



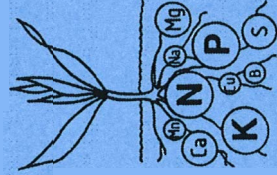
Växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling

Föredrag hållna på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien
4 mars 2004

Plant Nutrient Support in Organic Farming

Lectures held on 4 March 2004 at the Royal Swedish
Academy of Agriculture and Forestry

Red./Eds. Käll Carlgren & Holger Kirchmann



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Rapport 208
Report

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Uppsala 2004
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNLR-208-SE



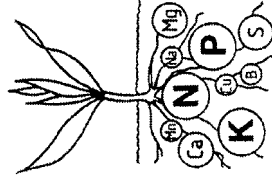
Växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling

Föredrag hållna på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien
4 mars 2004

Plant Nutrient Support in Organic Farming

Lectures held on 4 March 2004 at the Royal Swedish
Academy of Agriculture and Forestry

Red./Eds. Käll Carlgren & Holger Kirchmann



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 208
Report

Uppsala 2004
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—208-SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract	4
Sammanfattning	5
Försök med konventionella och ekologiska odlingsformer i Kristianstads lan. Jonas Ivarsson	6
Är det risk för näringsobalanser vid ekologisk mjölkproduktion? Ingrid Öborn och Helena Bengtsson	11
Vaxtnaringsbalanser på ekologiska gårdar. Anna Nyberg	16
Kvaveförsörjning på ekologiska gårdar och effektivitet hos KRAV-godkända gödselmedel. Börje Lindén	21
Vad skulle vi behöva veta mera om vaxtnaringshushållningen i ekologisk odling? Ulrika Geber	27
Betydelsen av markmikroorganismernas aktivitet i ekologisk Odling. Anna Mårtensson och Sara Elfstrand	30
Marknadens syn på vaxtnaringsförsörjningen i ekologisk odling. Kjell Ivarsson	36
Vaxtnaringsflöden i systemförsök samt mätningar av läckage Av kvave och fosfor. Gunnar Torstensson	40
Läckage av kvave och kvaveupptag från organiska gödselmedel. Lars Bergström	45
Om energijamförelser mellan odlingssystem. Göte Bertilsson	49
Synpunkter på den vetenskapliga metodiken i jämförande försök mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk. Holger Kirchmann m. fl.	56

ABSTRACT

Yields, fertilization, fertilization efficiency, influence of soil quality and different crops on organic farming were discussed on a seminar held at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA) in Stockholm in March 2004. totally comprising eleven speeches of organic fertilization, flows and leaching of nutrients. Also comparisons between organic and conventional farming were made on basis of field trials performed in north, central and south of Sweden.

Shortly, you get lower yields of barley and wheat in organic farming than in conventional farming. Leys and even oats performed good yields in both systems. In order to get standard yields of wheat and barley you have to add manure, urine or other organic fertilizers approved by KRAV besides present soil nutrients. It was stated that KRAV fertilizers were less efficient than conventional mineral ones. A better accuracy and control of the access of soil N, P and K was asked for.

A comparison between conventional and organic dairy production at the Öjebyn farm in north Sweden indicated that organic dairy *can* work if you are allowed to supply mineral food to the stock in order to compensate for the removal of P and other nutrients by milch and meat.

The K-balance (added K minus removed K) was more negative in the organic treatments than in the conventional ones. Soil weathering played an important role in clay soils to compensate for the K removal. The P-balance tended to be slightly negative both in conventional and organic systems and a small leaching of P was recognized in both systems.

After fertilization for many years soil fertility and microbial enzyme activity was larger in in organic treatments of a frame experiment.

At last aspects on experimental difficulties and pitfalls you will meet when performing comparisons between organic and conventional farming were discussed.

SAMMANFATTNING

Gödsling, skördar, gödslingseffektivitet, markegenskapernas och olika gröders inverkan behandlades vid ett seminarium på KSLA där växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling dryftades. Vid seminariet utdelades denna rapport med de föredrag som skulle hållas.

I ekologisk odling erhöll man lägre vete- och kornskördar än i konventionell odling medan ekologiska vallar och aven havren gav bra skördar. Även med ettåriga vallar eller baljväxter som förfrukt räckte inte markkvavet till för att ge området normskördar av vete och kom. För att uppnå dessa krävdes extra tillförsel av kvave, genom inköpt stallgödsel, urin eller med ett KRAV-gödselmedel.

De KRAV-godkända organiska kvavegödselmedlen var mindre effektiva än t ex urin och mineralgödsel. De gav ibland också större utlakning eller läckage. En ökad precision i att styra tillgängligheten hos markens N, P och K efterlyses därför. Marktemperatur, nederbörd, jordart och markens pH-värde angavs därvid som viktiga variabler att arbeta med.

En jämförelse, utförd på Ojebyn, mellan konventionell och ekologisk mjölkproduktion visar att ekologisk mjölkproduktion kan fungera om man tillåter inköpt mineralfoder för att kompensera bortförseln av P och andra mineralämnen med mjölk och kött.

På Ojebyn i norra Sverige, i Västsverige och i Skåne var K-balansen (tillfört K minus bortfört K) negativ på latta jordar i de ekologiska försöksleden. Har var K-utlakningen från åkermarken större än på lerjordarna. I de senare spelar vittringen av K en viktig roll för att upprätthålla näringsbalansen. P-balansen var i regel likartad både i konventionella och ekologiska led; bortförd P tenderade att vara i jämvikt med tillförd P. En liten P-utlakning kunde i regel uppmätas i båda typerna av odlingsssystem.

Efter många års tillförsel av organiska gödselmedel fann man en ökad markbördighet och mikrobiell enzymaktivitet i ekologiskt odlade system.

En resumé gjordes slutligen över de svårigheter och fallgropar man lätt kan hamna i när man jämför olika odlingsystem

Fältförsök med konventionella och ekologiska odlingsformer i Kristianstads län: Skördar, markanalyser och vaxtnäringsbalanser

Field trials comparing conventional and organic cropping systems in southern Sweden: Yields, soil analyses and plant nutrient balances

Jonas Ivarson, Hushållningssällskapet, Box 9084, 291 09 Kristianstad. E-post: jonas.ivarson@hs-l.hush.se

Inledning

På de tre naturbruksgymnasierna Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby har det sedan 1987 legat en fältförsöksserie, U - 3410, där konventionella och ekologiska odlingssystem jämförts. År 1998 hade försöken legat i två vaxtföljdsomlopp och det är denna period som bearbetats statistiskt och sammanställts i en rapport (SJFD nr 53). Försöken är nu inne på sitt tredje omlopp och avsikten är att de ska fortgå minst till och med år 2005. I föreliggande redovisning kommer korfattat att beskrivas resultat från skördar, markanalyser samt växtnäringssbalanser från perioden 1987 till 1998. För en utförligare redogörelse av försöken hänvisas till rapporterna SJFD nr 53 (huvudrapporten) resp 52 (Utlakningsrisker i olika odlingsformer) som kan beställas från Hushållningssällskapet i Kristianstad.

Material och metoder

Försöksplan och vaxtföljder

På respektive försöksplats har fem olika led jämförts, se figur 1. Försöken har varit utlagda som parcellförsök utan upprepningar där alla grödor, med några få undantag, odlats varje år. Växtföljden i respektive led framgår av tabell 1. Eftersom de olika försöksplatserna har olika förutsättningar var grödvalet något olika på de olika platserna. Till exempel så odlades sockerbetor i Bollerup och potatis i Önnestad och Östra Ljungby.

Tabell 1. L4-3410. De olika odlingssystemens växtföljder
 Table 1. L4-3410. Crop rotations in the different cropping systems

Led A	Led B	Led C	Led D	Led E
råg + fg/h-vete	kom + ins	kom + ins	korn+ ins	råg + fg/h-vete
kom	vall I	vall I	vall I	åkerböna+fg
höstraps	vall II	vall II	vall II	korn
höstvete/råg	höstvete/råg	höstvete/råg	höstvete/råg	Gröngödsling
potatis/s-bet	potatis/s-bet	potatis/s-bet	potatis/s-bet	potatis/s-bet
art	art + fg	havre/ärt + fg	havre/ärt + fg	art
ins = insådd, fg = fånggröda				

Figur 1. Försöksplan.
 Figure 1. Experimental plan.

Led A: Konventionellt, kreaturslöst odlingssystem
Led B: Konventionellt odlingssystem, med kreatur
Led C: Ekologiskt, biodynamiskt odlingssystem, med kreatur
Led D: Ekologisk, icke-biodynamiskt odlingssystem, med kreatur
Led E: Ekologisk, icke-biodynamiskt odlingssystem, utan kreatur

Växtnäringsstillförsel och växtskydd

Tillförseln av stallgödsel till de tre kreatursystemen var lika stor under första vaxtföljdsomloppet men anpassades därefter så att platser och/eller system med hög grovfoderskörd fick större stallgödseltillförsel än de där grovfoderskörden i medeltal varit lägre.

Handelsgödseltillförseln till de konventionella leden följde lansstyrelsens rekommendationer och anpassades i led B till vaxtnäringsinnehållet i stallgödseln.

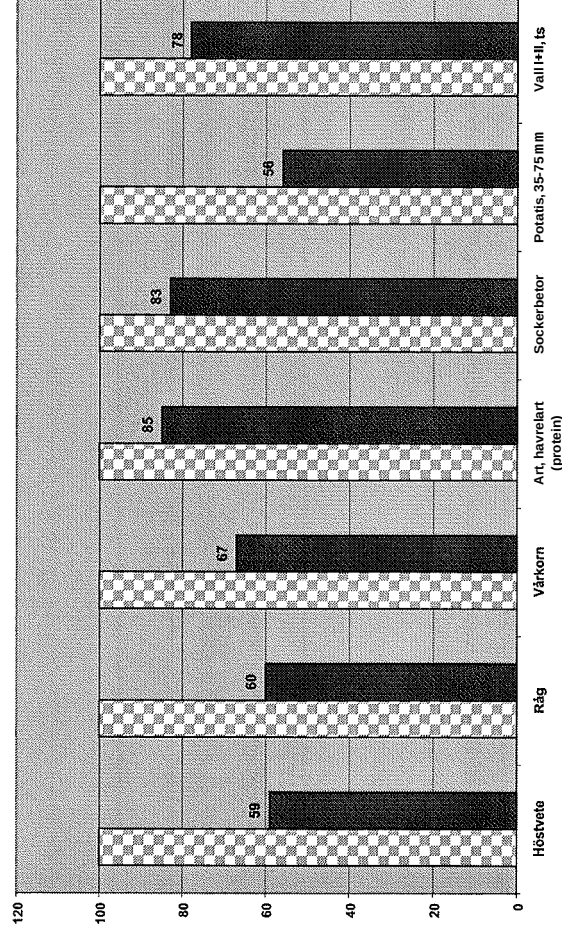
Till det ekologiska kreaturslösa systemet, led E, tillfördes ingen växtnäring utifrån under perioden 1987 t o m 1998 förutom kvävefixering och nedfall.

Växtskyddsinsatserna med kemiska bekämpningsmedel i de konventionella leden har i huvudsak följt principerna för bekämpningströsklar där sådana finns framtagna.

Skördar

Det var ingen signifikant skillnad mellan de båda konventionella ledens medelskördar vilket heller inte var väntat. Däremot var skördarna i de ekologiska leden i de flesta fall lagre än i de konventionella. Undantag utgjordes dock bl a av arter respektive ärt/havre och andraårsvall dar skördarna i medeltal i de flesta fall var lika stora i alla led. De ekologiska ledens relativskördar till konventionella led presenteras i diagram 1.

Diagram 1. Ekologiska leds relativskördar till konventionella led. Konv. led = 100.
Diagram 1. Yields in organic systems relative conventional systems. Conventional systems = 100.



Som väntat var det ingen skillnad i skördenivå mellan de olika grödorna i det biodynamiska C-ledet och det ekologiska D-ledet. Den enda skillnaden mellan dessa båda led var att stallgödseln tillfördes i *komposterad* form samt att biodynamiska preparat tillfördes i det biodynamiska ledet. Vid en jämförelse mellan de båda ekologiska kreatursleden (C och D) å ena sidan och det ekologiska kreaturslösa E-ledet å den andra var skörden i medeltal lagre i led E än i de båda andra för vissa grödor, t ex råg i Östra Ljungby och kom och sockerbeter i Bollnäs.

I de fall några skördeökningar har kunnat påvisas i försöken kan dessa i flertalet fall förklaras av förändringar i åtgärdsprogrammet såsom t ex förändrad vallblandning, insåningsteknik eller gödsling. Skördeökningar

kunde ses i samtliga led. I några fall fanns även en sjunkande trend för skörden med tiden, inget led undantaget.

Innehåll av P och K i skördeprodukter

Innehållet av fosfor respektive kalium i höstsäd, vårkor, arter, sockerbetor och vall bearbetades statistiskt för att se om det fanns några signifikanta skillnader mellan de olika leden på respektive försöksplats. I spannmålen kunde inga skillnader påvisas med några få undantag. T ex var fosforhalten på två av försöksplatserna högre i de ekologiska leden än i de konventionella.

Kaliumhalten i sockerbetorna var lägre i det konventionella B-ledet än i övriga led.

De olika delskördarna i vall I respektive vall II analyserades var för sig på sitt innehåll av fosfor och kalium. I Bollerup var fosforhalten i samtliga skördar i såväl vall I som vall II högre i de ekologiska leden än i det konventionella B-ledet. I Önnestad och Östra Ljungby kunde inga skillnader i fosforhalt mellan de olika leden påvisas med undantag av en vallskörd på respektive försöksplats. I dessa båda fall var fosforhalten lägre i B-ledet än i ett av de ekologiska leden.

I Bollerup och Östra Ljungby var kaliumhalten i en del vallskördar högre i det konventionella B-ledet än i något av eller båda de ekologiska leden. I Önnestad fanns det dock inga signifikanta skillnader i kaliumhalt mellan några led i någon vallskörd.

Växtnäringsbalanser och markanalyser

Enligt växtnärbalansberäkningar (tillförd växtnäring med handelsgödsel, stallgödsel och N-fixering minus bortforsl med skörden) hade de konventionella odlingssystemen ett överskott av totalkväve på mellan 15 och 49 (A) respektive 30 till 74 kg (B) per ha och år. Kväveöverskottet i de ekologiska systemen varierade mellan -8 och 20 kg per ha och år.

Fosforbalansen låg på ett litet överskott i de konventionella leden förutom i Önnestad där underskottet uppgick till 12 kg per ha och år. De ekologiska leden hade ett fosforunderskott på mellan -4 och -11 kg per ha och år. På

ett par av försöksplatserna kunde en minskning av P-AL (0,2 – 0,3 mg P per år och 100 g jord) i något eller några av de ekologiska leden påvisas.

Balansen för kalium låg på minus för samtliga led med undantag av A-ledet i Bollerup och Östra Ljungby där tillförseln i princip täckte bortförseln. I övriga led varierade kaliumunderskottet mellan –18 och –62 kg per ha och år. Mängden lättlösligt kalium (K-AL) minskade på alla tre försöksplatserna i samtliga led med undantag av A-ledet i Bollerup.

Minskningen varierade mellan 0,2 och 0,8 mg K per år och 100 g jord och var störst i led med vall i växtföljden, d v s B, C och D.

Kvaveeffektivitet

Kvaveeffektiviteten, uttryckt som en kvot mellan bortfört respektive tillfört kvave exklusive atmosfäriskt nedfall, beräknades för samtliga led på alla tre försöksplatserna. De ekologiska leden hade en högre utnyttjandegrad av insatt kvave än de båda konventionella leden. I medeltal för alla tre försöksplatserna var kvaveeffektiviteten för de konventionella leden drygt 70 % medan den i de ekologiska kreatursleden var mellan 92 och 100 %. Det ekologiska kreaturslösa ledet hade en kvaveeffektivitet på knappt 90 %.

Är det risk för näringsobalanser vid ekologisk mjölkproduktion? Resultat från forskningsprojekt inom programmet MAT 21-uthållig livsmedelsproduktion

Do we risk nutrient imbalances in organic dairy production? Results from research projects within the FOOD 21-Sustainable Food Production Programme

Ingrid Öborn och Helena Bengtsson, Institutionen för markvetenskap, Box 7014, 750 07 Uppsala. E-post: Ingrid.Oborn@mv.slu.se, Helena.Bengtsson@mv.slu.se.

Jämförande studier inom MAT 21

'MAT 21 –uthållig livsmedelsproduktion' är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram (1997-2004) som finansieras av den miljöstrategiska stiftelsen MISTRA (www-mat21.slu.se). Det övergripande målet för MAT 21 är att utveckla system och metoder som gör livsmedelsproduktionen ekologiskt och ekonomiskt mer uthållig och som ger livsmedel av hög kvalitet. Inom MAT 21 arbetar 25 doktorander och 50 forskare med forskning och systemanalys i kedjan från jord till bord; växtodling och djurhållning i lantbruket, bondens roll och agerande, produktkvalitet, transport och förädling samt konsumenternas val. Några projekt har inkluderat jämförelser mellan förekomsten av näringsämnen och spårelement i ekologisk och konventionell mjölkproduktion, t ex innehållet i mjölk och gödsel. Inom ett par projekt har studier bedrivits på Öjebyns forskningsstation där det pågått ett fullskaleförsöket med ekologisk och konventionell mjölkproduktion sedan 1988. Det ena projektet handlade om kadmium (Cd) i ekologiska och konventionella mjölkkor och det andra var en 3-årig studie av flöden och balanser av näringsämnen och spårelement på gårds-, stall-, och fältnivå i de bägge systemen. Samtliga nämnda studier kommer i korthet att refereras här medan den muntliga presentationen i huvudsak kommer att handla om fältstudierna på Öjebyn.

Ekologisk och konventionell mjölk

Är ekomjök bättre (Björck, 2001)? Det är en fråga som studerats av Toledo m fl (2002) som undersökt mjölken från 31 KRAV-certifierade gårdar i Mellansverige. Som referens använde de 19 konventionella gårdar i samma område samt resultat från provmjölkningen. De fann inga eller små skillnader mellan ekomjök och konventionellt producerad mjölk. Det

var signifikant lägre halter av selen (Se) och urea i ekomjölken, vilket troligen avspeglar skillnader i fodersammansättning med mindre mineralfoder och mer hemmaproducerat grovfoder i ekoproduktionen.

Ekologisk och konventionell nötgödsel

Hur skiljer sig halten av näringsämnen och spårämnen i gödsel mellan djurslag, gödselhantering och olika driftsformer? Kan vi använda schablonvärden eller finns det behov av gårdsanalys? Detta var frågor som belystes i en svensk nationell stallgödselundersökning där tot-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Zn, Cu, Se, Cr, Ni, Pb och Cd analyserades bl a i fast- och flytgödsel från ekologiska och konventionella mjölgårdar (Andersson, 1999; Steineck m fl, 1999). Resultaten visade inga eller små skillnader mellan ekologisk och konventionell nötgödsel, förutom när det gäller svavel (S) och zink (Zn) där halterna var signifikant lägre i ekologisdelen. Detta berodde troligen på mindre andel raps och mineralfoder i foderstaten.

Kadmiumstudier i ekologiska och konventionella mjölkkor

Olsson m fl (2001) undersökte Cd-halten i mjölken samt i de kor som gick till slakt från fullskaleförsöket i Öjebyn. De fann signifikant lägre Cd halter i njure, lever och juvervävnad från ekologiska kor men ingen skillnad i musklerna. I mjölken var Cd-koncentrationen under detektionsgränsen i bägge systemen. Skillnader i foderstat med mindre koncentrat och mer egenproducerat grovfoder i det ekologiska systemet är den troliga förklaringen till de observerade skillnaderna.

Flöden och balanser av näringsämnen och spårämnen i ekologisk och konventionell mjölkproduktion på Öjebyn

Inom projektet 'Flöden och balanser av näringsämnen och spårämnen i olika produktionssystem' har vi ställt frågan 'Hur uthålliga är olika produktionssystem?' Detta studerar vi genom att mäta och modellera förråd, flöden och balanser av näringsämnen och spårämnen i systemet mark – växt – djurprodukt/gödsel. Näringsutnyttjande, förluster till den externa miljön, anrikning/utarmning i marken och produkternas ämnesinnehåll är olika aspekter som ingår i projektet. Helena Bengtssons doktorandstudier är en del av detta arbete med huvudsyfte att titta på tids- och rumsvariationer i flöden i mark-växt systemet för att få ett mått på de

osäkerheter som finns i näringsbalanser (Bengtsson m fl; 2001; 2003; 2004).

Öjebyns forskningsstation ligger 6 km NV om Piteå i Norrbotten. Sedan 1988 bedrivs ekologisk och konventionell mjölkproduktion parallellt inom det sk Öjebyn-projektet (Jonsson, 1998). I de bägge systemen finns 50 mjölkkor vardera som hålls i olika ladugårdar med separat hantering av gödsel och urin. Totalt 100 ha åkermark är fördelat på 55 ha ekologisk odling och 45 ha konventionell odling. Växtföljden är sexårig och består av (1) grönfoder, havre/ärt med insädd, (2) vall I, (3) vall II, (4) vall III, (5) korn och (6) potatis/grönfoder.

Fältbalansstudier visade att tillförseln av P är ungefär lika stor som bortförseln såväl i den ekologiska som i den konventionella växtföljden (Bengtsson m fl, 2003). När det gäller Mg, Zn och Cd var tillförseln större än bortförseln i bägge systemen, medan det motsatta förhållandet gällde för Cu. Kaliumbalansen var negativ i det ekologiska systemet medan den var positiv i det konventionella systemet. Negativa K-balanser i den ekologiska växtföljden observerades även under den första växtföljden.

Vittringsbidraget var av avgörande betydelse för den långsiktiga kaliumförsörjningen i det ekologiska systemet om inte någon form av K-gödsel tillfördes (Öborn m fl, 2001; Holmqvist m fl, 2003). Resultaten från stallbalansstudien visade en självförsörjande grad på foder som var 70% i det ekologiska och 50% i det konventionella systemet (Gustafson m fl, 2003). Undersökningen av K-, P- och Zn-flöden och förråd i kedjan foder-djurprodukter/gödsel och urin visar inga eller små skillnader mellan systemen. Det var signifikant lägre K-halt i det ekologiska ensilaget, en skillnad som dels kan bero på högre klöverandel och dels på mindre tillgång på växtrillgängligt K i det ekologiska systemet. I övrigt var det inga signifikanta skillnader i K-, P- eller Zn-konc i de ingående foderkomponenterna. En beräkning av näringsstillförseln (K, P och Zn) till kornas visade att hemmaproducerat foder inte täcker djurens behov av P och Zn.

Sammanfattande diskussion och slutsatser

De jämförande studierna visar inga eller små skillnader mellan ekologisk och konventionell mjölkproduktion med avseende på närings- och spårelementhalter i foder, gödsel och produkter etc. Det indikerar att det bör gå att klara näringssituationen i ekologisk mjölkproduktion genom dialog mellan bönder, rådgivare och forskare och med ett regelverk som

främjar långsiktig uthållighet, dvs tillåter tillförsel av fodermineraler för att kompensera för mineraler som förs bort med mjölken. På lätta jordar och mulljordar kan även behövas någon form av K-gödsling. Markanalyser och analyser av hemmaproducerat foder är ett bra komplement till gårdsspecifika näringsbalansberäkningar för att upprätta näringsbalansen i produktionen (Öborn m fl, 2003).

Litteratur

- Andersson, A. 1999. Stallgödselanvändningen – miljö och uthållighetsaspekter. Fakta Jordbruk, Nr 19 1999, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Bengtsson, H., Öborn, I., Andersson, A., Nilsson, I., Salomon, E. & Jonsson, S. 2001. Annual variation in cadmium and zinc fluxes and balances at field level in organic and conventional dairy farming. Extended abstract. International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements 2001 Proceedings, University of Guelph, Canada, p. 489.
- Bengtsson, H., Öborn, I., Jonsson, S., Nilsson, I. & Andersson, A. 2003. Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming – a case study at Öjebyn, Sweden. European J of Agronomy 20, 101-116.
- Bengtsson, H., Öborn, I. & Jonsson, S. 2004. Variability in macronutrient and trace element fertilizers and crop fluxes in organic and conventional dairy farming - contribution to the uncertainty in three years field balance calculation (Manuskript)
- Björck, L 2001. Är eko-mjölken bättre? Livsmedelsteknik 6-7/01, 10.
- Jonsson, S., 1998. Comparison between organic and conventional milk production in full scale- The Öjebyn project. Proc. of 3rd Circumpolar Agricultural Conference, Anchorage, Alaska, USA.
- Gustafson, G.M., Salomon, E., Jonsson, S. & Steineck, S. 2003. Fluxes of K, P and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure and urine – a case study at Öjebyn, Sweden. European J of Agronomy 20, 89-99.

- Holmqvist, J., Falk Øgaard, A., Öborn, I., Edwards, T., Mattsson, L. & Sverdrup, H. 2003. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils. *European J of Agronomy* 20, 149-163.
- Olsson I-M Jonsson S Oskarsson A 2001. Cadmium and zinc in kidney, liver, muscle and mammary tissue from dairy cows in conventional and organic farming. *J of Environmental Monitoring* 3, 531-538.
- Steineck S Gustafson G Andersson A Tersmeden M & Bergström J 1999. Stallgödselns innehåll av växtnäring och spårelement. Naturvårdsverket Rapport 4974, 1-28.
- Toledo P Andrén A & Björck L 2002. Composition of raw milk from sustainable production systems. *International Dairy Journal* 12, 75-80.
- Öborn, I., Holmqvist, J och Witter, E. 2001. Vittring kan täcka kaliumbrist på vissa jordar. Fakta Jordbruk, Nr 17 2001, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I. & Richert Stinzing, A. 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European J of Agronomy* 20, 211-225.

Växtnäringsbalanser på ekologiska gårdar

Plant nutrient balances on organic farms

Anna Nyberg, SLU, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för precisionsodling
Box 234, 532 23 SKARA. E-post: anna.nyberg@mv.slu.se

Inledning

Ekologiskt lantbruk ska vara uthålligt, men hur uthålligt är systemet om man tär på markens resurser? Hur undviks utarmningsproblem samtidigt som markens bördighet bevaras? Förutom att växtnäring bortförs med skördade produkter kan förluster av växtnäring ske genom bl.a. utlakning och avgång av kväve till luften. Markens kväveleverans förbättras visserligen genom kvävefixering vid odling av baljväxter och vall, men fosfor- och kaliumtillståndet är beroende av inköpta resurser förutom markens leveransförmåga. Om det är obalans i fråga om växtnäring mellan produkter in och ut från gården blir det antingen en utarmning eller anrikning i marken. Med hjälp av växtnäringsbalanser kan man följa utvecklingen både på gårdsnivå och skiftesnivå.

I följande text redovisas gårds- och skiftesbalanser för framför allt fosfor och kalium men även kväve.

Material och metoder

För att belysa uthålligheten i ekologiskt lantbruk med avseende på växtnäringsfrågor har växtnäringsbalanser enligt Jordbruksverkets STANK-modell gjorts. Här kommer data från två gårdar i Västsverige att redovisas, en mjölkkogård och en växtodlingsgård. Uppgifterna är insamlade i samband med olika dokumentationsprojekt ute på gårdarna. Både gårdsvisa och skiftesvisa balanser redovisas. STANKs standardvärden användes till gårdsbalanserna och till fosfor- och kaliumvärden på mjölkkogårdens skiftesbalanser. För växtodlingsgården finns fosfor och kalium i skördarna analyserade och dessa har använts i skiftesbalanserna.

De gårdsvisa växtnäringsbalanserna innehåller data från 1996-2000. Uppgifter samlades in varje år och årsvisa balanser på gårdsnivå är gjorda. Gårdsbalansen för mjölkkogården bygger på inköpt foder, mineraler,

utsäde och halm samt försålda animaliska produkter och växtprodukter. På växtodlingsgården baseras den på utsäde och gödsel som tillförts åkermarken samt växtprodukter bortförda från åkermarken. För båggetyper av gårdar är kvävedeposition samt kvävefixering hos klöver, ärt och åkerböna beräknad. Åren 1999-2000 är inte kvävefixeringen i vallarna medtagen i balansen. Observera att kväveförluster i form av utlakning, denitrifikation och ammoniakförlust inte är medtagna i någon av balanserna.

För de skiftesvisa balanserna finns för växtodlingsgården uppgifter från 1996-2000 och för mjölkkogården från 1996-2003. Skördarna har registrerats genom vägning på mjölkkogården och genom volymmätning på växtodlingsgården. Hösten 1996 linjekarterades växtodlingsgården och våren 1997 mjölkkogården.

Resultat

Gårdsbalanser

I gårdsbalanserna redovisas medelårsvärdet ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) och totala mängden kg ha^{-1} (tabell 1) för 1996-2000. Årsbalansen visar inte så stora skillnader mellan de två gårdarna. I den ackumulerade balansen ser vi dock en större bortförsel på växtodlingsgården.

Tabell 1. Växtnäringsbalans på en växtodlings- och en mjölkkogård, 1996-2000. Medelvärde ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) och ackumulerad mängd (kg ha^{-1}) av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Kvävefixeringen i vallarna 1999-2000 är inte med i balansen *Table 1. Plant nutrient balances on one arable and one dairy farm, 1996-2000. Average ($\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$) and accumulated (kg ha^{-1}) of nitrogen, phosphorus and potassium. Nitrogen fixation in leys 1999-2000 are not included*

	Medelvärde / Average $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$						Ackumulerad mängd / Accumulated kg ha^{-1} kg ha^{-1}					
	Mjölk Dairy			Växtodling Arable			Mjölk Dairy			Växtodling Arable		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Tillfört / input												
Fodermedel ¹	36	7	6				179	36	29			
Vegetabilier ²	11	1	3	5	1	1	53	7	14	24	3	5
Gödselmedel ³	1			4	2		1			4	2	0
N-fixering ⁴	32			44			95			177		
N-nedfall ⁵	8			8			42			40		
Summa / Sum	87	9	9	61	2	1	370	43	43	245	4	5
Bortfört / output												
Växtprodukter ⁶	5	1	6	40	5	10	16	2	19	201	26	48
Djurprodukter ⁷	33	7	9				163	34	45			
Summa / Sum	38	8	15	40	5	10	179	36	64	201	26	48
Tillfört-Bortfört⁸	49	1	-7	21	-3	-9	191	7	-21	44	-22	-43

1. Fodder, 2. Plant products, 3. Fertilisers, 4. N-fixation, 5. N-deposition, 6. Plant products, 7. Animal products, 8. Input-Output

Skiftesvisa balanser

På växtodlingsgården som ligger på en lerjord har skiftesvisa balanser för 1996-2000 räknats ut. I tabell 2 redovisas de skiften som hade de största mängderna bortförda näringsämnen. För mjölkkogården på den lättare jorden har balans räknats ut för 1996-2003 (tabell 3). Alla skiften linjekarterades hösten 1996 alternativt våren 1997.

Tabell 2. Skiftesvisa balanser på en växtodlingsgård. Medelvärde för 1996-2000 ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) och ackumuleradmängd (kg ha^{-1}) av fosfor (P) och kalium (K).

Markkarteringsvärden P-AL, K-AL, P-HCl och K-HCl omräknade till mängd $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ and accumulated (kg ha^{-1}) phosphorus and potassium. Soil mapping values P-AL, K-AL, P-HCl och K-HCl recalculated into kg ha^{-1}

Skifte Field	Balanser 1996-2000 Balances 1996-2000				Markkartering hösten 1996 Soil mapping autumn 1996			
	$\text{Kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}	
	P	K	P	K	P	K	P	K
	$\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
10	-5	-8	-24	-39	45	340	1 090	7 055
11	-8	-10	-54	-71	70	305	1 205	6 830
13	-6	-9	-37	-53	40	410	1 175	7 390
15	-3	-4	-18	-26	75	400	1 230	6 805
16	-5	-6	-23	-31	75	380	1 430	6 970
18	-7	-8	-47	-55	110	385	1 625	7 670
19	-4	-8	-31	-54	90	370	1 370	5 965
20	-2	-3	-11	-13	215	405	2 130	7 055

Tabell 3. Skiftesvisa balanser på en mjölkkogård. Medelvärde för 1996-2003 ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) och ackumuleradmängd (kg ha^{-1}) av fosfor (P) och kalium (K).

Markkarteringsvärden P-AL, K-AL, P-HCl och K-HCl omräknade till mängd $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ and accumulated (kg ha^{-1}) phosphorus and potassium. Soil mapping values P-AL, K-AL, P-HCl och K-HCl recalculated into kg ha^{-1}

Skifte Field	Balanser 1996-2003 Balances 1996-2003				Markkartering våren 1997 Soil mapping spring 1997			
	$\text{Kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}		kg ha^{-1} kg ha^{-1}	
	P	K	P	K	P	K	P	K
	$\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
1	-9	-52	-71	-419	415	240	2 240	1 120
2	-5	-52	-63	-678	220	280	1 625	1 710
3	-8	-46	-129	-786	345	215	2 045	785
4	-1	-29	-17	-401	250	190	1 710	755
5	-1	-20	-11	-178	205	300	1 595	1 400
7	-6	-30	-47	-241	245	330	1 710	1 260

Diskussion

De gårdsvisa balanserna visade på en årlig fosforbalans på $-3 - 1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ och för kalium på $-9 - (-7)$. Detta stämmer bra överens med tidigare undersökningar. Myrbäck (1999) visade på en variation i fosforbalansen på ekologiska mjölkkgårdar på $-16 - 16$ och i kaliumbalansen med $-7 - 41 \text{ kg ha}^{-1}$. Nyberg och Lindén (2000) visade på fosforbalanser på $-1 - 4$ och kalium $-9 - 10 \text{ kg ha}^{-1}$ på mjölkkgårdar och för växtodlingsgårdar P $-6 - 4$ och K $-12 - 1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Løes (2003) visade kaliumbalanser på ekologiska gårdar på $-15 - 32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ och fosforbalanser på $-3 - 12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

För växtodlingsgården kan man se att den gårdsvisa och de skiftesvisa balanserna stämmer överens med varandra. Det gör det däremot inte för mjölkkgården där man i de skiftesvisa balanserna ser det flöde av kalium i vallfodret som man inte ser i den gårdsvisa balansen.

Jämförs den totala mängden bortförd fosfor på ett skifte med den mängd som finns enligt markarteringen, ser vi att det tär på de lättlösliga förråden. Men både växtodlingsgården och mjölkkgården har ett bra fosforförråd. För det bortförda kaliumet ser det bra ut för växtodlingsgården då den ligger på lättlera och har stora förråd. Mjölkkgården däremot ligger på svagt leriga mo-jordar och har en mycket större bortförel. En uppföljning med en ny markartering skulle vara intressant för att se hur tillstånden i marken har ändrat sig.

Litteratur

- Løes, A.K. 2003. Studies of the availability of soil phosphorus (P) and potassium (K) in organic farming systems, and of plant adaptations to low P- and K-availability. Doctoral thesis 2003:29, Agricultural University of Norway. ISBN: 82-575-0569-2
- Myrbäck, Å. 1999. Växtnäringsflöden och -balanser på gårdar med olika driftsinriktningar – En studie av 1300 svenska gårdar. SLU. Meddelande från Jordbearbetningsavdelningen, Nr. 30.
- Nyberg, A. & Lindén, B. 2000. Dokumentation av ekologiska växtodlingsgårdar i västra Sverige 1996-98. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU. Rapport 6. Serie B Mark-växter.

Kvävförsörjning på ekologiska gårdar och effektivitet hos KRAV-godkända gödselmedel

Nitrogen supply to crops in organic farming and yield effects of certified organic fertilisers

Börje Lindén, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Box 234, 532 23 Skara. E-post: borje.linden@mv.slu.se

Avkastning i ekologisk odling

Kvävetillgången i det ekologiska jordbruket baseras i huvudsak på baljväxers kvävefixering. Härigenom försörjs grödorna med kväve dels direkt, när det gäller baljväxter (inkl. t.ex. klövervallar), och dels indirekt (t.ex. stråsåd) genom N-efferverkan och/eller gödsling med stallgödsel, vars kväveinnehåll då också i huvudsak härstammar från baljväxter. I ekologisk odling kan baljväxter (inkl. vallar) i princip ge lika goda skördar som i konventionell odling, medan avkastningen av spannmål m.fl. icke-leguminoser tenderar att bli mindre. Orsaken är främst att kvävetillgången genom efferverkan och tillförsel av stallgödsel, även om sådan finns, är begränsad.

I en undersökning 1996-1998 i Västsverige på sju ekologiskt drivna gårdar med mjölkproduktion fastställde Arnesson (2000) avkastning av vall (med minst två skördar per år) motsvarande i medeltal totalt 6000 kg ts/ha. De Normskördarna för vall i samma områden uppgick till 5700 kg ts/ha. De jämförelsevis goda vallskördarna på de ekologiska gårdarna möjliggjorde en mjölkavkastning på 8400 kg ECM per ko och år 1995-99, vilket var drygt 3 % över riksgenomsnittet i kokontrollen. Kärnskörderna av korn varierade mellan ca 2000 och 4000 kg per ha, vilket var 12 % under normskördarna (konventionell odling). För havre blev avkastningen dock i nivå med normskördarna.

I en motsvarande undersökning 1996-98 på sex ekologiskt drivna gårdar utan djur i Västsverige fastställde Nyberg & Lindén (2000) följande genomsnittliga skördenivåer: höstvete 3100 kg/ha (normskördar 5200-6500 kg/ha), höstråg 2200 kg (normskördar 3800-5300), korn 2400 kg (3100-

4300 kg) och havre 3100 kg (3200-3800 kg). Skördesänkningen i jämförelse med normskördarna var här påtagligare än på de nämnda djurgårdarna. N-försörjningen baserades till övervägande delen på odling av baljväxter och gröngödslingsvallar som förrukter. I ett fältförsök på Lanna försöksstation i Västergötland, där stråsäd i en ekologisk växtföljd odlades varannat år med baljväxter under mellanåren, konstaterade Haak et al. (1994) en avkastning av höstvete, korn och havre under åren 1979-1990 med i medeltal 69 % av skördarna i en växtföljd med konventionell odling.

Kvävförsörjning i ekologisk odling

I fältförsök på konventionellt drivna gårdar fastställde Lindén (1987), att mängden för grödorna utnyttjbart jordkväve efter stråsäd i medeltal motsvarade 60 kg N/ha på gårdar utan djur ($n = 38$) och 80 kg N/ha på djurgårdar ($n = 59$). Den bättre jordkvävetillgången på de senare måste bero på långvarig efterverkan av stallgödsel och vallar. I ekologisk odling har man hårtill i större utsträckning baljväxtgrödor som förrukter till stråsäd, och man bör därför i princip kunna tillgodogöra sig mer kväve än efter stråsäd. Lindén (1997) och Lundström & Lindén (2001) fann i nio resp. 15 fältförsök på fält på ekologiska gårdar, med övervägande vallar eller ettåriga baljväxter som förrukter, att grödan (stråsäd) i genomsnitt utnyttjade 90 kg jord-N per ha. Detta gav i respektive undersökning skördar på i genomsnitt 4200 och 3400 kg/ha i försök där höstvete ingick. För större avkastning behövdes mer kväve. Höstveteskördar på 7-8 ton/ha i konventionell odling fordrar erfarenhetsmässigt en N-tillgång på 225-250 kg N/ha (summa gödsel-N och utnyttjbart jord-N). För vårkorn med skördar på ca 6000 kg/ha krävdes enligt Lindén (1987) en N-tillgång på ca 200 kg N/ha.

Olika förrukters kväveefferverkan

Som nämnts kan stråsädesgrödornas kvävförsörjning i ekologisk odling förbättras med bl.a. baljväxter som förrukt. Möjligheterna till detta belyses i tabell 1, där situationen vid övergång från konventionell till ekologisk odling illustreras. För olika slag av förrukter kan man dock i allmänhet bara räkna med en N-efferverkan på ca 30 kg N/ha, även om gröngödslingsvallar kan ge bättre effekt. På gårdar utan djur, som läggs om till ekologisk drift, kan man i normalfallet då räkna med en samlad N-tillgång (utnyttjbart jord- och förruktskväve) på ca 90 kg N/ha och på djurgårdar 110 kg N/ha (tabell 1). Detta innebär att det finns ett behov av ytterligare

kväve i ekologisk odling för att bättre utnyttja grödornas avkastningspotential. Detta måste då tillgodoses genom inköp av gödsel till gårdarna.

Verkan av KRAV-godkända gödselmedel i ekologisk odling

I vissa fall har man på ekologiska gårdar tillgång till stallgödsel från konventionellt drivna gårdar i samma trakt. Andra möjligheter är att köpa kycklinggödsel, som säljs i handeln, eller att utnyttja avfallsprodukter från livsmedelsindustrin. Saluförda s.k. KRAV-godkända gödselmedel innehållande kycklinggödsel är Binadan från Danmark och Biofer Vall 2-1-15, som säljs av Svenska Lantmännen. Härtill kommer kött-, blod- och benmjöl, som ingår i olika produkter under namnet Biofer, samt Vinass som är en avfallsprodukt från jästtillverkning. Ytterligare en möjlighet vore humanurin, men enligt EU:s regler är denna inte tillåten för användning i ekologiskt jordbruk.

Tabell 1. Växttillgängligt jord- och förfruktskväve (kg N/ha) vid övergång från konventionell till ekologisk odling

Table 1. Plant-available nitrogen (kg N/ha) from soil and preceding crops following conversion from conventional to organic farming. Omkr. = about

Kvävekällor Nitrogen sources	Gårdar utan djur <i>Farms without animals</i>	Gårdar med djur, ca 1 djurenhet/ha <i>Farms with ani- mal production</i>
	Omkr. 60	Omkr. 80
Utnyttjbart jordkväve efter stråsäd <i>Plant-available soil N following cereals</i>		
Tillskott av kväve genom olika förfrukter: <i>Additional N following different precrops:</i>		
Ärter Peas	25-30	25-30
Akerbönor Horse beans	25-30?	25-30?
Klövergräs- och klövervall Grass-clover	20-40	20-40
Gräsvall Grass leys	Omkr. 0	Omkr. 0
Fånggröda, rajgräs Catch crop, ryegrass	Omkr. 0	Omkr. 0
Bottengröda, vitklöver Undersown wh. clover	20-40 (60)	20-40 (60)
Gröngödslingsgröda (klöver) green manure	40-60	40-60
Helträda Fallow, frequently harrowed	20-70	20-70
EU-träda, stubbåker Stubble fallow	10-30	10-30
Ungefärligt genomsnitt Average	30	30
Summa kvävetillgång (jord och förfrukter) <i>Sum of plant-available N</i>	90	110

Försök med ekologiska gödselmedel påbörjades här i landet i slutet av 1980-talet (se översikt av Bergman, 2000). I en försöksserie 1996 med övergödning av Biofer 10-4-0 och Binadan 5-2-4 i vårvete erhöles bara 2-3 % skördeökning, medan det vid yttlig nedbrukning under vårbuket blev något bättre skördeökningar (Lindén, 1998). En slutsats var att gödselmedlen borde myllas djupare eller radgödsas vid sådd för bättre verkan. Lundström & Lindén (2001) fann dock att radmyllning av Biofer 10-4-0 och Binadan 6-3-12 till vårvete och korn bara höjde kärnsörden med 200-300 kg/ha.

I 15 ettåriga fältförsök 1997-99 med ekologiskt höstvete undersöktes verkan av humanurin, Biofer 10-4-0 och Binadan 5-2-4 av Lundström & Lindén (2001), se tabell 2. Humanurinen, som bandspreddes och till sin verkan bör kunna jämföras med kreatursurin, gav högre skördar än Biofer och Binadan. Proteinhalterna blev dock låga (8,8-9,9 % av ts) för alla tre gödselslagen.

Tabell 2. Verkan av gödselmedel i ekologisk odling: kärnsörd, proteinhalt, skördeökning (kg kärna per kg N) och gödselvävets utnyttjandegrad (utnyttjat gödsel-N i hela örden i % av N-givan) i 15 ettåriga försök 1997-99 med höstvete i ekologisk odling, jämfört med användning av handelsgödselkväve enligt produktionsfunktioner publicerade av Mattsson & Kjellquist (1992)

Table 2. Effects of organic fertilisers used in organic farming: Grain yield, protein content, yield increase (kg of grain per kg fertiliser N) and fertiliser N efficiency (used fertiliser N in crop in relation to N-rate) in 15 annual field trials with winter wheat 1997-99, compared to effects of mineral fertilisers according to Mattsson & Kjellquist (1992). Humanurin = human urine. Medeltal = mean

Gödselmedel	N-giva, kg/ha	Kärnsörd, kg/ha	kg kärna per kg N	Protein, % av ts	Utnyttjandegrad, %
Fertiliser	N rate	Grain yield	kg of grain per kg N	Protein, % of DM	N efficiency, % of N rate
Utan gödsling	0	3370		9,0	
Humanurin (bandspridning)	40	4120	19	8,8	58
(band spreading)	80	4820	18	9,2	54
Medeltal Mean	120	5310	16	9,9	58
		4750	18	9,3	57
Biofer 10-4-0	40	3800	11	8,9	32
(bredspridning)	80	4170	10	9,3	31
(broadcasting)	120	4550	10	9,9	31
Medeltal Means		4170	10	9,4	31
Binadan 6-3-12	40	3930	14	8,9	33
(bredspridning)	80	4450	14	9,1	27
(broadcasting)	120	4880	13	9,6	34
Medeltal Mean		4420	14	9,2	31

- Lindén, B. 1997. Humanurin som kvävegödselmedel tillfört i växande gröda vid ekologisk odling av höstvetete och havre. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 1.
- Lindén, B. 1998. KRAV-godkänd gödselmedel till vårvete i ekologisk odling. Försök i Väst, försöksrapport 1998. Hushållningssällskapet Skara, 20-21.
- Lundström, C. & Lindén, B. 2001. Kväveeffekter av humanurin, Biofer och Binadan som gödselmedel till höstvetete, vårvete och vårkorn i ekologisk odling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter, nr 8.
- Mattsson, L. & Kjellquist, T. 1992. Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurghållning. Avd. för växtnäringsslära, Inst. för markvetenskap, SLU, rapport 189.
- Nyberg, A. & Lindén, B. 2000. Dokumentation av ekologiska växtodlingsgårdar i västra Sverige 1996-98. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, nr 6.

Vad skulle vi behöva veta mera om växtnäringshushållningen i ekologisk odling?

What do we need to know more about nutrient management in organic farming?

Centrum för uthålligt lantbruk, CUL, Box 7047, 750 07 Uppsala
Ulrika.geber@cul.slu.se

CUL arbetar på olika sätt med frågor om växtnäringshushållning i ekologiskt lantbruk. I det ramprogram för forskning som CUL publicerar vart tredje år, beskrivs prioriterade forskningsfrågor inom bl.a. detta område. I samarbete med Mat21 har rundabordsamtal kring kvävehushållning arrangerats med forskare som arbetat med frågan utifrån olika utgångspunkter. CUL har också tagit initiativ till ett syntesarbete om reglerna för ekologiskt lantbruk som ett verktyg att uppnå uppställda mål. (www.cul.slu.se)

Mål

I forskningen kring förbättrad växtnäringshushållning inom ekologisk odling bör utgångspunkten vara tydlig, d.v.s. vilka mål som ska uppfyllas. Växtnäringshushållningen berör flera av det ekologiska lantbrukets målformuleringar (www.ifoam.org/standard/norms/ibs.pdf; [www.ekolantbruk.se/näringspolitik/jordbrukspolitik/policydokument](http://www.ekolantbruk.se/näringspolitik/jordbrukspolitik/policydokument;);). De mål som närmast berörs är:

- Markens och det övriga ekosystemets långsiktiga produktionsförmåga bevaras och stärks
- Lokal resursanvändning främjas och användningen minimeras av energi och framförallt fossila bränslen och andra icke förnybara naturresurser, liksom utsläpp av föroreningar,
- Livsmedel och fodermedel av hög kvalitet produceras

För att uppnå dessa mål finns regelverk, internationellt (EEG 2092/91) och nationellt (KRAV). Förutom dessa mål bör regeringens miljökvalitetsmål vara utgångspunkt.

De mål som berör växtnäringshushållningen är målen om:

- ingen övergödning och indirekt:
- levande sjöar och vattendrag

samt regeringens mål om att utveckla:

- resurssnåla och giftfria kretslopp

Styrmedel

Regelverket för ekologiskt lantbruk har bl.a. utarbetats för att garantera konsumenterna ett mervärde, att produktionen skett på ett sätt som bidrar till att målen uppfylls samt att garantera producenterna ett merpris. Regelverket är resultatet av en dialog mellan bl.a. producenter, förädlingsindustri, miljöorganisationer, konsumenter och forskare. Revidering av regelverket sker kontinuerligt i dialog med dessa aktörer. Ny kunskap bidrar till att utveckla regelverket så att målen uppfylls. Generellt är utvecklingen av överenskomna regler, såväl formella som informella (t.ex. KRAV-regler och ”god lantbrukarsed”), av stor betydelse för att uppnå målen inom såväl ekologisk produktion som regeringens miljökvalitetsmål. Forskningsbehovet kring hur denna utveckling kan ske på ett rationellt, effektivt och godtagbart sätt är stort, även om det inte är fokus för dagens seminarium.

Utgångspunkten för dagens seminarium blir: Hur kan forskningen inom naturvetenskap, på fält- och gårdsskala, bidra till förbättrad målpuppfyllelse?

Kunskap om i vilken mån växtnäringförsörjningen kan styras

Det finns behov av att utveckla strategier för att med platsbundna resurser (t.ex. kvävefixering, effektiv interncirkulering och vittring) ge ökad precision i tid och rum för tillgänglighet av kväve, fosfor och kalium. För att ge en realistisk bild av förutsättningarna att styra tillgängligheten på växtnäring är det viktigt att inkludera platsbundna förutsättningar som jordart, pH, klimat och inte minst variation i väderlek i dessa strategier. Fukt och temperatur styr på ett avgörande sätt tillgängligheten av växtnäring och det är en utmaning för forskarsamhället att inkludera dessa faktorer i kunskapsupbyggnaden om växtnäringförsörjning.

Det behövs syntes av nuvarande kunskap vad gäller kortsiktig (förfruktseffekt) och långsiktig mineralisering/immobilisering av organiskt kväve. Det bör ske i relation till djurintensitet, stallgödseltillförsel, andel vall och vallblandningar, gröngödslings- och fänggrödor i växtföljden, på olika typer av jordar. Kunskap om tidpunkten för jordbearbetning i relation

till sammansättningen på den gröda som bryts behöver byggas upp ytterligare. Vallens betydelse för växtnäringshushållning behöver vägas samman med inverkan på markstruktur och rotutveckling samt på ogräs och växtskydd. Det gäller inte minst på gårdar utan djurhållning.

Kretslopp

De huvudsakliga växtnäringsslödena sker inom jordbruket. För att nyttja dessa kretslopp på ett effektivt sätt behöver gårdssystemen utvecklas med en ökad integrering av djurhållning och växtodling. För tätare kretsloppsslöden mellan jordbruk och samhälle behövs forskning och kriterier för lämpliga gödselmedel att använda i den ekologiska odlingen. Ett starkt samband mellan foder – djur – stallgödsel - växtodling med ökande andel egenproducerat foder, inverkar på gårdens växtnäringssbalans och riskerna för växtnäringssförluster. Dessa effekter behöver kartläggas och studeras. Samverkan mellan gårdar med och utan djurhållning för bättre växtnäringssförsörjning på växtodlingsgårdar behöver utredas. Stallgödselhanteringen behöver studeras i ett helhetsperspektiv, där t.ex. djuromsorg, klimat och jordart ingår och där potentialen att minimera risker för förluster vid flyt- och fastgödselhantering vägs mot varandra.

Biogasrötning av gröngödslingsgröda samt gödsling med rötrest har förts fram som en möjlighet för ökad precision av fixerat kväve till efterkommande gröda. Modellen behöver utveckling av resurssnåla tekniker och utvärdering.

Intensitet

Slutsatser från jämförande fältförsök i Sverige visar att utlakningen av kväve teoretiskt sett minskar per ytenhet vid en övergång till ekologiskt produktion, men att utlakningen varierar per producerad enhet, beroende på produkt. För spannmål är utlakningen större vid ekologisk produktion. Däremot finns få studier om gödslingsintensitet och utlakning på verkliga gårdar och skiften under olika betingelser och odlingsinriktningar. En typ av inventering där jämförbara odlingsinriktningar och odlingsbetingelser jämförs för ett antal indikatorer vad gäller växtnäringssförsörjning och växtnäringssläckage är ett redskap för att driva utvecklingen mot minskad övergödning.

Betydelsen av markmikroorganismernas aktivitet i ekologisk odling

The Significance of Soil Microbial Activity in Organic Farming

Sara Elfstrand*, Bengt Lundegårdh† och Anna Mårtensson*, *Institutionen för Markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Box 7014, 750 07 Uppsala. E-post: sara.elfstrand@mv.slu.se, anna.martensson@mv.slu.se, †Institutionen för Ekologi och Växtproduktionslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Box 7043, 750 07 Uppsala. E-post: bengt.lundegardh@evp.slu.se

Bakgrund

Tillgången på energi begränsar markmikroorganismernas aktiviteter. Genom tillsats av energirika organiska föreningar som t ex organisk gödsel stimuleras aktiviteten vilket yttar sig som en snabb konsumtion av lätt-tillgängliga kolhydrater följt av en allt långsammare omsättning av gradvis mer svårtillgängliga kolföreningar. Till följd av de olika gödslingsprinciperna inom ekologisk och konventionell odling är vår hypotes att den mikrobiella aktiviteten är högre i ekologisk odling till följd av god tillgång på organiska föreningar. Mot vår hypotes talar att tillförsel av lättlösligt kväve leder till en ökad biomasproduktion vilket också leder till en hög produktion av organiska skörderestprodukter som kan fungera som substrat för markmikroorganismerna.

I syfte att pröva vår uppställda hypotes har vi analyserat jordprover från ett långliggande fältförsök med avseende på ett antal markmikrobiella parametrar. Fältförsöket, beläget vid Ultuna, startades 1956 för att studera effekten av olika organiska gödselmedel och kvävegödselmedel på mark och gröda (Kirchmann et al., 1994). I försöket används olika gödselmedel vilka kan fungera som exempel på olika odlingssystem. De mikrobiella parametrar som vi har studerat är enzymaktiviteter och fettsyresammansättning. Aktiviteten av olika enzymer i marken är ett mått på den mikrobiella potentialen att omvandla organiskt bunden växtnäring. I följande rapport redovisas aktiviteten av fosfatas och aarylsulfatas, två mikrobiellt producerade enzymer som är aktiva i omvandlingen av organiskt bunden fosfor respektive svavel. Sammansättningen av olika mikroorganismer i marken har undersökts med hjälp av fettsyreanalys.

Fettsyror finns i cellernas membran och då de är specifika för olika organismer kan de användas för att kvantifiera olika mikrobiella grupper i marken.

Material och metoder

Analyserna gjordes på jordprover tagna i ramförsöket på Ultuna i maj 2003 (tabell 1). I varje försöksruta togs åtta stickprov, till ett djup av 15 cm, som sedan slogs ihop till ett samlingsprov. Direkt efter provtagning sållades jordproverna (4 mm) och förvarades sedan frysta fram till analysstillfället.

Tabell1. De olika behandlingarna i ramförsöket på Ultuna där provtagningar gjordes

Table 1. The different treatments in the Ultuna long-term trial where the samplings were done

Försöksled	Gödselmedel	Mängd (per ha och år)	Exempel odlingssystem
B	ogödslad, beväxten		--
C	kalciurnitrat	80 kg N	konventionellt
H	grönmassa	2 ton C	ekologiskt
J	stallgödsel	2 ton C	ekologiskt
N	sågsåpn, kalciurnitrat	2 ton C resp. 80 kg N	--
O	rötslam	2 ton C	--

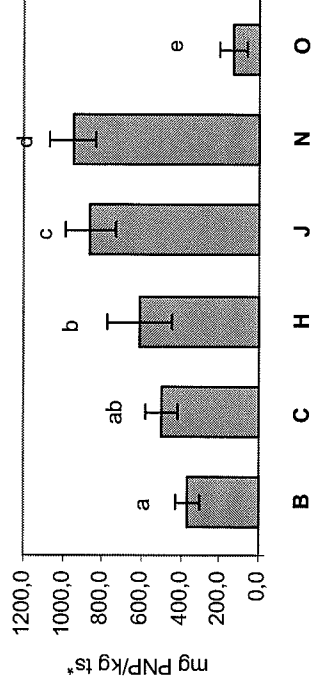
Fosfatasaktiviteten analyserades enligt Schinner et al. (1996). Två g jord inkuberades med PNP-P (paranitrofenylfosfat), ett syntetiskt substrat som omvandlas av fosfatas till PNP (paranitrofenol), i 2 h vid pH 6.5 och temperaturen 25°C. Absorbansen vid 400 nm användes som ett mått på koncentrationen PNP efter inkubationen. Arylsulfatasaktiviteten analyserades enligt Tabatabai (1994). Ett g jord inkuberades med PNP-S (paranitrofenylsulfat) i 1 h vid pH 5.8 och temperaturen 37°C. Absorbansen vid 420 nm användes som ett mått på koncentrationen PNP efter inkubationen. Innan inkubationen tillsattes toluen vilket ökar den mätbara aktiviteten i jorden. Både fosfatas- och aarylsulfatasaktivitet anges som mg bildad PNP per kg torr jord och timme.

Fettsyresammansättningen analyserades enligt Frostegård och Bååth (1996). Lipider extraherades från jorden med en blandning av kloroform, metanol och citratbuffert. Lipiderna fraktionerades sedan i neutrala, glyko- och fosfolipider. Därefter omvandlades fosfolipiderna till metylestrar som separerades på en GC. Totalt detekterades 32 fettsyror och av dem valdes 12 ut som bakteriefettsyror (i15:0, a15:0, i15:0, i16:0, 16:1ω9, 16:1ω7t,

i17:0, a17:0, 17:0, cy17:0, 18:1 ω7 och cy19:0). Fettsyran 18:2ω6 användes som indikator för svampbiomassa.

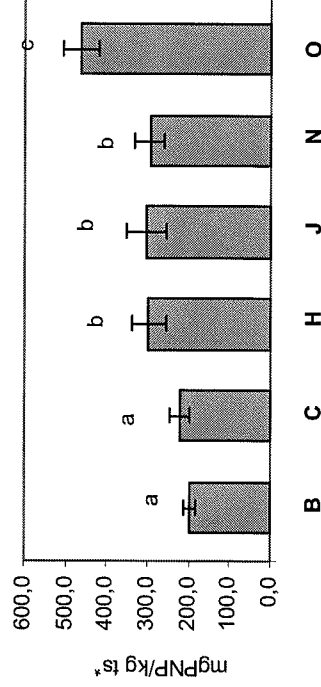
Resultat och diskussion

Figur 1a och 1b visar att aktiviteten av fosfatas och arysulfatas är signifikant högre i de led som gödslas med organiska gödselmedel. Ledet som gödslas med kalciumnitrat visar ej någon skillnad i aktivitet jämfört med kontrollen, varken för arysulfatas eller fosfatas. Dessa resultat verifierar således vår hypotes att den mikrobiella aktiviteten är högre i ekologiska odlingssystem. Undantaget är ledet som gödslas med rötslam där arysulfatasaktiviteten är kraftigt reducerad.



Figur 1a. Arylsulfatasaktivitet. Staplar med olika bokstäver (a-e) skiljer sig signifikant från varandra på 5%-nivån.

Figure 1a. Arylsulfatase activity. Bars with different letter (a-e) are significantly different at the 5% level.



Figur 1b. Fosfatasaktivitet. Staplar med olika bokstäver (a-c) skiljer sig signifikant från varandra på 5%-nivån.

Figur 1b. Phosphatase activity. Bars with different letter (a-c) are significantly different at the 5% level.

Det led som gödslas med rötslam uppvisar markanta skillnader i enzymaktiviteter. Fosfataseaktiviteten är signifikant högre än för övriga behandlingar, vilket sannolikt beror på en hög koncentration av fosfor i rötslammet. Den låga arylsulfatasaktiviteten är svårförklarad, men kan tänkas bero på de förhöjda tungmetallhalterna i rötslammet.

Den totala koncentrationen fettsyror (total PLFA, tabell 2) är en estimering av den mikrobiella biomassan i jorden. Här finns inga tendenser till en lägre biomassa i det led som behandlas med rötslam, utan samtliga led uppvisar en högre mikrobiell biomassa än den ogödslade kontrollen. De organiskt gödslade leden är signifikant högre än det mineralgödslade, vilket också bekräftar vår hypotes.

Tabell 2. Koncentrationen fettsyror (PLFA) angivna som nmol per gram ts i de olika behandlingarna. Värden med olika bokstäver (a-d) skiljer sig signifikant från varandra på 5%-nivån

Table 2. Concentration of fatty acids (PLFA) expressed as nmol per gram dry soil in the different treatments. Values with different letters (a-d) are significantly different at the 5% level

Försöksled	Svamp PLFA (nmol g ⁻¹ jord)		Total PLFA (nmol g ⁻¹ jord)		Bakterie PLFA (nmol g ⁻¹ jord)	
	Medel	SD	Medel	SD	Medel	SD
B	0,4		47,8 ^a		1,7	20,0 ^a
C	2,1		56,4 ^b		0,9 ^a	0,2
H	2,6		74,3 ^c		5,7	23,3 ^b
J	1,9		85,4 ^d		1,0 ^a	0,2
N	1,7		87,2 ^d		5,7	31,9 ^c
O	1,8		83,2 ^d		1,9 ^{ab}	0,4
					3,8	36,5 ^d
					1,3 ^{ab}	0,2
					2,4	37,1 ^d
					1,7 ^{ab}	0,2
					3,8	36,2 ^d
					2,2 ^b	0,1

Den konstaterade höga enzymatiska aktiviteten i försöksled tillsatta med organiska material tyder på en större potential att omsätta organiskt bunden näring. Det behöver dock inte betyda att hög enzymatisk aktivitet ökar tillgängligheten av växtnäringsämnen för grödan, då den mikrobiella biomassan konkurrerar med grödan om näring.

Publicerade rapporter rörande vilken betydelse markmikroorganismerna har i ekologisk odling i jämförelse med konventionella system tyder oftast inte på några dramatiska skillnader (Stockdale et al., 2002; Nannipieri et al., 2003). Till följd av upprepad långvarig tillförsel av organiska gödselmedel har dock schweiziska försök påvisat en ökad markbördighet och diversitet i fält odlade ekologiskt under 21 år (Mäder et al., 2002). I dessa försök konstaterades den högsta mikrobiella biomassan, högst dehydrogenasaktivitet, proteasaktivitet och fosfatasaktivitet i de ekologiska systemen. Samtidigt var skördarna från de ekologiskt odlade systemen 20% lägre trots att mängd tillförd näring och energi reducerats med 34 till 53% vilket visar att de ekologiskt odlade systemen var mindre beroende av externa tillsatsmedel och därmed hållbarare. Vad som kan konstateras är att det är viktigt att erhålla ökad kunskap om hur hela agrosystemen fungerar för att kunna utveckla effektiva odlingssystem.

Tack

Detta arbete har delvis finansierats av forskningsmedel från Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (FORMAS).

Litteratur

- Frostegård, A. & Bååth, E. 1996. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biol. Fert. Soil.* 22, 59-65.
- Kirchmann, H., Persson, J. & Carlgren, K. 1994. The Ultuna Long-term Soil organic Matter Experiment 1956-1991. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för markvetenskap. Reports and dissertations, 17.
- Mårtensson, A.M. & Lundegårdh, B. 2003. Organically produced plant foods-evidence of health benefits. *Acta Agric. Scand. Sect. B*, 53, 3-15.
- Mäder, P., Fliesbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. & Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296, 1694-1697.

- Nannipieri, P., Ascher, J., Cecchirini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G. & Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. *Eur. J. Soil Sci.* 54, 655-670.
- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.) (1996) *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Stockdale, E.A., Shepherd M.A., Fortune, S. & Cuttle, S.D. 2002. Soil fertility in organic farming systems-fundamentally different? *Soil Use Managm.* 18, 301-308.
- Tabatabai, M.A. 1994 Soil enzymes. In: Weaver, R.W., Angel G.S., Bottomley, P.S. (Eds.) *Methods of soil analysis, part 2. Microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America book series no. 5. SSSA, Madison, Wis., 816-818

Marknadens syn på växtnäringshushållningen i ekologiskt lantbruk

The market and the plant nutrition maintenance in organic production

Kjell Ivarsson, LRF, 105 33 Stockholm,
kjell.ivarsson@lrf.se

Konsumentens val av ekologiska livsmedel

De flesta konsumentundersökningar anger i första hand följande tre skäl till att man väljer att köpa ekologiska livsmedel: hälsa, livsmedelssäkerhet och djurens välfärd. På senare tid har även etik blivit ett allt tyngre argument. Något färre antal konsumenter anger miljöskäl som bekämpningsmedel och växtnäring. Bland dessa miljöfaktorer brukar kemiska bekämpningsmedel vara det skäl som väger tyngst.

Näringsens svar på konsumentens önskemål

LRF följer kontinuerligt konsumenternas prioriteringar av önskemål på produktionen. Frågan om livsmedelssäkerhet står alltid i fokus, och vi har internationellt sett en god säkerhet för våra livsmedel. Det proaktiva arbetet för djurens välfärd har pågått i flera decennier och gjort Sverige välkänt i omvärlden. Frågan om säkert växtskydd ledde till en kampanj med samma namn. Först fokuserades frågan om en säker hantering av bekämpningsmedel. Nu undersöks alltmer de inneboende egenskaperna hos bekämpningsmedlen för hälsa och miljö.

För närvarande pågår ett intensivt arbete med att nå de 15 nationella miljökvalitetsmål som har satts upp i Sverige. Det har då blivit allt tydligare att vi behöver anstränga oss mer för att inte växtnäringen som cirkulerar i jordbruket ska förloras till luft eller vatten i onödan och förorena extern miljö. LRF satsar både medel och personal i rådgivningskampanjen Greppa Näringen, som numera omfattar även frågor om Säkert Växtskydd. Det stora utbudet av Greppa Näringens aktiviteter och kunskapskällor finns att läsa på webbplatsen www.greppa.nu.

LRF:s syn på ekologisk produktion och växtnäringssfrågan

Den ekologiska arealen i Sverige är 17% av den totala, och drygt hälften av denna areal har certifierad produktion. Bland LRF:s 157.000 medlemmar finns idag c:a 10.000 ekologiska medlemmar. Från att ha varit en liten nisch är ekologisk produktion idag en intressant, växande och relativt lönsam marknad. Marknaden efterfrågar mer än vad som produceras. LRF har därför satt som mål att Sverige ska ha Europas mest konkurrenskraftiga ekologiska jordbruk. Vidare har regeringen uttalat att ekologisk produktion är ett av medlen för att nå de 15 nationella miljökvalitetsmålen.

För att bli konkurrenskraftig på marknaden och för att nå miljömålen krävs det ett ständigt förbättringsarbete. När det gäller att bejaka djurens naturliga beteende och att frigöra sig från beroendet av kemiska bekämpningsmedel har det ekologiska jordbruket kommit långt, och nu är det dags att ta itu med övriga förbättringar.

För att förstå växtnärlingsflödena är det viktigt att arbeta på rätt systemnivå, och att få grepp om alla förluster till luft och vatten och deras påverkan på den externa miljön. Centrala frågor är de som gäller utfodring och hushållning med stallgödseln, eftersom vi har djur i alla typer av produktionskoncept. Att få en ren växtodlingsgård effektiv i sitt växtnärlingsutnyttjande är relativt lätt, men svårighetsgraden ökar betydligt vid animalieproduktion. Dessutom har den ekologiska produktionen i viss mån varit försöksodling för vissa typer av kretsloppsprodukter i väntan på att frågan om kretsloppet stad-land löses på ett mer helgjutet sätt.

Vidare bör miljönyckeltal anges både per hektar och per kg produkt, eftersom t.ex. nitrathalten i vatten framför allt är ett problem vid höga nivåer. Sedan kan landskapets kväveretention vara stor, men sämst verkar denna retention i de jordbruksintensiva områdena längs våra kuster.

Mycket fokus har lagts på kväveutlakningen och dess påverkan på havet, men en viktig framtidsfråga är att belysa fosfors betydelse som resurs och för övergödningen av våra vatten. Till skillnad mot fosfor har kväve en mer självreglerande effekt i vatten tack vare kvävefixering och denitrifikation.

Utvecklingsarbete pågår

Det pågår ett arbete med att se över KRAV:s regler för växtnärling. Vidare hoppas vi att få fram mer fakta genom forsknings- och utvecklingsprojekt

där hänsyn tas till hela systemet. Det är glädjande att Formas numera får en kontinuerlig tilldelning av forskningsmedel till ekologisk produktion. Greppa Näringen har också tagit fram ett ekologiskt rådgivningsmaterial, och håller på att sammanställa resultaten från de STANK-körningar som är gjorda. I väntan på de svenska resultaten presenteras i stället danska resultat som en avslutning.

Dansk Jordbruksforskning har sedan 1989 beräknat kvävebalanser på ekologiska och konventionella mjölkgårdar. Forskarna är nu ganska säkra på att kväveöverskottet i växtnärbalansen är cirka 50 kg lägre per hektar från ekologiska mjölkgårdar jämfört med konventionella mjölkgårdar vid samma djurtäthet. Kväveeffektiviteten i denna jämförelse är endast 25-27 % oavsett system. Man kan därför konstatera att det finns stora möjligheter till förbättringar i alla typer av produktionssystem.

Tabell 1, En jämförelse mellan konventionella och ekologiska mjölkgårdar året 1999. Gårdarna i tabellen representerar 4% av de konventionella gårdarna och 18% de ekologiska gårdarna i Danmark.

Table 1. A comparison between conventional and organic dairy production in Denmark 1999. The farms represented 4 % of the conventional farms and 18 % of the organic farms.

Beläggningsgrad	Konventionell mjölkproduktion (350 gårdar)		Ekologisk mjölkproduktion (149 gårdar)
	1,5 djurenheter per hektar	1,3 djurenheter per hektar	
Kväve in från			
Mineralgödsel	89		0
Fixering	23		70
Stallgödselimport	3		11
Foder	97		49
Atmosfäriskt nedfall	16		16
Totalt kväveinflöde	230		147
Kväve ut från			
Mjölk	36		31
Kött	9		6
Försäljning av växtodlingsprodukter	9		3
Stallgödselexport	3		0
Totalt kväveutflöde	57		39
Kväveöverskott per ha	172		108
Kväveeffektivitet i %	25		27
Känslighetsanalys, påverkan på kvävebalansen			
25% högre kvävefixering	+5		+17
10% lägre kväveeffektivitet i utfodringen*	+9		+15
10% högre kvävemängd i grovfodret**	-10		-13
10% högre skördar på fälten	-10		-12

* avser utfodringen, innebär att mer kraftfoder måste köpas in.

** Mindre kraftfoder måste köpas in.

* avser utfodringen, innebär att mer kraftfoder måste köpas in.

** Mindre kraftfoder måste köpas in.

Litteratur

Sillebak Kristensen, I, Halberg, N, Højlund Nielsen, A, Dalgaard, R & Hutchings, N. 2003. N turnover on Danish mixed dairy farms. Paper presented at workshop " Nutrient management on farm scale: how to attain European and national policy objectives in regions with intensive dairy farming." 23-25 June. Quimper, France.

Växtnäringsflöden i systemförsök samt mätningar av läckage av kväve och fosfor

Nutrients balances and leaching in organic farming systems

Gunnar Torstensson, Avdelningen för vattenvårdslära, Box 7072, 750 07 Uppsala

Inledning och mål

Utlakningsrisker och kväveomsättning har studerats i ekologiska odlings-system med resp. utan djurhållning. Studierna bedrivs på två olika jordar och platser: mojord i södra Halland och styv lera i Västergötland. Studierna av odlingsystemet med djurhållning i Halland inleddes 1991, medan de övriga inleddes 1998, studierna pågår fortfarande. Projektet finansieras av Jordbruksverket (FOU) och SLU. En referensgrupp bestående av ekorådgivare, ekologiska lantbrukare och representanter för LRF och SJV finns knuten till projektet.

Projektets övergripande mål är att klarlägga de möjliga miljövinster som kan nås med ekologisk odling med tanke på odlings inverkan på vatten-systemen. I projektet ingår en långsiktig prövning av de ekologiska odlingssystemens allmänna växtnäringshushållning och uthållighet. Dessutom skall bl.a. följande moment beaktas.

- Belysa kväveutlakningens storlek i ekologiska odlingsystem
- Belysa fosfor och kaliumutlakningen. På lätta jordarna har kaliumutlakningen klart betydelse för den långsiktiga bördigheten.
- Utveckla odlingsmetoder som ger bästa möjliga försörjning av kväve med hjälp av kvävefixerande grödor och god hushållning med det recirkulerande kvävet. *Detta innebär att tillämpade odlingsåtgärder och växtföljd inte nödvändigtvis förblir statiskt lika över tiden.*
- Belysa kvävefixeringens omfattning.

Material och metoder

Varje försöksfält består av 6-9 försöksrutor (å ca 900 m²) som var och en har ett separat dräneringssystem. Dräneringsvattnet leds till en mätstation, där vattenflödet mäts och provtas kontinuerligt för analys av kväve, fosfor och kalium. Växtföljden är sexårig i alla odlingsystem. Varje gröda i växtföljden odlas med minst 2 upprepningar. I odlingsystemen med djur

används nötflytgödsel i mängder som motsvarar den djurtäthet som den faktiska foderproduktionen i odlingssystemet skulle tillåta. Stallgödseln doseras efter P-innehåll. På mojrden tillfördes extra kalium (25 kg K/ha och grödår) i form av KRAV-godkänt gödselmedel. Växtföljderna har fr.o.m. 1996-97 haft det utseende som framgår av tabell 1.

Tabell 1. Växtföljder, gödsling och tid för bearbetning i de olika odlingssystemen
Table 1. Cropping sequences, fertilization and time for cultivation

Med djur <i>With stocking</i>				Utan djur <i>Without stocking</i>			
Gröda <i>Crop</i>	Stallg. <i>Manure</i>	P kg/ha	Plöjs <i>Plough.</i>		Gröda <i>Crop</i>	Plöjs <i>Plough.</i>	
			K	K		K	K
Mojord i Halland (<i>sandy soil</i>)							
Vall I	-		25	-	Grönträda	-	Sen höst
Vall II	17		25	Sen höst	Vårvete	25	Sen höst
Havre +fånggröda	-		25	Vår	Havre +insådd	25	-
Ärt/korn +insådd	10		-	Vår	Gröngödslingsv.	25	Vår
Potatis +höstfång.	19		50	Vår	Potatis +höstråg	50	-
Korn +insådd	11		25	-	Höstråg +insådd	25	-
Lerjord i Västergötland (<i>clay</i>)							
Vall I	-		-	-	Grönträda	-	Tid. höst
Vall II	17		-	Sen höst	Höstvete	-	Sen höst
Höstvete	-		-	Vår	Åkerböna	-	Sen höst
Åkerböna	10		-	Vår	Havre +insådd	-	-
Vårkorn	19		-	Vår	Gröngödslingsv.	-	Sen höst
Havre +insådd	11		-	-	Vårvete +insådd	-	-

Resultat

Skördeutfall

Skördarna av vall och annat grovfoder var oftast fullt jämförbara med de som uppnåts i konventionella system, medan medelskördarna av spannmål och potatis i de ekologiska odlingssystemen har legat på ca 50-60% av de i konventionell odling. De ekologiska potatisskördarna har två av åren varit kraftigt reducerade (till ca10 ton/ha) på grund av tidiga bladmøgelangrepp.

Kväveutlakning

Kväveutlakningen per hektar har i allmänhet inte skiljt sig storleksmässigt från den i konventionella odlingssystem med jämförbara grödor och där stallgödseln tillförs på liknande sätt som i de ekologiska. Det finns dock

några undantag: Efter potatis har i medeltal utlakningen varit högre i de ekologiska systemen, även utlakningen från övervintrande baljväxtdominerade vallar och gröngödslingsgrödor har varit något högre än från konventionella fodervallar och grölträdor.

Utlakning av fosfor och kalium

I odlingsystemen med djurhållning har utlakningen av fosfor varit ca 0,3 kg P/ha och år på marken och ca 0,6 kg P/ha på lerjorden, vilket är jämförbart med den i konventionell odling. Odlingssystemen utan djur, där kväveförsörjningen sker med gröngödslingsgrödor, har däremot visat tendenser till ökande fosforutlakning, speciellt på lerjorden. En möjlig bidragande orsak kan vara att rätt stora mängder organisk fosfor frigörs vid omsättningen av gröngödslingsmaterial.

Utlakningen av kalium på marken uppgick till 15 resp. 20 kg K/ha och grödår i systemen med och utan djur. Den lägre utlakningen i systemet med djur har sannolikt sin förklaring i att inget extra kalium tillfördes under försökets inledande år (1991-1995) vilket sänkte kaliumtillgången i marken påtagligt. I odlingsystemet utan djur utgjorde utlakningsförlusten ca 50 % av den totalt uppmätta bortförelsen av kalium. På lerjorden var utlakningen av kalium störst i odlingsystemet med djurhållning, ca 10 kg K/ha och grödår, medan den i systemet utan djur stannade vid ca 6 kg K/ha. Återförelsen av kalium i form av stallgödsel skulle kunna vara en bidragande orsak, men det fanns även en viss skillnad i tillgången av lättlösligt kalium (K-AL) vid försökets start.

Växtnäringsbalanser

Kvävebalansen för de olika odlingsystemen beräknades som kväve tillfört med stallgödsel och kvävefixering (beräknad med STANK 4.1 (SJV)) minus kväve bortfört genom skördade produkter, utlakning och ammoniakförluster i samband med spridning av stallgödsel. Denitrifikation, kväve-nedfall och ammoniakförluster från gröngödslingsgrödor togs inte med i balansen. För fosfor och kalium beräknades balansen som tillförelse med gödselmedel minus bortförelse genom skördade produkter och uppmätt utlakning.

På marken uppvisade båda odlingsystemen en negativ kvävebalans, vilket bland annat kan förklaras av de stora utlakningsförlusterna. Ler-

jorden visade en positiv kvävebalansen i båda odlingssystemen men då ska noteras att t.ex. denitrifikation ej är medräknad (Tabell 2 o. 3).

Tabell 2. Växtnäringsbalanser i odlingssystemen med djur (kg ha^{-1} grödår $^{-1}$)
Table 2. *Nutrient balances in the cropping systems with stocking (kg ha^{-1} year $^{-1}$)*

	Mojord Sandy soil			Lerjord Clay soil		
	N	P	K	N	P	K
Tillfört med gödselmedel	51	10	74	56	7	44
Kvävefixering (STANK 4.1)	79	0	0	96		
Summa tillfört (Supplied)	130	10	74	152	7	44
Skördade produkter	103	17	83	102	14	88
Uppmätt utlakning	36	0,3	14	9	0,6	10
Spridningsförluster ($\text{NH}_3\text{-N}$)	15			8		
Summa bortfört (Removed)	154	18	97	119	15	98
Balans	-24	-8	-24	33	-8	-54

Tabell 3. Växtnäringsbalanser i odlingssystemen utan djur (kg ha^{-1} grödår $^{-1}$)
Table 3. *Nutrient balances in the cropping systems without stocking (kg ha^{-1} year $^{-1}$)*

	Mojord Sandy soil			Lerjord Clay soil		
	N	P	K	N	P	K
Tillfört med gödselmedel	0	0	29	0	0	0
Kvävefixering (STANK 4.1)	71	0	0	93		
Summa tillfört (Supplied)	71	0	29	93	0	0
Skördade produkter	32	7	19	40	8	9
Uppmätt utlakning	44	0,3	20	18	0,8	6
Summa bortfört (Removed)	76	7	39	58	9	15
Balans	-6	-7	-9	35	-9	-15

Den årliga balansen för fosfor och kalium var negativ i alla odlingsystem (Tabell 2 o. 3). Mojorden har ett gott P-tillstånd (P-AL), >20 mg P/100g i matjorden och <5 mg P/100g i alven. På lerjorden är P-tillgången i matjorden lägre, ca 5 mg P/100g, men högre i alven, ca 15 mg P/100g. De aktuella underskotten av fosfor är inte oroande för dagen, men på längre sikt måste balansen mellan skördad och tillförd fosfor återställas för att bibehålla markens bördighet. Fosforutlakningens andel av den totala bortförseln är oftast försumbar.

På lerjorden är inte heller underskottet av kalium (Tabell 2 o. 3) oroande, dessa lerjordar brukar normalt sällan kaliumgödslas. På mojorden som från början hade ett svagt kaliumtillstånd (K-AL), <9 mg K/100g i matjorden och <4 mg K/100g i alven, har däremot kaliumtillgången i matjorden ytter-

ligare försämrats och hade i odlingsystemet med djur minskat till ca 4 mg K/100g år 2001, trots tillförsel av extra kalium under större delen av perioden. Att kaliumunderskottet blev lägre i systemet utan djur är en följd av det låga skördeuttaget, bara 4 av sex grödor skördas och enbart kärna och potatis bortfördes. En viktig slutsats är att på lätta jordar räcker det kanske inte att tillföra bara den mängd kalium som förs bort med skörden, även den årliga utlakningsförlusten måste ersättas.

Litteratur

- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingsystem med resp. utan djurhållning på sandig grovmo i södra Halland. Ekohydrologi nr 72.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingsystem med resp. utan djurhållning på lerjord i Västra Götaland. Ekohydrologi nr 73.

(Båda kan hämtas i PDF-format på "www.mv.slu.se/vv/").

Läckage av kväve och kväveupptag från organiska gödselmedel

Leaching and crop uptake of N from organic manures.

Lars Bergström och Holger Kirchmann, Institutionen för Markvetenskap, Box 7072, 750 07 Uppsala. E-post: lars.bergstrom@mv.slu.se

Inledning

Utlakningen av kväve från åkermark i Sverige har i många fall minskat under det senaste decenniet, vilket beror på att en hel del motåtgärder (t.ex. fånggrödor, förändrade jordbearbetnings- och gödslingsstrategier) satts in i växtodlingen. Under senare år har även en övergång till ekologisk odling framförts som en möjlighet att minska utlakning av kväve från åkermark. Vad som framför allt skiljer ekologisk och konventionell odling åt när det gäller tillförsel av växtnäring är att oorganiska handelsgödselmedel inte är tillåtna i ekologisk odling. Man förlitar sig till stallgödsel, kvävefixerande gröngödslingsgrödor och andra organiska gödselmedel när det gäller grödornas kväveförsörjning. Är det då miljömässigt bättre att använda organiska kvävegödselmedel? Får man en säkrare kväveförsörjning till grödan samtidigt som läckaget till våra vattendrag minskar? Dessa frågor kommer att belysas kortfattat i denna sammanställning.

Material och metoder

Resultaten som presenteras i denna uppsats bygger på två studier, en med höngödsel (Bergström och Kirchmann, 1999) och en med gröngödslingsgrödor (Bergström och Kirchmann, 2004). I båda fallen har jämförelser gjorts med handelsgödselade led. Studierna utfördes i 1 m långa lysimetrar fyllda med ostörda sandjordsprofiler besådda med vårkorn (*Hordeum vulgare* L.).

Den höngödsel som användes var antingen färsk, eller hade lagrats aerobt eller anaerobt och tillfördes på våren i mängder motsvarande 100 kg total-N ha⁻¹ under det första året av en treårsperiod. På andra lysimetrar tillfördes samtidigt NH₄NO₃ och ytterligare andra lämnades ogödselade (resultat från de senare kommer inte att redovisas här). Fosfor och kalium tillfördes till samtliga lysimetrar. Såväl höngödsel som handelsgödsel var märkta med ¹⁵N. Under de följande två åren tillfördes enbart omärkt

NH_4NO_3 ($100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) till samtliga tidigare kvävegödslade lysimetrar, samt P och K.

När det gäller gröngödseln i den andra studien användes ovanjordiskt material av rödklöver (*Trifolium pratense* L.) och rajgräs (*Lolium perenne* L.) som tillfördes på våren i mängder motsvarande $160 \text{ kg total-N ha}^{-1}$. Samtidigt gödslades andra lysimetrar med NH_4NO_3 motsvarande 80 kg N ha^{-1} och vissa lämnades ogödslade. Allt material var ^{15}N -märkt. Den större mängden N som tillfördes gröngödslade lysimetrar hade sin grund i att mindre än 50 % av totalkvävet i gröngödslingsgrödor normalt är tillgängligt under den första odlingsåsonen (Frankenberger och Abdelmagid, 1985; Marstorp och Kirchmann, 1991). Efterföljande år tillfördes endast 80 kg N ha^{-1} som NH_4NO_3 till tidigare gödslade lysimetrar. Fosfor och kalium tillfördes båda åren.

Lysimetervatten insamlades regelbundet under avrinningsperioder. Allt ovanjordiskt material skördades på hösten varje år. Såväl vatten- liksom skördeprover analyserades med avseende på innehåll av total-N och ^{15}N .

Resultat

Höngödslexperimentet

Som väntat hade de olika behandlingarna ungefär samma avrinning under treårsperioden (Tabell 1) och de små skillnader som fanns var inte statistiskt signifikanta ($P>0,05$).

Det totala upptaget av kväve uttryckt i procent av det som tillfördes under det första året (Tabell 1) var störst vid gödsling med NH_4NO_3 (57 %), följt av färsk (54 %) och anaerobt lagrad (50 %) höngödsel. Klart lägst var upptaget av aerobt lagrad höngödsel (33 %). Det var en stor skillnad mellan handelsgödsel och stallgödsel med avseende på när under perioden som det tillförda kvävet togs upp. Ungefär 51 % av de 100 kg N ha^{-1} som tillfördes som NH_4NO_3 togs upp under det första året, medan endast hälften så mycket eller mindre togs upp av höngödselkvävet. Proportionellt mer av höngödselkvävet togs upp under de efterföljande två åren.

Tabell 1. Avvinning (mm), samt grödupptag (kärna + halm) och utlakning av kväve i förhållande till det kväve som tillförts respektive behandling (%)

Table 1. Amounts of leachate (mm), and percent recovery (%) of ¹⁵N-labeled fertilizer and poultry manures found in plants (grain + straw) and leachates

Behandling Treatment	Avvinning Leachate	Grödupptag Plant uptake	Utlakning Leaching
NH ₄ NO ₃	541	57	3
Färsk höngödsel Fresh manure	543	54	25
Anaerob höngödsel Anaerobic manure	473	50	32
Aerob höngödsel Aerobic manure	451	33	27

Av den totala utlakningen av kväve från respektive kvävekälla, hade de handelsgödslade lysimeterna klart lägre förluster än de som tillförts höngödsel (Tabell 1). Mellan 25 och 32 % av höngödselkvävet lakades ut under treårsperioden, medan motsvarande siffra för NH₄NO₃ var endast 3 %.

Gröngödslexperimentet

Avvinningen under de två åren var signifikant lägre ($P < 0,05$) från de lysimeterna som fått gröngödsel jämfört med de som fått NH₄NO₃ (Tabell 2). En klart bidragande orsak till denna skillnad var sannolikt att man ökade den vattenhållande förmågan genom tillförseln av gröngödsel.

Tabell 2. Avvinning (mm), samt grödupptag (kärna + halm) och utlakning av kväve i förhållande till det kväve som tillförts respektive behandling (%)

Table 2. Amounts of leachate (mm), and percent recovery (%) of ¹⁵N-labeled fertilizer and green manures found in plants (grain + straw) and leachates

Behandling Treatment	Avvinning Leachate	Grödupptag Plant uptake	Utlakning Leaching
NH ₄ NO ₃	513	44	4
Rajgräs			
Ryegrass manure	418	24	5
Rödklöver			
Red clover manure	398	24	6

Av det tillförda kvävet under det första året, togs totalt ungefär 24 % upp av gröngödselkvävet och 44 % av tillfört NH₄NO₃ (Tabell 2). Liksom för

höngödsel var det proportionellt större upptag av gröngödselkväve än av handelsgödselkväve under det andra året. Totalt under de två åren utlakades 4 % av tillfört NH_4NO_3 , samt 5 och 6 % av det kväve som tillförts med rågräs respektive rödklöver (Tabell 2).

Diskussion och sammanfattande synpunkter

Båda experimenten visade att upptaget av kväve i grödan var betydligt effektivare när en oorganisk kvävekälla användes jämför med en organisk. Utlakningen av det kväve som tillförts var också mindre vid användning av handelsgödselkväve, speciellt om man jämför med höngödsel, vilket visar att miljöbelastningen tenderar att öka om man använder organiska kvävekällor istället för oorganiska. Orsaken ligger i att om man använder organiska gödselmedel finns det en uppenbar risk för dålig synkroni mellan kvävetillgång och växternas behov av kväve. Kvävet i nedbrukat organiskt material i marken kan mineraliseras vid tidpunkter (t.ex. på hösten) då inget grödupptag sker, vilket markant ökar utlakningsrisken. Det är med andra ord mycket viktigt att beakta kvävet växttillgänglighet när vi gör bedömningar av risken för kväveutlakning.

Litteratur

- Bergström, L.F. & Kirchmann, H. 1999. Leaching of total nitrogen from nitrogen-15-labeled poultry manure and inorganic nitrogen fertilizers. *Journal of Environmental Quality* 28, 1283-1290.
- Bergström, L. & Kirchmann, H. 2004. Leaching of total nitrogen from ^{15}N -labeled green manures and $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$. *Journal of Environmental Quality* (accepterad).
- Frankenberger, W.T. & Abdelmagid, H.M. 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil* 87, 257-271.
- Marstorp, H. & Kirchmann, H. 1991. Carbon and nitrogen mineralization and crop uptake of nitrogen from six green manure legumes decomposing in soil. *Acta Agriculturae Scandinavica* 41, 243-252.

Om energijämförelser mellan odlingsystem

On energy comparisons between cultivation systems

Göte Bertilsson, Ålstorp 552, 244 95 Dösjebro.

gote.bertilsson@mbox300.swipnet.se

Energikomponenter och parametrar.

Exemplen här är hämtade från växtodlingssystem. Principerna är inte olika för djurproduktionen, men ingångsdata är inte desamma.

Det är många energikomponenter att ta hänsyn till, men vi kan sammanfatta som följer:

1. Rörlig hjälpenergi (analogt med rörliga kostnader). Insatser som direkt hänför sig till den aktuella odlingen.. Helt dominerande här är drivmedel och kvävegödsel, som båda har ungefär samma storleksordning i konventionell odling. Benämning **Er**.
2. Fast hjälpenergi (**Ef**). Energi för tillverkning av maskiner, behövliga byggnader och markanläggningar mm.
3. Energi i produkter (**Ep**). Det är skörden gånger produktens kalorimetriska värde. Det är ju självklart när det gäller t ex flis från energiskog. Det något mindre självklart för spannmål mm, och känns något konstruerat för animalieprodukter. Dock finns ingen annan väg om allt skall räknas i energitermer. En viktig fråga är vad som inräknas i skörd. Halmen t ex. I exemplen nedan är det energin i produkter som lämnar gården som räknas, och där ingår ingen halm.

Oräknad här är en stor energikälla, solenergin, som flödar fritt. Ett mål för odlaren är att tillgodogöra sig så mycket som möjligt av denna.

Följande parametrar har använts i olika sammanhang:

Energiåtgång/ha	$E_r (+E_f)$
Energiåtgång/kg	$(E_r + (E_f))/\text{skörd}$
Nettoenergi	$E_p - E_r - (E_f)$
Energikvot	$E_p / (E_r + (E_f))$

Ef har här satts inom parentes. Det tas oftast med, men i större eller mindre grad. För rättvisa systemjämförelser bör alla fasta energiinsatser som hör till systemet tas med.

Exempel från försök. Diskussion om parametrar.

I Skåne (L-län) finns fasta odlingssystemförsök med konventionella och ekologiska odlingsystem. Energibalansen i växtodlingen har noga studerats och publicerats i ett arbete: Lars Törner, 1999, Energibalans i ekologisk och anpassad-integrerad växtodling (Odling i Balans). Data från detta arbete används som exempel.

Tabell 1. Odlingssystemförsök i L-län. Energi i Mwh/ha. Produktion (Ep) resp. insats (Er) för två växtodlingssystem. Data från försöksplatsen Önnestad enl. Lars Törner 1999.

Energy input (Er) and output (Ep) in conventional and organic crop production systems in one cropping cycle. Önnestad. Törner 1999.

Konvent.	Ep	Er	Ekologisk	Ep	Er
Korn	24	3,0	Åkerbönor	11	1,7
Värraps	25	4,5	Korn	14	1,6
Höstvete	30	3,9	Gröngödsl	0	0,8
Socketbetor	52	4,4	Socketbetor	40	2,2
Årter	16	1,6	Årter	13	1,6
Höstvete	30	4,0	Höstvete	18	1,6
Summa	178	21	Summa	96	9,7
				54%	

Tabellen visar data från det andra växtföljdsomloppet på en försöksplats. Det är ett gott exempel på helhetsbilden. Energiåtgången har mätts och beräknats specifikt. Siffrorna ger följande energiparametrar.

Tabell 2. Energiparametrar utgående från data i tabell 1
Energy parameters from data in table 1.

	Konvent.	Ekologisk
Energiåtgång , kwh per hektar	3500	1600
Energiåtgång, kwh per kg	0.50	0.43
Nettoenergi, kwh per ha och år	26200	14400
Energikvot	8,5	10

Det energibästa värdet i tabell 2 har markerats med fet stil. Som synes värderas systemen olika av olika parametrar.

För att förbättra perspektivet i denna fråga utvidgar vi med ett teoretiskt och förenklat exempel.

Vi räknar på 3 system med följande produktions- och energidata:

1. Skörd 7000, Ep 30000, Er 3000 (Full skörd)
2. Skörd 3500, Ep 15000, Er 1500 (Halv skörd, halv insats)
3. Skörd 1200, Ep 5000, Er 100 (Nära nog ingen input, handarbetat)

Tabell 3. Energiparametrar i tre system med olika insats och produktion. Ett principexempel.

Energy parameters in three systems with different input and production, Model example for "full", "half" and "nearly zero" external energy input.

	System 1	System 2	System 3
Skörd kg/ha	7000	3500	1200
Energiåtgång, kwh per hektar	3000	1500	100
Energiåtgång, kwh per kg	0,43	0,43	0,08
Nettoenergi, kwh per ha och år	27000	13500	4900
Energikvot	10	10	50

Det synes uppenbart att varken energiåtgång (per ha eller kg) eller energikvot kan användas som enda riktlinje om ett samhälle ska styra mot en acceptabel framtid. Då blir målet ett handdrivet jordbruk med hopplöst låg produktion. Dessa parametrar måste kompletteras med ett produktionsvillkor eller något annat mål. De blir därför svåra att använda vid intensitetsjämförelser. Detta exempel används ett steg längre: I energiförbrukningen inräknas en fast energiåtgång på 300 kwh/ha och år. Då blir energiparametrarna följande:

Tabell 4. Energiparametrar enligt tabell 3, om Ef av 300 kwh/ha lägges till Energy parameters according to table 3, but "investment energy" of 300 kwh/ha included.

	System 1	System 2	System 3
Skörd kg/ha	7000	3500	1200
Energiåtgång, kwh per hektar	3300	1600	400
Energiåtgång, kwh per kg	0,47	0,51	0,33
Nettoenergi, kwh per ha och år	26700	13200	4600
Energikvot	9,1	8,3	12,5

Detta förändrar relationen mellan system 1 och 2 för energiåtgång i kwh/kg och energikvot. I tabell 3 var systemen likvärdiga för dessa parametrar, i tabell 4 är det mer lågproducerande systemet sämre.

Vid intensitetsjämförelser är det viktigt att också de fasta energikostnaderna inräknas på ett rättvisande sätt.

Hur ska man nu tolka detta? Vilken parameter ska vi rätta oss efter? Då är frågan vilken bakgrund vi har. Råder absolut energiknapphet? Har vi obegränsad tillgång till mark?

För Sverige, som kan representera I-världen, har vi följande energisiffror av intresse i sammanhanget:

Växtodlingen producerar ungefär 53 Twh i produkter. (Uhlin 1997)

Insatserna är bl a 2 Twh i gödsel och 3 i diesel.

Total energianvändning är ca 450 Twh, varav 40 är drivmedel till personbilar.

Det är viktigt att energieffektivisera helheten. Det gör man inte om man sparar 2 Twh i insatser och minskar produktionen med 20.

Det råder ingen absolut energiknapphet, man kan investera om det ger utdelning. Nettoenergin förefaller därför vara den parameter som ger mest ledning för framtidsutveckling.

Hultsbergen och Kalk gör också bedömningen att nettoenergin bäst uttrycker energieffektiviteten. Energikvot kan användas i samband med ”target values” för att följa utvecklingen i definierade system.

Ett alternativ kan vara att räkna på det totala systemet. Vad behöver vi i området/landet? Vad kan produceras med olika odlingsystem och med vilka konsekvenser? Detta arbetssätt användes av utredningen Sverige 2021 (Naturvårdsverket 1997).

Viktigt vid energijämförelser mellan odlingsystem.

Användningen av skördedata.

Försöket i Önnestad redovisades i tabell 1 (från Törner 1999).

Energiskörden i ekologiskt system var 54% av konventionellt system sett över växtföljden. Denna energiskörd är direkt proportionell mot den faktiska skörden.

Längre fram i rapporten räknas på enskilda grödor. Siffrorna för korngrödan i Önnestad är följande: Konventionell skörd 5330 och ekologisk 3410. Det betyder att ekologisk skörd anges till 64% av konventionell jämfört med 54 i huvudtabellen. Skillnaden beror på att gröngödslingsåret som belastar det ekologiska systemet inte kommer med i grödjämförelsen. Vid systemjämförelser med samma gröda kan man ibland ta medeltal över flera system, inkluderande djurhållande system med vall.

Också i Önnestad kommer man då upp till bättre data för det ekologiska systemen, över 70% av konventionell. Men kvar står dock att det faktiska utfallet i växtodlingen var 54% av konventionell, och det blir ungefär så också på övriga försöksplatser och i andra växtodlingsförsök.

Självklart är det siffran 54 ovan som ska användas vid systemjämförelsen. Den representerar hela växtodlingssystemet. Men även i försöksredogörelser sammanfattar man ibland med siffrorna som exemplifieras av 64 och "över 70" ovan, vilket leder till felslut om de tas som utgångspunkt för vidare beräkningar.

Skördedata ska summeras över hela systemet och från rätt system. Gäller det växtodling ska inte data från system med djur och vall påverka ingångsdata, eller omvänt.

Växtnäringsbalanser

I odlingsystemförsöken har konventionella led gödslats enligt rekommendation, ekologiska inte alls, under det tid som rapporten omfattar. Det innebär att ekologiska led har levt på tidigare gödslings av fosfor och kalium. Är detta långsiktigt hållbart? Ger det en rättvis systemjämförelse för framtida bruk?

Men försöken har ju behandlats just så och det är ju dessa data man har.

En möjlighet kunde vara att om systemen är någorlunda i jämvikt kvantifiera P och K med bortförseln i stället för tillförseln.

Hänsyn till fasta energikostnader

Detta har berörts ovan men förtjänar betonas igen. Fasta kostnader är svåra att kvantifiera, de känns inte alltid påtagliga och är de verkligen nödvändiga för odlingen? Ofta tas dessa problem till intäkt för att hoppa över dem eller bara ta med dem delvis. Men det leder till felslut vid intensitetsjämförelser. Låga fasta energiomsatser gynnar lågproducerande system.

Är marken en fri resurs utan begränsning?

Vi det tillfälliga (?) överproduktionsläge vi har kan markresursen synas oväsentlig. Det är väl bara bra om mer mark brukas med lägre intensitet?

Men i vilken skala och på vilken sikt gör vi vår bedömning?

När det gäller uthållighet – ser vi snävt på jordbruket som sådant eller på ett uthålligare samhälle där jordbruket är en del, bl a som energileverantör?

Om energikvalitet

Om vi använder olja och gas för att producera bränsleflis är inte energikvaliteerna jämförbara. Vi har använt flexibla och högvärdiga råvaror för att producera ett lågvärdigare bränsle. Denna fråga lyfts fram i energianalysen, som dock har sina problem vad gäller tolkning och användning.

Så länge flis ersätter olja i våra energisystem kan det inte vara fel att likställa energiformerna. Men oljan räcker inte i evighet, och energianalysen ger här en varningssignal.

Sammanfattning

Energijämförelser mellan olika system med olika produktionsförmåga är grannläga. Olika parametrar ger olika resultat och rangordning mellan systemen.

För direkta jämförelser mellan system ger nettoenergin mest relevant information för våra förhållanden. Vid jämförelser inom system, t. ex . för att följa utvecklingen i tiden, kan andra parametrar användas.

Det är viktigt att klargöra vad man vill med jämförelsen. Vad är grundförutsättningarna och begränsningarna? Gäller de grunddata man har för en långsiktig jämförelse och kan de gälla också i framtiden?

Referenser:

- Hülsbergen , K-J and Kalk, W-D 2001. Energy balances in different agricultural systems – can they be improved? Proceedings nr 476. The International Fertiliser Society. York, UK. 36 pp.
- Naturvårdsverket 1997. Det framtida jordbruket. Rapport 4755. Stockholm

Törner, Lars 1999. Energibalans i ekologisk och anpassad-integrerad växtodling. Erfarenheter från tre odlingssystemförsök i Skåne. Odling i Balans. Rapport.

Uhlin, Hans-Erik 1997. Energiflöden i livsmedelskedjan. Rapport 4732, Naturvårdsverket, Stockholm.

Några synpunkter på den vetenskapliga metodiken i jämförande försök mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk

Some aspects on the scientific methodology of comparative trials between organic and conventional agriculture

Holger Kirchmann, Lars Bergström, Gunnar Torstensson, Olof Andrén Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Markvetenskap, Box 7014, 75007 Uppsala
E-post: holger.kirchmann@mv.slu.se

Inledning

Resultaten från jämförande försök påverkas av 'systeminbyggda' faktorer, utöver handelsgödsel och bekämpningsmedel. I en korrekt jämförelse måste man ta hänsyn till systemens alla olikheter för att kunna dra giltiga slutsatser. Syftet med denna uppsats är att påpeka och förklara vilka fallgropar som finns vid upplägg och utvärdering av jämförande försök mellan eko- och konventionell odling. Genom några exempel från publicerade artiklar som handlar om jämförande odlingssystem visas att slutsatserna kan vara missvisande och inte bör citeras utan kritisk granskning.

Viktiga förutsättningar för att kunna dra korrekta slutsatser från jämförelseförsök mellan eko- och konventionell odling

Enbart val av försöksplatser med normal växtnärsstatus kan ge representativa resultat

Vid upplägg av jämförande försök, i vilka växtnärsfrågor ingår, måste markens växtnärsstatus, dvs bördighet, vid försöksstart samt tidsperioden för försöken beaktas. Markens bördighet och näringsinnehåll vid försöksstart har mycket stor betydelse för grödornas tillväxt och skördeutfallet under en längre tid, upp till 10 år, efter försöksstart (Kirchmann et al., 1994). Markens innehåll av växttillgängliga ämnen förändras långsamt (Carlgren & Mattsson, 2001) och ett stort växtnärsförråd i marken maskerar, i vissa fall helt eliminerar resultat som skulle kunna uppstå vid låg näringsstillförsel. Att välja en försöksplats, som möjliggör en stor växtproduktion vid låg tillförsel av gödselmedel pga mycket god näringsstatus i marken (t.ex organogen jord, starkt uppgödslad

åkerjord, nybruten vall) innebär också att effektiviteten av tillförda gödselmedel förefaller vara låg. Även energibalansen påverkas.

Så är fallet i systemförsöken i Apelsvoll (Norge), som uppodlades så sent som 1975 (Riley and Eltun, 1994) och som alltiämt visar höga skördar, sjukande kolhalter och fortfarande har en en mycket stor näringsleverans (Eltun et al., 2002).

Ekhaga försöksgård i Uppsala är ett annat exempel på ekologiska växtodlingsförsök anlagd på en mycket bördig jord, i detta fall på en organogen jord med ca 6-15 % mull (Wivstad, 1991). Att bruka en organogen jord innebär 'bortodling', dvs det organiska materialet bryts ned och avgår som koldioxid. Samtidigt frigörs stora mängder kväve under många år, tills det organiska materialet har minskat så pass att det har blivit mineraljord utan näringsöverskott. Att använda sig av sådana försöksplatser för att visa att en viss odlingsform skulle fungera bra är ett ovetenskapligt arbetssätt. Man tär på ett uppbyggt förråd och visar enbart att tårandet fungerar så länge förrådet existerar.

En korrekt systemgräns för ekoodlingen är att foderskörden i försöket bestämmer mängden återförd växtnäring via stallgödsel

Genom en ny EU-förordning upphör år 2005 möjligheten att köpa foder till ekojordbruket från konventionella driftsformer (European Communities, 1999), vilket formodligen innebär en minimal foderimport till ekogårdar och en nästan uteslutande egen produktion. Detta medför också att mängden foder som skördas avgör hur mycket stallgödsel som tillförs odlingsmarken, eftersom dessa är kopplade till varandra. Dessvärre finns dock flera ekoförsök i vilka tillförseln av stallgödsel har varit mycket större än vad som produceras inom försöket. På så sätt frikopplas skörd och stallgödselmängd, ekoodlingen systemgränser åsidosätts, försöksresultaten representerar ej ekoodlingens villkor och visar inte ekomarkens egentliga näringsstillstånd (Færge & Magid, 2003). Några exempel diskuteras nedan.

I det långliggande DOK försöket i Therwil (Schweiz) undersöks olika organiska odlingsformer, bl a ett biodynamiskt led, vilket innebär att stallgödsel tillförs i komposterad form (Mäder et al., 2002). Stallgödselkompostering medför en mycket större minskning av mängden torrsubstans och av organiskt material än den vanliga anaeroba lagringen av stallgödsel (Kirchmann, 1985). Följaktigen måste en mindre mängd stallgödsel tillföras efter kompostering än efter den gängse aneroba lagringen av stallgödsel. I detta försök tillfördes dock samma mängd

komposterad resp anaerobt lagrad stallgödsel i biodynamisk resp organisk-biologisk odling under ett flertal år, vilket innebär en relativ 'överdosering' i förhållandet till vad som producerats i systemet (Besson och Niggi, 1991). Som resultat har kolhalten förblivit högst i det biodynamiska ledet (Alföldi et al., 1993). Detta resulterade självfallet också i en högre halt mikrobiell biomassa (Flieβbach et al., 2000a), vilket i sin tur medför en större biologisk aktivitet i marken än i andra behandlingar (Flieβbach et al., 2000b). Att underlåta att nämna och förklara orsaken till de höga kolvärdena i det biodynamiska ledet är vetenskapligt oseriöst och innebär spridning av halvsanningar. I ett baljväxt-baserat odlingsförsök (Drinkwater et al., 1998) jämförs tre olika gödselformer - gröngödsel, stallgödsel och handelsgödsel - och samma mängd totalkol tillförs genom de organiska gödselmedlen. Kvaliten på det tillförda kolet skiljer sig dock och både mängden kol, kväve och andra växtnäringssämnen blir alltför stora i det stallgödslade ledet jämfört med gröngödsel- och handelsgödselledet. Man tar inte hänsyn till matmältningen när grönmassan används som foder och omvandlas till stallgödsel likväl som man åsidosätter den biologiska omsättningen i stallgödsel under lagring före tillförseln till marken. Slutsatsen som dras, att stallgödselbaserade system binder mest kol i marken och ökar markens kväveförråd, har ingen allmän giltighet, vilket också har kritiserats (Andrén et al., 2000).

”Inbygda” växtföljdsskillnader mellan eko- och konventionell odling kan vara orsaken till olikheter mellan systemen - inte handelsgödsel eller bekämpningsmedel i sig

Kvävetillförseln i ekoodling via biologisk fixering är inte anpassad för efterföljande grödas behov

Eftersom biologisk kvävetillförsel förutsätter en stor andel baljväxter betyder det att grödor och växtföljd är olika i ekologiska och konventionella system. Mängden N som fixeras och mineraliseras från baljväxter är mycket svår att styra och tillförseln saknar precision. Vid de tillfällen då baljväxter har odlats tillförs i regel mycket större mängder kväve än i konventionell odling och närmast obefintliga mängder under andra år i växtföljden. Trots att den genomsnittliga N-tillförseln över en växtföljdperiod kan vara lika eller bara något lägre än i konventionell odling är fördelningen av N-tillförseln dock helt annorlunda. Lägre skördar i ekoodlingen är inget bevis för en lägre gödslingsintensitet utan visar bara att utnyttjandet blir betydligt lägre.

Grödan har ett starkt inflytande på N-utlakning efter skörd och potatis ger upphov till mycket stor N-utlakning

Att välja två potatisgrödor i en växtföljd betyder med största sannolikhet större utlakning än en växtföljd med bara en potatisgröda. I den kreaturslösa växtföljden i Apelsvollförsöket gjordes detta misstag, som också visade sig vara till nackdel för den konventionella växtföljd som innebär två potatisår (Korsæth & Eltun, 2000).

Grüngödslingsgrödor kan fungera även som fånggrödor

En grüngödslingsgröda kan växa på hösten efter skörd, hela nästföljande grüngödslingsår samt även nästföljande höst och vår, dvs. den fungerar som fånggröda under två utlakningssäsonger. I en korrekt jämförelse mellan odlingssystem borde därför den konventionella växtföljden innehålla en fånggröda under samma perioder. Användning av fånggrödor är en välkänd odlingsteknik för att minska utlakningen i all form av odling.

Skördebortfallet pga grüngödslingsår måste beaktas vid en fullständig skörderedogörelse

Grüngödslingsår innebär normalt att ingen avsalugroda skördas. Det betyder att den totala skörden över en växtföljd reduceras med antalet grüngödslingsår som finns i växtföljden. Vid redovisning av årliga skördejämförelser mellan ekologisk och konventionell odling beaktas i regel inte grüngödslingen. I en fullständig och korrekt skörderedogörelse måste dock den totala skörden över en växtföljdsperiod reduceras, vilket inte har gjorts i alla resultat-sammanställningar (t ex Ivarson & Gunnarsson, 2001).

Slutsatser

Resultat från jämförande försök mellan ekologisk och konventionell odling kräver en kritisk granskning eftersom jämförelsen ofta liknar den mellan äpplen och päron. Även om päronen stöds av riksdagsbeslut och propaganda, så måste äpplena och päronen bedömas på lika villkor.

Referenser

- Alföldi T., Mäder, P., Oberson, A., Spiess, E., Niggli, U. & Besson J-M. 1993.
DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei
Anbausystemen biologisch dynamisch, biologisch organisch und

- konventionell: 3. Boden. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 32, 479-507.
- Andrén, O., Kirchmann, H. & Pettersson, O. 1999. Reaping the benefits of cropping experiments. *Nature* 399, 14.
- Besson, J-M. & Niggli, U. 1991. DOK-Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch dynamisch, biologisch organisch und konventionell: 1. Konzeption des DOK-Versuches. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 30, 79-109.
- Carlgren, K. & Mattsson, L. 2001. Swedish Soil Fertility Experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B, Soil and Plant Science 51, 49-78.
- Drinkwater, L.E., Wagoner, P. & Sarrantonio, M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396, 262-265.
- Eltun, R., Korsæth, A. & Nordheim, O. 2002. A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economical effects in six cropping systems based on a 8-year experiment in Norway. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 90, 155-168.
- European Communities 1999. Council Regulation (EC) No 1804/1999 of July 1999 supplementing Regulation (EEC) No 2092/91 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and feedstuffs to include livestock production. *Official Journal of the European Communities* 24.98.1999. Brussels L 222 1-28.
- Fliessbach, A. & Mäder, P. 2000a. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 757-768.
- Fliessbach, A., Mäder, P. & Niggli, U. 2000b. Mineralization and microbial assimilation of ¹⁴C-labeled straw in soils of organic and conventional systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1131-1139.
- Færgø, J. & Magid, J. 2003. Assessment on organic farming benchmark trials in Denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B, Soil and Plant Science 53, 64-68.
- Ivarson J and Gunnarsson A (2001). Försök med konventionella och ekologiska odlingsformer 1987-1998. Sveriges Lantbruksuniversitet. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet Nr 53. Sverige.
- Kirchmann, H. 1985. Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Supplementum 24.
- Kirchmann, H., Persson, J. & Carlgren, C. 1994. The long-term soil organic matter experiment at Ultuna, 1956-1991. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences, Reports and Dissertations 17.
- Korsæth, A. & Eltun, R. 2000. Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological systems and relationship between balance calculations and nitrogen runoff in an 8-year field experiment in Norway. *Agriculture, Ecosystem & Environment* 79, 199-214.
- Riley, H. & Eltun, R. 1994. The Apelsvoll Cropping system experiment. II. Soil characteristics. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 8, 317-333.

Wivstad, M. 1991. Försöksgårdar i ekologiskt lantbruk: en presentation av sju försöksgårdar. Swedish University of Agricultural Sciences. SLU INFO. Alternativ odling/Ekologiskt lantbruk. 17 s.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.	A list of all reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.	
181	1991	Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel. <i>Nitrification inhibitors - slurry.</i>
182	1991	Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor. <i>Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.</i>
183	1991	Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024. <i>Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.</i>
184	1991	Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök. <i>Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.</i>
185	1992	Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslag. <i>Field experiments with Øyeslag.</i>
186	1992	Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland. <i>Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden.</i>
187	1992	Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys. <i>A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to AL/standard and AL/ICP.</i>
188	1992	Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad. <i>Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.</i>
189	1992	Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstvete på gårdar med och utan djurhållning. <i>Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.</i>
190	1992	Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.

Nitrogen effects of manure on clay soils.

- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnäringlära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Hennriksson: Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorie-undersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.

- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992. *Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.*
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kväve mineralisering i åkermark. *Soil organic matter and N mineralization in arable land*
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling. *Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.*
- 203 2003 Käll Carlgren: Länsförsök med koppargödsling 1971-73. *Regional field experiments with copper fertilization 1971-73.*
- 204 2003 Jan Persson & Käll Carlgren: Långsiktig verkan hos markens kopparförråd. *Long-term copper maintenance.*
- 205 2003 Lennart Mattsson: Växtnäring, produktion och miljö *Plant nutrients, production and environment.*
- 206 2003 Lennart Mattsson: Kvävebalans i korn och höstvetete. *Nitrogen balance in barley and winter wheat.*
- 207 2003 Jan Persson: Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet. *Nitrogen losses and N management. Possible improvements in agriculture. Short term and long term soil biological processes with special regard to nitrogen*
- 208 2004 Käll Carlgren & Holger Kirchmann, red. /eds./: Växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling. Föredrag hållna 4 mars 2004 på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien. *Lectures held on 4 March 2004 at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry*

I denna serie publiceras
forsknings- och försöksresultat
från avdelningen för växtnärings-
lära, Sveriges lantbruksuniversi-
tet. Serien finns tillgänglig vid
avdelningen och kan beställas
därifrån.

This series contains reports of
research and field experiments
from the Division of Soil Fertil-
ity, Swedish University of Agri-
cultural Sciences. The series can
be ordered from the Division of
Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd. för växtnäringslära

750 07 UPPSALA
Tel 018-671249
