år, och orsakades av att höns gödseln hade en högre vattenhalt än den föranalyserade gödseln (tabell 19). Rötresten tenderade att ha störst skördeeffekt medan Biofer var mest gynnsam för N-upptaget, helt i enlighet med ovanstående resultat. Det högre N-utnyttjandet för höns gödsel kan troligen förklaras av den lägre givan. Ofta gäller ett avtagande merutbyte vid stigande gödselgivor.

Skillnaden i övergripande skördenivå i försöken 2006 och 2007 berodde sannolikt inte på skillnader i gödsling utan på andra faktorer som påverkade tillväxten. Den sena sådden i september av höstrapsen var inte optimalt, men trots detta utvecklades rapsen väl under den milda hösten. Enligt praktisk erfarenhet har det stor betydelse att rapsplantorna är kraftiga och har ett högt bladtyteindex tidigt på våren vid tillväxtstart. Den torra och kyliga våren 2007 var dock inte gynnsam för höstrapsens tillväxt.

Deltagardrivet arbetssätt ger möjlighet till hållbara lösningar och snabb tillämpning

Det deltagardrivna arbetssättet innebar ett gemensamt lärande i gruppen där vetenskaplig kunskap kunde sättas in i ett sammanhang på gårdsnivå där lantbrukaren var en central aktör. Olika typer av kunskaper kombinerades vilket gav ett bredare mer tvärvetenskapligt perspektiv på frågeställningar och lösningar. Erfarenhetsutbytet mellan lantbrukarna värderades också mycket högt i projektet. Resultaten från försöken utgjorde underlag för diskussion om lösningar kring växtnäringshushållning i hela

odlingssystemet. Vår erfarenhet under projekttiden var att arbetssättet gav möjlighet till en snabbare tillämpning av forskningsresultat jämfört med studier utförda enbart av forskare.

Det finns även nackdelar med arbetssättet. Det är tidskrävande med så många inblandade och det finns också risk för att man har olika syften med sitt deltagande i projektet, vilka inte alltid är lätta att kombinera. Det kan också vara svårt att få finansiering för deltagardrivna projekt där syftena med projektet inte är tydligt formulerade i ansökan utan växer fram under projektets gång i mötet mellan de olika yrkeskompetenserna. Flexibiliteten i ett deltagardrivet projekt kan också leda till svårigheter att validera resultaten vetenskapligt. (Poudel *et al.* 2000).

Deltagardriven forskning på skånska växtodlingsgårdar – avslutande kommentarer och slutsatser

Det deltagardriva arbetssättet innebär både utmaningar och möjligheter, men har potential att förbättra forskningsimplementering och -relevans. Gruppen som arbetat i projektet fann arbetssättet stimulerande, värdefullt och nyskapande. Det gav kompetensutveckling för alla yrkesgrupper, lantbrukare, rådgivare och forskare. Arbetssättet med sitt tvärvetenskapliga fokus gav även unika möjligheter till idéer för fortsatta studier.

Det finns, som framgår i rapporten, en rad svårigheter när det gäller att finna optimala strategier för hantering av växtnäringsförsörjningen på ekologiska växtodlingsgårdar. Att arbeta med organiska gödselmedel är en utmaning på grund av en stor variation både inom och mellan gödselslag. Att nå en god växtnäringshushållning inkluderar många olika aspekter som växtföljd, odlingsteknik och gödslingsstrategi både i ett kort- och långsiktigt perspektiv.

Utifrån de försök som genomfördes i projektet kan följande slutsatser dras vad gäller gödslingsstrategier och förfrukter:

Höstraps

- Tidig tillförsel av gödsel eller en starkt N-levererande gröda som förfrukt är avgörande för skörd och ett högt N-utnyttjande i höstraps
- Ett varierande N-utnyttjande av gödslingen i höstraps pekar mot att en kombination av en förfrukt med medelhög N-levererande förmåga och en liten gödselgiva tidigt på våren kan vara ett framgångsrikt alternativ

Vårvete

- Stora positiva skördeeffekter kan nås med gödsling av organiska gödselmedel till vårvete
- Det krävdes 100 kilo total-N/ha för att klara brödveteckvalitet efter medelstarka (ej baljväxtrik vall)
- En lägre kvävegiva på 50 kilo total-N/ha räckte långt i skörd men riskerade proteinhalten
- Bäst ekonomiskt netto i vårvete gav rötrest tätt följt av hönsgödsel
- Biofer hävdade sig bra men är dyr. Gödselmedlet bör kombisås för bästa effekt
- Dagens proteinkrav ger ofta lågt kväveutnyttjande
- Om skörden blir hög efter en medelstark förfrukt, bland annat på grund av ökad tillgång på kväve, krävs dessutom gödsling för att säkerställa proteinkravet

Referenser

- [Aronsson H, Torstensson G, Bergström L 2007. Leaching and crop uptake of N, P and K from organic and conventional cropping systems in a clay soil. *Soil Use & Management* 23, 71-81.](#)
- [Askegaard M, Olesen JE, Rasmussen IA, Kristensen K 2011. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture Ecosystems & Environment* 142:149-160.](#)
- Carlsson V 2004. Kväveförluster och energianvändning på mjölkgårdar i västra Sverige. SIK-rapport Nr 714, SIK – Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- [Cederberg C & Mattsson B 2000. Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming. *Journal of clean production* 8, 49-60.](#)
- [Einarsson R, Cederberg C, Kallus J 2018. Nitrogen flows on organic and conventional dairy farms: a comparison of three indicators. *Nutrient cycling in agroecosystems* 110, 25-38.](#)
- Frankow-Lindberg B 2003. Kvantifiering av kvävefixering via baljväxter i fält. Rapport 5, Institutionen för växtproduktionslära, SLU.
- Jordbruksverket 2005. STANK IN MIND, Växt, Miljö & Vatten, Växtnäring och Gödsel – beräkningsverktyg för växtnäringsbalanser i Greppa Näringen. Ersatt av VERA, se referens Jordbruksverket 2021.
- Jordbruksverket 2008. Växtnäringsbalanser och kväveutlakning på gårdar i Greppa Näringen åren 2000-2006. Rapport 2008:25, Jordbruksverket.
- [Jordbruksverket 2020. Växtnäringsflöden på gårdar inom Greppa Näringen. Rapport 2020:15.](#)
- [Jordbruksverket 2021. VERA – beräkningsverktyg för växtnäringsbalanser med mera i Greppa Näringen. VERA används i rådgivning till lantbrukare.](#)
- [Korsaeth A & Eltun R 2000. Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationships between balance calculations and nitrogen runoff in a 8-year field experiment in Norway. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 79, 199-214.](#)
- [KRAV 2021. Gällande regler, utgåva 2021.](#)
- [Nätterlund H 2007. Gödslingsförsök i ekologisk höstraps. *Svensk frötidning* nr 2, sid. 25-26.](#)
- [Plaza-Bonilla D, Nolot JM, Raffaillac D, Justes E 2015. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: field evidence and model simulation. *Agric Ecosyst Environ* 212:1-12.](#)
- [Poudel D D, Midmore D J, West, L T 2000. Farmer participatory research to minimize soil erosion on steep land vegetable systems in the Philippines. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 79, 113-127.](#)
- Salomon E 2008. Stallgödselns kväveverkan på skörden. JTI-rapport 367, Lantbruk & Industri, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- SAS, 2009. JMP, Version 8.0.1. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SCB 2007. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark och jordbrukssektor 2005. MI 40 SM 0701. Jordbruksverket och Statistiska centralbyrån.
- Svensson L & Lindén B 1998. Utnyttjande och förluster av kväve vid ytmyllning av flytgödsel. Teknik för lantbruket nr 65. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- [Torstensson G, Aronsson H & Bergström L 2006. Nutrient use efficiency of organic and conventional cropping systems in Sweden. *Agronomy Journal* 98, 603-615.](#)

- [Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. Journal of Environmental Management 112, 309e320.](#)
- Ulen BB, Aronsson H, Torstensson, G, Mattsson L 2005. Nutrient turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in south-west Sweden. Soil Use and Management 21, 221-230.
- [Watson CA, Bengtsson H, Ebbesvik M, Løes A-K, Myrbeck A, Salomon E, Schroder J, Stockdale EA 2002. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. Soil Use and Management 18, 264-273.](#)
- [Wivstad M & Nätterlund H 2008. Learning in context – improved nutrient management in arable cropping systems through participatory research. In: Cultivating the future based on science, Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agricultural Research \(ISO FAR\), 16th IFOAM Organic World Congress, 18-20 June, Modena, Italy, Vol. 1, 780-783.](#)
- [Wivstad M & Nätterlund H 2009. 100 kg kväve klarade proteingräns – försök med organiska gödselmedel på ekologiska växtodlingsgårdar i Skåne. Forskningsnytt om ekologiskt lantbruk i Norden 1, sid. 3-6.](#)
- [Wivstad M, Salomon E, Spångberg J & Jönsson H 2009. Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning. Rapport Centrum för uthålligt lantbruk, CUL, SLU, 62 sidor.](#)
- [Wivstad M & Salomon E. Survey of farm-gate N and P balances on arable and dairy organic and conventional farms in Sweden – basis for improved management. Manuscript to be submitted.](#)