



RAPPORTER FRÅN _____ JORDBEARBETNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala,
Department of Soil and Environment

Nr 123

2012

Åsa Myrbeck och Tomas Rydberg

**Utlakningsbart kväve i åkermark vid höst-
respektive vårbearbetning i system med och
utan fånggröda samt vid långvarig
halmnedbrukning och fånggrödeodling**

Utlakningsbart kväve i åkermark vid höst- respektive vårbearbetning i system med och utan fånggröda samt av långvarig halmnedbrukning och fånggrödeodling

Förord

Denna rapport utgör en redovisning för åren 2006-2011 från det av Jordbruksverket stödda projektet "Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingsystem med och utan fånggröda" (R2-8405). Projektet genomförs som ett fältförsök på Mellby i Halland. Försöket sköts av Erik Ekre och Magnus Håkansson vid Hallands läns Hushållningssällskap. Analyser av mark och grödor utförs vid Avdelningen för växtnäring och markbiologi vid Institutionen för mark och miljö vid SLU.

Försöket som är långliggande startade redan 1993 och resultat från det ligger till grund för Jordbruksverkets regler för utlakningsbegränsande åtgärder på EU-träda och Grön mark och har använts i rådgivning och utbildning både regionalt och nationellt. Resultaten från 1993 t o m 2005 finns sammanfattade i två rapporter från Avdelningen för jordbearbetning (Stenberg et al., 1999a och Myrbeck et al., 2006). Utvärdering av resultaten i försöket under åren 1993-1999 har även redovisats av Lindén (1994), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1996), och Stenberg et al. (1995, 1998, 1999b).

Avdelningen för jordbearbetning och hydroteknik, SLU, mars 2011

Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg

Summary

This field experiment was established in 1993 on a sandy loam at Mellby, Halland, south-western Sweden. The objective was to investigate the effect of different tillage strategies on soil mineral nitrogen (SMN) content and nitrate leaching in a cropping system with spring-sown small grain crops. This report presents results from 2006-2011. For more detailed measurements and results for the period 1993-2005, see Stenberg et al. (1999a) and Myrbeck et al. (2006). Tillage strategies during 2006-2011 included mouldboard ploughing (20-25 cm depth) in early autumn, late autumn or spring, together with different options for straw management and catch crops (perennial ryegrass).

SMN in the 0-30, 30-60 and 60-90 cm layers was measured on several occasions during autumn and early spring to estimate the risk of nitrate leaching during autumn and winter. Due to an increase in couchgrass in spring-ploughed plots, weed topping using a rotary mower was introduced in autumn 2001 in half these plots.

Results from the period 2006-2011 confirmed the conclusions from 1993-2005 that timing of tillage has a major influence on nitrogen (N) accumulation in soil during autumn and winter, and thereby also on the risk of N leaching. The soil profile contained considerably more mineral N during autumn after early mouldboard ploughing than after delayed tillage.

Use of a catch crop, incorporated in late autumn or in spring, reduced SMN during autumn. Compared with a system with early ploughing and no catch crop, incorporation in spring reduced the amount of SMN (measured in December) by 25 kg ha⁻¹, of which 60% was attributable to postponement of tillage and 40% to the catch crop. Catch crop incorporation in late autumn gave a 20 kg ha⁻¹ reduction in SMN, of which 70% was attributable to postponement of tillage and 30% to the catch crop.

The lowest accumulation of SMN during winter (December-March) was observed for spring ploughing without a catch crop (17 kg ha⁻¹) and the highest for catch crop incorporation in late autumn (37 kg ha⁻¹). An intermediate increase was observed for spring ploughing with a catch crop (27 kg ha⁻¹).

The effect of the catch crop remained unchanged during 1993-2005 and comprised an approximately 10 kg N ha⁻¹ reduction in late autumn. However, during 2006-2011 the corresponding reduction was only 2-6 kg ha⁻¹, with even higher SMN content in the catch crop treatment in some years. This suggests that N uptake by the catch crop might no longer have exceeded the potential increase in N release from incorporated green material.

The effect of incorporation or removal of crop residues was comparatively small. There was a trend for higher SMN content in treatments with straw incorporation, indicating increased amounts of mineralisable organic N in the soil after continuous incorporation.

Crop yields during 2006-2011 were not influenced by the timing of tillage. However, spring ploughing with a catch crop gave higher yield than other treatments, suggesting that possible N immobilisation in recently incorporated ryegrass material did not negatively affect yield in this experiment.



Foto: Maria Henriksson

The Mellby soil profile, 0-90 cm depth

Utlakningsbart kväve i åkermark vid höst- respektive vårbearbetning i system med och utan fånggröda samt av långvarig halmnedbrukning och fånggrödeodling

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
Inledning	9
Mål	9
Bakgrund och hypoteser.....	10
Material och metoder	11
Försöksplats och försöksupplägg.....	11
Provtagning.....	13
Resultat och diskussion.....	13
Skördar.....	13
Mineralkväve i marken	15
Putsning av kvickrot	23
Slutsatser	24
Litteratur	24
Bilagor.....	27

Sammanfattning

I detta fältförsök har vi sedan 1993 studerat hur olika bearbetningsstrategier påverkar kväveomsättningen i marken och risken för kväveläckage. Här redovisas resultat från perioden 2006-2011 då tyngdpunkten legat på inverkan på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret av höst- respektive vårbearbetning i system med och utan fånggröda; ett försöksupplägg konstruerat utifrån dagens system med bidrag till lantbrukaren för vårplojning och fånggröda. Vidare redovisas långsiktiga effekter av halmnedbrukning och fånggrödeodling. Försöksplatsen är en sandig grovmo (mmh 1 sa Mo) på Mellby i Halland och försöket ligger som ett blockförsök med tre upprepningar. Mineralkvävemängderna i marken analyserades i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm vid ett flertal tillfällen under hösten och tidig vår som underlag för bedömning av risken för kväveutlakning. På grund av problem med uppförkning av kvickrot i de vårplojda leden putsades halva rutan under hösten.

Resultaten från åren 2006-2011 har bekräftat slutsatserna från tidigare år att tidpunkten för jordbearbetning på hösten starkt påverkar kvävemineraliseringen i marken under hösten och vintern och därmed även risken för utlakning av kväve. Innehållet av mineralkväve i marken på hösten var större i tidigt bearbetade led än där bearbetningen senarelagts. Fånggrödan, både när den brukades ner på hösten och på våren, minskade effektivt kvävenivåerna i marken under höst och vinter. Jämfört med tidig plojning utan fånggröda gav en sen höstnedbrukning av fånggröda en minskning i skiktet 0-90 cm på 20 kg mineralkväve ha^{-1} i december, varav den senarelagd bearbetning stod för 60 % av effekten och fånggrödan för 40%. När fånggrödan istället brukades ner på våren var motsvarande minskning 25 kg ha^{-1} och där kunde 70 % av effekten härröras till bearbetningen och 30% till fånggrödan. Vårplojning utan fånggröda innebar något högre kvävenivåer under hösten jämfört med fånggrödeleden, men däremot tycktes mineraliseringen under vintern varit som lägst i detta led. Nedbrukning av fånggröda sent på hösten gav upphov till en kraftig ökning av markkvävemängderna mellan december och mars (37 kg ha^{-1}) jämfört med system med fånggröda nedbrukad på våren (27 kg ha^{-1}) eller vårplojning utan fånggröda (17 kg ha^{-1}).

Till skillnad från tidigare år, då fånggrödan mycket stabilt minskade mängden mineralkväve i marken under höst och vinter uppvisade sen höstplojning med fånggröda denna period, två år av sex, högre markkvävenivåer än sen höstplojning utan fånggröda. Det är möjligt att en uppbyggd pool av organiskt material nu börjat ge en ökad mineralisering i ledet med fånggröda, som vissa höstar överstiger fånggrödans kväveupptag. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskar utlakningsrisken. I detta försök tycks dock denna effekt varit begränsad till de första tre åren. De senaste årens resultat har tvärtom visat en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner. Betydelsen av bearbetningstidpunkt visade sig vara betydligt större efter ärtor med dess kväverika skörderester än efter stråsäd och oljevaxter som inte riktigt gick att skilja åt.

Den mest gynnsamma plöjningstidpunkten ur skördesynpunkt varierade mellan åren. Störst blev skörden i det nyinförda ledet med fånggröda som brukas ner på våren. Vi såg således ingen negativ effekt av en eventuell immobilisering av kväve efter nerplöjning strax före sådd. Halm bortförsel resulterade i något bättre skördar än halmnedbrukning. Putsningen av kvickrot på hösten i vårplöjda led gav under perioden ingen tydlig effekt. I medeltal sedan putsningen startade 2001 har den dock minskat kvickrotsmassan mätt i gram med 7%.

Inledning

Detta fältförsök startades utifrån antagandet att jordbearbetningsmetod samt tidpunkt för och intensitet i bearbetningen spelar en stor roll för risken för kväveläckage. Försöksplatsen är en sandig grovmo i Halland. I försöket har vi sedan 1993 studerat hur tidpunkten för stubbearbetning och plöjning på hösten samt vårbearbetning påverkar kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Detta har också jämförts med effekten av en fånggröda samt effekten av nedbrukning respektive bortförsel av halm i kombination med olika bearbetningstidpunkter. Alla dessa faktorer kan ha olikartad betydelse på kort respektive lång sikt för storleken på kväveutlakningen och effekterna av dem kan även ackumuleras med tiden.

Försöket har bl a visat att innehållet av mineralkväve i marken på hösten blivit betydligt större efter bearbetning tidigt på hösten än om bearbetningen senarelagts. Likaså har den ackumulerade utlakningen av nitrat varit störst från de tidigt bearbetade leden. Vårplöjning har inneburit lägst nivåer av mineraliserat kväve under höst och vinter och minst utlakning av nitrat.

Här redovisas huvudsakligen resultat från perioden 2006-2011. En modifiering av försöksplanen gjordes 2005. Då infördes ett led med vårnedbrukning av fånggröda för att kunna jämföras med höstnedbrukning av fånggröda och med vårplöjning utan fånggröda. Ett försöksupplägg konstruerat utifrån dagens system med bidrag till lantbrukaren för vårplöjning och fånggröda. Vidare togs ett antal led med stubbearbetning bort. Årter och våroljeväxter introducerades i den tidigare stråsådesbaserade växtföljden. Ledbeteckningarna i denna sammanställning är därmed andra än i tidigare redovisningar från försöket.

Mål

Målet med projektet 2006-2011 var att fortsätta studierna av hur vi med hjälp av rätt jordbearbetningsåtgärd vid rätt tidpunkt kan styra mineraliseringen på ett effektivare sätt än idag för ett ökat kväveutnyttjande och minskad risk för kväveutlakning. Målet var också att kvantifiera hur effekterna på kväveomsättningen av ett system med vårplöjning av fånggröda kan fördelas mellan senarelagd bearbetning och fånggröda. Uppföljningen av de långsiktiga effekterna av tidpunkten för jordbearbetning och nedbrukning eller ej av växtrester samt odling av fånggröda fortsatte och utökades med andra grödor än stråsåd. Målet med försöket under den period som redovisas i denna rapport har i huvudsak varit att besvara följande frågor:

1. Hur stor är effekten av ett system med fånggröda nerplöjd på hösten jämfört med ett system med vårplöjning, med respektive utan fånggröda?

2. Hur väl överensstämmer de tidigare resultaten från försöket angående bearbetningstidpunkternas inverkan på kväveminaliseringen om de vårsådda stråsädesgrödorna byts ut mot våroljeväxter eller ärter?
3. Vilken är den långsiktiga effekten av nedbrukning/bortförsel av halm efter tidig plöjning på mineralkvävemängderna i marken under höst och vinter?
4. Vilka är de långsiktiga effekterna av kontinuerlig odling av fånggrödor på kvävedynamiken i marken?
5. Vilken effekt kan putsning på hösten ha mot kvickrot då vårplöjning tillämpas?

Bakgrund och hypoteser

Vårplöjning med och utan fånggröda

Flera försök har visat att en gräsfånggröda som plöjs ner på hösten har en positiv effekt på efterföljande stråsädesgröda (Aronsson & Torstensson, 2001, Bergkvist et al, 2002 m. fl.). I försök på Mellby har man dock kunnat visa att höstnedbrukning av fånggröda inte givit samma utlakningsminskning vad gäller kväve som vårnedbrukning (Aronsson & Torstensson, 2001). Risken vid nedbrukning på våren är dock att växtnäringen i fånggrödan inte hinner frigöras i tillräcklig utsträckning när växten behöver den under växtsäsongen. Med tanke på dagens bidragssystem, med ersättning för fånggrödor och vårbearbetning, samt framtida bidragssystem behöver vi klargöra effekterna av senarelagd bearbetning respektive effekterna av fånggröda vid bearbetning sen höst och vid vårbearbetning. Tex, hur stor del av en minskad utlakningsrisk vid tillämpningen av ett system med fånggröda och vårplöjning jämfört med ett system med tidig höstplöjning utan fånggröda kan hänföras till fånggrödan och hur stor del kan hänföras till vårplöjningen?

Plöjningstidpunkt på hösten efter olika grödor

Att senarelägga plöjningen på hösten eller att vårplöja har visat sig minska anhopningen av mineralkväve i marken under hösten och vintern och därmed också minska risken för kväveutlakning (tex Hansen and Djurhuus, 1997a; Stenberg et al., 1999a). I detta försök odlades fram till och med 2003 endast stråsäd. Kvävedynamiken i marken efter olika grödor kan skilja sig åt. Tex varierar förmågan att tömma markprofilen på kväve mellan olika grödor liksom mängden skörderester och dess omsättningsbarhet. Både ärternas och oljeväxternas skörderester har i regel en lägre C/N-kvot än stråsäd och är därmed mer lättnedbrytbara.

Hypotes

- På grund av en lägre C/N-kvot i skörderesterna av oljeväxter och ärter jämfört med stråsäd blir skillnaderna mellan olika plöjningstidpunkter vad gäller ansamlingen av mineralkväve i marken efter dessa grödor tydligare än efter stråsäd.

Halmnedbrukning

Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten, genom ökad immobilisering, minskar halten mineralkväve i marken och därmed också minskar risken för utlakning (t ex Jensen, 1996; Jensen & Ambus, 2000; Bhogal et al. 1997). I detta försök tycks dock denna effekt ha varit begränsad till de första tre åren och senare års resultat visar på en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner.

Hypoteser:

- Ingen betydande nettoimmobilisering av kväve sker efter nedbrukning av halm.
- Effekten av halmnedbrukning är mer långsiktiga än man hittills har kunnat studera och kan komma att visa sig i mineraliseringspotential och humushalt längre fram.

Kontinuerlig användning av fånggröda

Leden med fånggröda uppvisade år 2005, efter drygt 10 år, fortfarande de lägsta innehållerna av mineralkväve under höst och vinter vilket tyder på att en eventuellt ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa ännu uppvägdes av fånggrödans upptag under perioden. Effekten av fånggrödan hade snarare ökat än minskat med tiden.

Hypotes:

- En uppbyggnad av organiskt material i marken till följd av odling av fånggrödor, och därpå följande ökning av markens mineraliseringspotential, är en mycket långsam process som inte kommer att visa sig i halterna mineralkväve i marken annat än på mycket lång sikt

Putsning av kvickrot vid vårplöjning

En positiv effekt av putsning av kvickrot på hösten kan förväntas eftersom kvickroten är relativt känslig mot avslagning (Fogelfors, 2002).

Hypotes:

- Genom avslagning av kvickroten vid ett eller ett par tillfällen under hösten kan kvickroten hållas tillbaka i system med vårplöjning.

Material och Metoder

Försöksplats och försöksupplägg

Fältförsöket är placerat på en sandig grovmo (mmh 1 sa Mo) på Mellby gård ca 5 km sydväst om Laholm i Halland. En utförlig beskrivning av försöksplatsen finns gjord av Torstensson et al. (1992). De första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen utfördes i september 1993. Rutorna är 20 m x 9 m och leden upprepas i tre block. Försöksplanen så som den sett ut 2006-2011 visas i tabell 1. Månadsvis nederbörd och temperatur under försöksåren visas i figur 1.

Försöket skördades rutvis varje år. Rajgräs såddes in i huvudrödan i led D och E med en utsädesmängd av 7 kg ha⁻¹ i båda leden omedelbart efter sådd av huvudrödan. Hösten 2006 var utvecklingen av fånggrödan god i samtliga led medan den år 2005 och 2007-2011 var normal. Vi kan således räkna med att ha haft en väl fungerande fånggröda under samtliga år.

I försöket gödslades vårkorn och havre med 90 kg kväve ha⁻¹, vårveete och våroljeväxter med 110 kg kväve ha⁻¹ och ärter med 0 kg kväve ha⁻¹. I led B där halmen bortfördes utfördes kompletteringsgödsling av P och K med mängder motsvarande de som fördes bort i halmen. Datum för plöjning visas i tabell 2. År 2006 såddes vårplöjda led två veckor tidigare än höstplöjda led. Övriga år skedde sådd vid samma tidpunkt i alla led.

Kvickrotsbekämpningen blir problematisk i system med återkommande fånggröda och sena höstplöjningar. Den enda möjliga tidpunkten att behandla fånggrödeleden är på våren och då blir effekten generellt betydligt sämre än om man kan utföra behandlingen på hösten. Att bekämpa olika led vid olika tidpunkter innebär stora kostnader samt risk för drift av bekämpningsmedel till angränsande rutor. Våren 2010 sprutades hela försöket med glyfosat. Effekten blev dock måttlig och därför genomfördes rutvis sprutning under hösten 2010 och våren 2011. Led C och F sprutades den 22 september 2010 och led D den 13 oktober 2010. De två tidigt plöjda leden (A och B) liksom ledet med fånggröda som bryts under våren (E) sprutades den 26 april 2011. Bekämpningen hade god effekt.

Tabell 1. Försöksplan för försök R2-8405 på Mellby 2006 -2011. Observera att ledbeteckningarna är andra än i tidigare rapporter från försöket

Led	Bearbetning	Fånggröda	Halm-behandling
A	Plöjning 1:a veckan i september	-	Nedplöjes
B	Plöjning 1:a veckan i september	-	Bortföres
C	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	-	Nedplöjes
D	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	Eng. Rajgräs	Nedplöjes
E	Vårplöjning	Eng. Rajgräs	Nedplöjes
F	Vårplöjning	-	Nedplöjes

Tabell 2. Tidpunkt för plöjning inför skördeåren 2006-2011 i försök R2-8405 på Mellby

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Tidig plöjning (led A, B)	9/9	6/9	25/9	23/9	10/9	22/9
Sen plöjning (led C, D)	18/11	27/11	28/11	12/12	2/11	19/11
Vårplöjning (led E, F)	19/4	10/4	16/4	2/4	14/4	3/5

skördesynpunkt varierade mellan år. I genomsnitt var skörden ungefär densamma i tidigt och sent plöjda led. Däremot har under den här perioden halmbortförsel i genomsnitt resulterat i något bättre skördar än halmedbrukning.

Vårbearbetade led avkastade 2007-2011 ganska bra. Detta skiljer sig från tidigare år då fågelskador och stark etablering av kvickrot orsakade skördeminskningar vid vårbearbetning. Då praktiserades tidig sådd i vårplöjda led. Detta är nu borttaget vilket har minskat problemet med fåglar som äter utsäde. I andra studier där vårplöjning har utvärderats har vårplöjning hävdats sig bra mot höstplöjning avkastningsmässigt. I försök med höst- och vårplöjning på lätta jordar i Halland åren 1988-1996 har vårplöjning i genomsnitt avkastat 3 % högre än höstplöjning (Arvidsson, 1997). I Danmark har studier av effekten av olika jordbearbetningsåtgärder visat att skördeutfallet efter vårplöjning jämfört med höstplöjning ej varit nämnvärt lägre vare sig på en grovsand eller en lerig sand (Hansen & Djurhuus, 1997b).

Det nyinförda ledet, vårbearbetning med fånggröda gav i snitt 15 % över referensledet med tidig höstplöjning och under flertalet år, 2006-2010, låg det högre än både vårplöjning utan fånggröda och fånggröda nerbrukad på hösten. Detta kan tyda på att kväve mineraliserat från fånggrödan som brukats ner på våren kan ha kommit grödan tillgodo under växtsäsongen. Skillnaden i kärnskörd kan även vara en effekt av att rajgräsfånggrödan tryckt tillbaks kvickroten. Tittar man på mängden kväve i kärnskörd skiljer den sig dock inte mellan vårplöjning med och utan fånggröda.

Tabell 3. Kärnskördar* (kg ha⁻¹) och relativtal (85 % ts) i försök R2-8405 på Mellby 2006-2011 respektive år och i medeltal

År, gröda	A	B	C	D	E	F
2006, vårkorn	2860=100	135	127	100	115	100
2007, havre	2682=100	101	111	123	148	132
2008, vårraps	1650=100	98	97	86	116	114
2009, vårvete	4030=100	102	84	72	112	94
2010, ärter	2430=100	108	105	96	113	106
2011, vårkorn	6570=100	97	94	85	83	91
Medel						
2006-2011	3370=100	107	103	94	115	106

*Signifikans: 2007 **, 2009**, 2011 **, övriga år ingen signifikans

Tabell 4. Totalkväve (kg ha⁻¹) i kärnskördarna i försök R2-8405 på Mellby 2006-2011 respektive år och i medeltal

År, gröda	A	B	C	D	E	F
2006, vårkorn	42	55	58	46	47	58
2007, havre	38	39	48	46	58	52
2008, vårraps	51	51	51	51	51	52
2009, vårvete	67	67	56	49	72	63
2010, ärter	59	65	61	57	68	64
2011, vårkorn	96	92	88	83	74	88
Medel 2006-2011	59	62	60	55	62	63

Mineralkväve i marken

Tidig och sen höstplöjning

Innehåll av mineralkväve i 0-30, 30-60, 60-90 och 0-90 cm djup i marken vid respektive provtagningstidpunkt och år visas i bilaga 1-5. I figur 2 visas medelvärden för perioden 2004-2011 i 0-90 cm djup vid respektive provtagningstidpunkt (resultat från markprovtagningen 2004 och 2005 har här tagits med för att ge en så bra bild som möjligt av effekterna av det nya ledet med vårplöjning och fånggröda som infördes 2004). Figur 3 visar innehållet av mineralkväve i skiktet 0-30 cm i medeltal 2006-2011 medan figur 4 visar innehållet i skiktet 30-90 cm under samma period. Samtliga angivna kvävesiffror i texten har enheten kg per hektar.

Resultaten från åren 2006-2011 stödjer resultaten från tidigare år. Mängden mineralkväve i 0-90 cm under hösten var varje år betydligt större i de tidigt höstbearbetade leden än i de med senarelagd bearbetning. Vid jämförelse av figur 3 och 4 (mineralkväve i matjord respektive alv) kan man se att innehållet av mineralkväve ökade starkt i 30-90 cm under hösten i de tidigt bearbetade leden jämfört med de sent bearbetade leden. Den ökningen syns inte lika tydligt om endast de översta 30 cm i marken studeras. Det har således skett en transport av kväve neråt i profilen och sannolikt förlorades kväve genom utlakning.

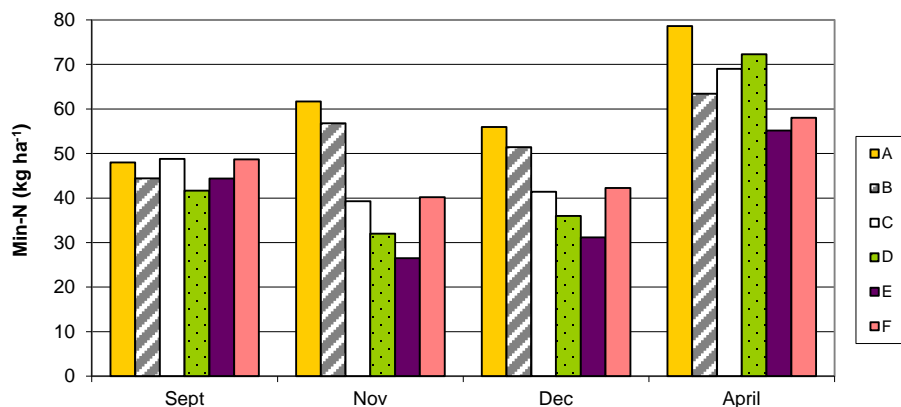
Det är inte säkert att skillnaden i utlakning mellan leden motsvarar den som uppmättes under åren 1993-1999. Den årliga utlakningen bestämdes då (genom uppsamling av markvatten med sugceller) till i medeltal ca 45 kg per hektar vid tidig höstplöjning och 35 kg per hektar vid sen höstplöjning och drygt 30 kg per hektar vid vårplöjning. Förlusten av kväve från profilen syntes då också genom en minskning av mineralkvävet från den sista höstprovtagningen och fram till vårprovtagningen i de led som bearbetats tidigt. Under den period som redovisas här har mineralkvävet istället ökat över vintern i samtliga led (under fem av sex år). I tidigt plöjt led med halmnedbrukning (led A) har ökningen varit 4-67 kg ha⁻¹. Denna förändring i mönster skulle kunna vara orsakat av (1) att en mindre andel av

markens mineralkväve utlakats och mer istället legat kvar i profilen till våren eller (2) av en högre mineralisering under vintern. I tabell 5 jämförs vinterklimatet under perioden 2000-2005 med det 2006-2011. En högre nederbörd under den senare perioden talar emot att utlakningen av kväve skulle ha varit mindre. Avrinningsdata från ett intilliggande försök (R2-8407) visar också att årsmedelavrinningen varit högre under perioden 05/06-10/11(290 mm/år) jämfört med perioden 99/00-04/05 (204 mm/år). Medeltemperaturen under våren var dock något högre 2006-2011 vilket skulle ha kunnat stimulera till en hög mineralisering.

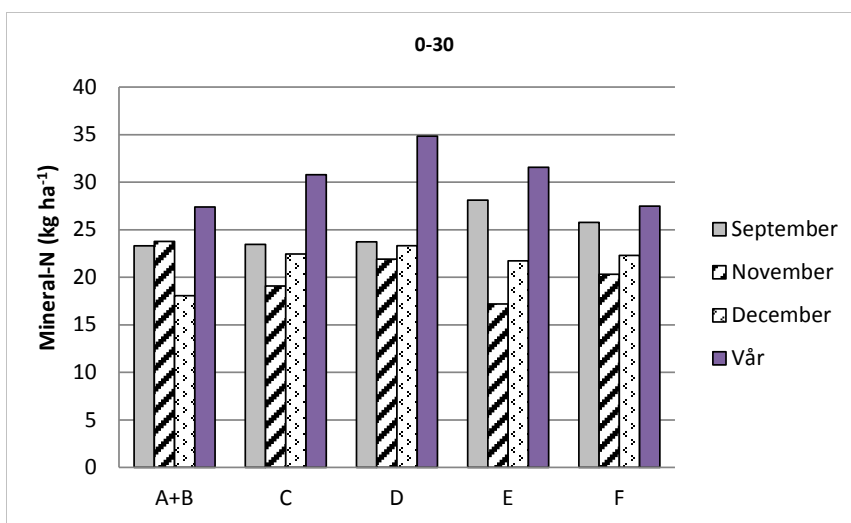
Det är också möjligt att mineraliseringspotentialen i marken efter hand har ökat något sedan försökets start 1993. På grund av de relativt låga skördarna har den genomsnittliga årliga tillförseln av N i mineralgödsel (85 kg ha^{-1}) varit högre än den genomsnittliga årliga bortförseln i skörd (71 kg ha^{-1}). Delar av detta överskott kan ha bundits in i markens organiska material.

Tabell 5. Nederbörd och temperatur under vintrarna för perioderna 2000-2005 samt 2006-2011

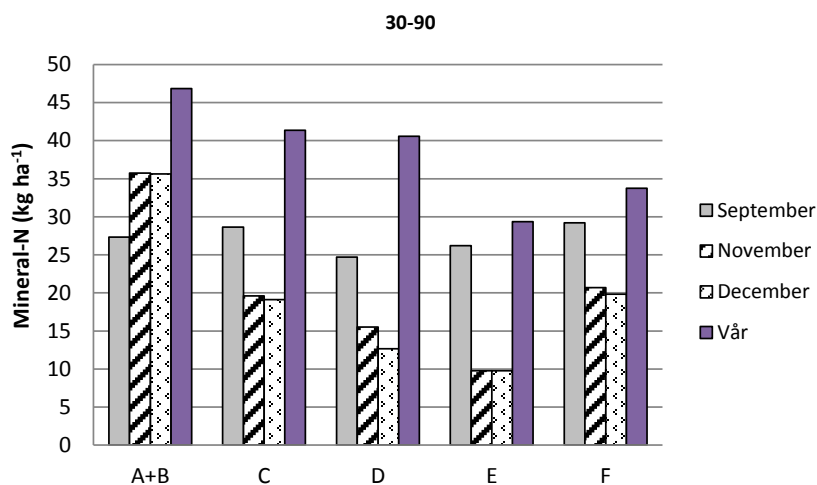
	2000-2005		2006-2011	
	Nederbörd	Medeltemp	Nederbörd	Medeltemp
Dec	52	1,41	70	1,22
Jan	45	-0,25	71	-0,02
Feb	33	-0,86	46	-0,75
Mars	28	0,80	49	4,28
Dec-Mars	158	0,28	236	1,18



Figur 2. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal september 2004-2011 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A = Tidig höstplöjning, halmen nedbrukas, B = Tidig höstplöjning, halmen bortföres, C = Sen höstplöjning, halmen nedbrukas, D = Sen höstplöjning, fånggröda, halmen nedbrukas, E = Vårplöjning, fånggröda, halmen nedbrukas, F = Vårplöjning, halmen nedbrukas).



Figur 3. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-30 cm i medeltal 2006-2011 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C = sen höstplöjning, D = sen höstplöjning med fånggröda, E = vårplöjning med fånggröda och F = vårplöjning).



Figur 4. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 30-90 cm i medeltal 2006-2011 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C = sen höstplöjning, D = sen höstplöjning med fånggröda, E = vårplöjning med fånggröda och F = vårplöjning).

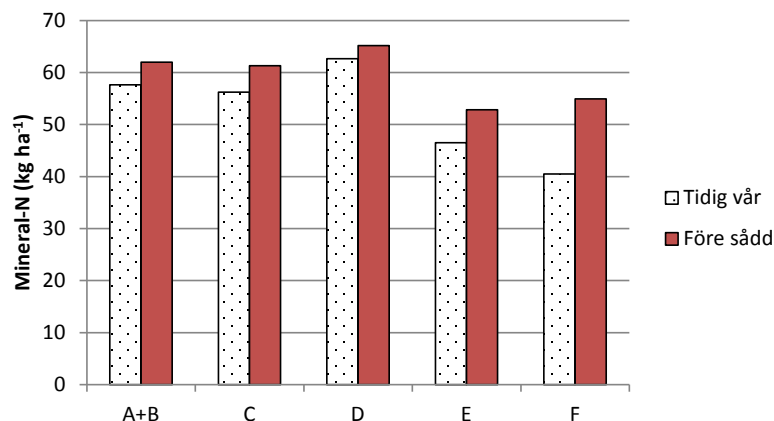
Eftersom kväveupptaget i ogräs och spillsäd inte mättes under hösten är det osäkert hur stor inverkan en ökad mineralisering respektive ett minskat växtupptag hade i uppkomsten av ovan beskrivna ledskillnader i mängden mineralkväve i marken under höst och vinter. Upptaget i ogräs och spillsäd torde dock ha varit av stor betydelse. Tidigare analyser (1993-1998) av ogräs och spillsäd i försöket (Stenberg et al. 1999a) visade att upptaget i ovanjordiska delar under hösten, fram till mitten av november, var ca 13 kg i led som låg obearbetade fram till dess och 6 kg i led som hade stubbearbetats tidigt.

Fånggröda och vårplöjning

Fånggrödan, både när den brukades ner på hösten och på våren, minskade kvävenivåerna i marken under höst och vinter (figur 2). Undantag var efter skörd 2006, då det vårplöjda ledet med fånggröda innehöll mer restkväve än ledet utan fånggröda. Jämfört med tidig plöjning utan fånggröda gav en sen höstnedbrukning av fånggröda en minskning i skiktet 0-90 cm på i medeltal 20 kg ha⁻¹ i december, varav den senarelagd bearbetning stod för 70 % av effekten och fånggrödan för 30%. Under försöksåren 1993-2005 (Myrbeck et al., 2006) var fånggrödans andel något större, 40%. Även i ett intilliggande försök på Mellby där utlakningen från odlingsystem med vårstråsäd och potatis har gjorts (Aronsson et al., 2003) har visat att bearbetningen där stått för närmare 70 % av utlakningsminskningen och fånggrödan för ca 30 %. När fånggrödan i vårt försök istället brukades ner på våren var motsvarande minskning 25 kg ha⁻¹ och där kunde 60 % av effekten härröras till bearbetningen och 40% till fånggrödan.

Vårplöjning utan fånggröda innebar något högre kvävenivåer under hösten jämfört med både höstnedbrukad fånggröda och vårplöjning med fånggröda, men däremot tycktes mineraliseringen under vintern som lägst i detta led. Som nämnts ovan har de senaste åren varit lite speciella vad gäller kvävedynamiken i marken under vintern i försöket, eftersom mineralkväveinnehållet ökade ovanligt mycket från provtagningen i december och fram till våren. Vi vet genom mätningar i intilliggande försök att avrinningen under dessa vintrar inte varit onormalt låg varför dessa resultat inte kan förklaras med låg avrinning utan snarare tycks bero på en hög mineralisering. Nedbrukning av fånggröda sent på hösten gav upphov till en kraftig ökning av markkvävemängderna mellan december och mars (37 kg ha⁻¹) jämfört med system med fånggröda nedbrukad på våren (27 kg ha⁻¹) eller vårplöjning utan fånggröda (17 kg ha⁻¹).

Den tydligaste skillnaden mellan nedbrukning av fånggröda på våren och nedbrukning på hösten var de betydligt lägre mineralkvävemängderna på våren efter vårnedbrukning. Varma vintrar kan en betydande mineralisering ha skett från den fånggröda som brukades ner i november. Skillnaden mellan leden kan emellertid också till viss del vara påverkad av att ledet med höstnedbrukning (led D) har legat sedan försökets start 1993 och kan ha en högre inbyggd mineraliseringspotential (se vidare nedan) än ledet med vårnedbrukning som legat sedan 2004.



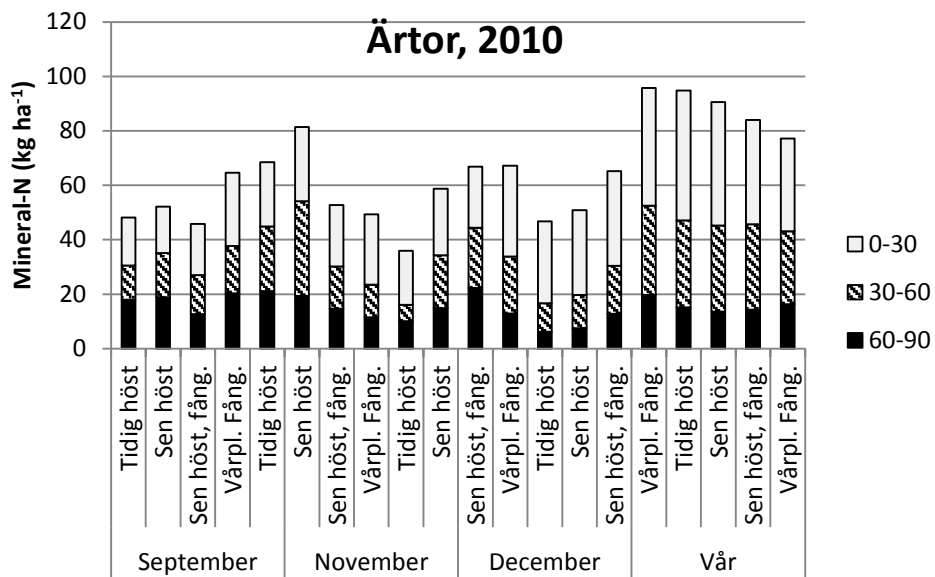
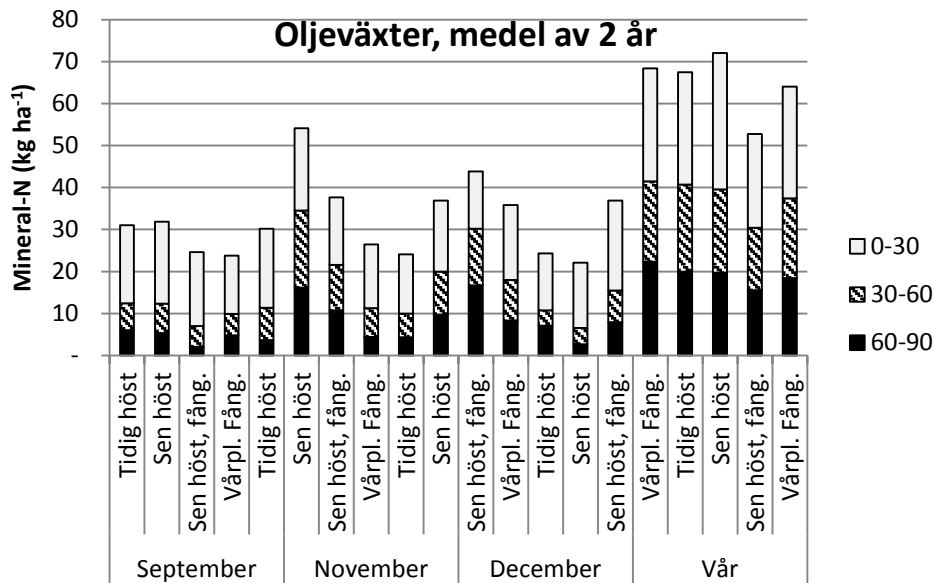
Figur 5. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90cm vid två tidpunkter under våren i de olika bearbetningsleden 2006-2010 i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C = sen höstplöjning, D = sen höstplöjning med fånggröda, E = vårplöjning med fånggröda och F = vårplöjning utan fånggröda).

Jämför man de tre leden sen höstnerbrukning av fånggröda, vårnerbrukning av fånggröda och vårplöjning utan fånggröda var alltså ökningen av mineralkväve under vintern större i ledet med sen höstnerbrukning av fånggröda än i de två andra leden. I detta fall ser det alltså ut som om vårplöjning både med och utan fånggröda är ett bättre alternativ än sen höstnerbrukning av fånggröda när det gäller att minska risken för kväveutlakning under senvintern och våren.

Figur 5 visar utvecklingen av mineralkvävet i marken under våren. Den första provtagningen är gjord tidig vår före vårplöjningen och den andra innan gödsling och sådd i försöket. En jämförelse mellan de vårplöjda leden E och F visar att kvävemängden ökade något mer från plöjningstillfället och fram till sådd i ledet utan fånggröda än i det med fånggröda. Detta skulle kunna tyda på att nerbrukningen av fånggrödan initialt gav upphov till en viss ökad immobilisering. Denna eventuella effekt tycks dock inte ha haft någon negativ inverkan på skörden eftersom ledet med fånggröda nerbrukad på våren gav den högsta medelskornden.

Ärtor och oljeväxter

Oljeväxter har funnits med i försöket under två år. När det gäller mineralkväve i marken under hösten efter skörd, var skillnaden mellan tidig och sen höstplöjning det första året, 2004, ganska liten, ca 10 kg i november månad (figur 6). Det är något mindre än vad som i genomsnitt uppmätts efter stråsäd. Under det andra året, 2008, var motsvarande skillnad 20 kg, vilket är i nivå med den genomsnittliga ledskillnaden efter stråsäd i försöket. Under båda vintrarna som följde på oljeväxter ökade kvävet i marken fram till våren. Detta var speciellt tydligt vintern 2008/2009 då vi hade en ökning på 40-60 kg ha^{-1} .



Figur 6. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i markens i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup i oljeväxter (2004 och 2008) och ärtor (2010) i försök R2-8405, Mellby vid olika plöjningstidpunkter samt med och utan fånggröda. Observera att det är olika skala på y-axeln i figurerna.

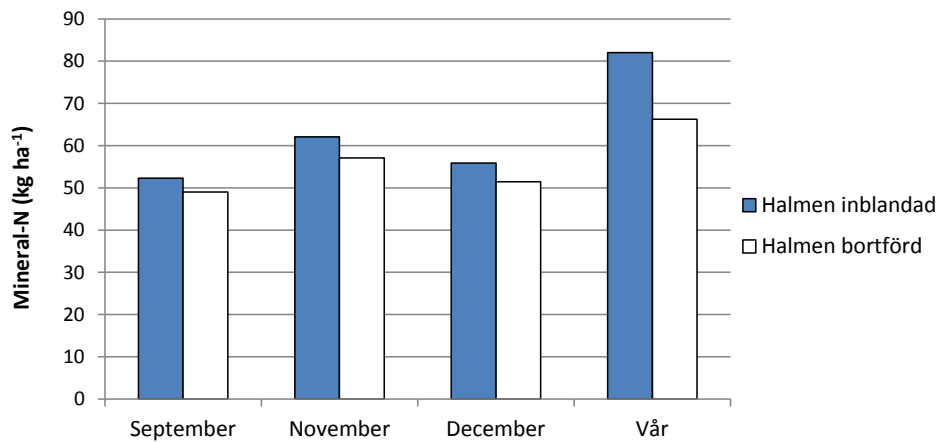
Efter skörden av ärtor 2010 var mineralkvävenivåerna höga under hela hösten och vintern som följde. Skörden uppgick inte till mer än ca 2,5 ton vilket kan förklara de höga restkvävenivåerna i september. De kväverika skörderesterna gav sedan upphov till en hög mineralisering under hösten och betydelsen av bearbetningstidpunkt var betydligt större än efter både oljeväxter och stråsäd. I november 2010 fanns ca 35 kg ha⁻¹ mer mineralkväve i profilen i tidigt än i sent plöjda led. Mellan november och december minskade sedan mineralkvävet i det tidigt plöjda ledet med ca 20 kg och sannolikt har åtminstone en del av det förlorats via läckage.

Halmnedbrukning - långsiktiga effekter

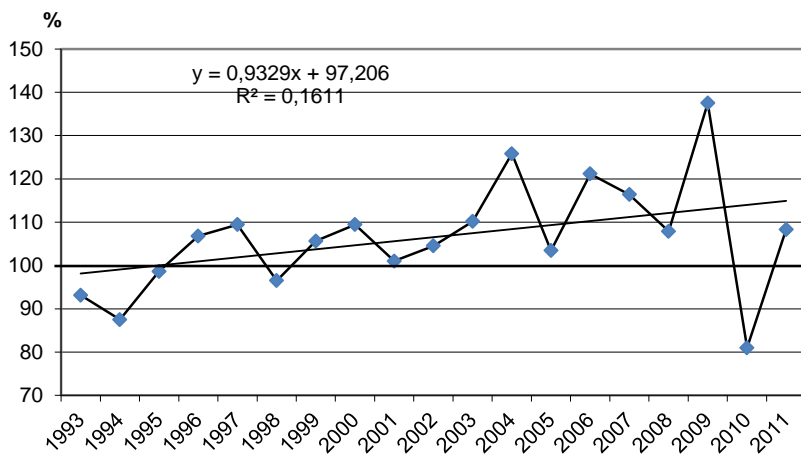
Mineralkvävemängderna i marken var under höstarna 2006-2011 lägre i de led där halmen förts bort än där den plöjts ner (figur 7). Den trend vi kunnat se i detta försök de senaste åren, där nerplöjning av halm gett ett större innehåll av mineralkväve i marken (Myrbeck et al. 2006), har därmed hållit i sig. En intressant jämförelse kan göras med ett ”långliggande” försök på styv lera i Västergötland där halmnedbrukningen konstant har lyckats minska mineralkväveinnehållet med några kilo (Stenberg et al., 2005).

Halmbehandlingarna har generellt sedan försökets start haft en begränsad påverkan på mineralkvävet i marken. Dock har effekten av nedbrukning respektive bortförsel tenderat att förändras med åren. De första åren gav bortförseln av halm ett något större mineralkväveinnehåll under hösten men sedan vände trenden. De senare årens resultat har visat på en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner (figur 8). Denna trend gällde även för perioden 2006-2011. Detta kan bero på att marken vid halmnedbrukningen har tillförts en större mängd organiskt material tillgängligt för nerbrytning. Man hade kunnat vänta sig att halmnedbrukningen skulle ha behövt pågå under en längre tidsperiod innan mätbara skillnader uppstod. I ett liknande försök i västra England har 11 års nedbrukning av halm inte givit upphov till några ökade mängder mineralkväve i marken under hösten (Nicholson et al, 1997). Någon effekt på kärnskördarna hade halmbehandlingen inte i detta försök.

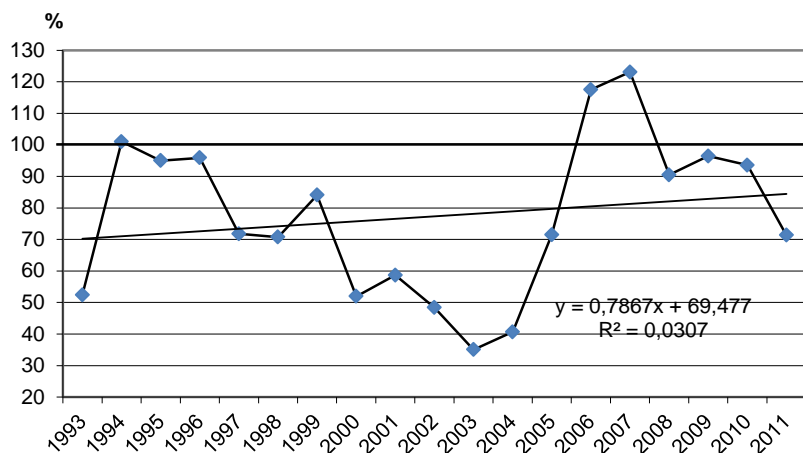
Det är möjligt att vi genom att hacka halmen innan nedbrukning hade kunnat åstadkomma en nettoimmobilisering. En hackning underlättar för mikroorganismerna att komma åt kolet i halmen genom en ökning av angreppsytorna och en jämnare fördelning av halmen i marken (Jensen & Ambus, 2000).



Figur 7. Halmnedbrukningens betydelse för mängden mineralkväve i marken (0-90 cm) vid respektive provtagningsstidpunkt i försök R2-8405 på Mellby. Medeltal för åren 2006-2010.



Figur 8. Långsiktiga effekter av halmnedbrukning på innehållet av mineralkväve i marken (0-90 cm) sent på hösten (november) i försök R2-8405 på Mellby. Mängden mineralkväve i led där halmen brukats ner i % av mängden mineralkväve i led där halmen förts bort.



Figur 9. Fånggrödans betydelse för innehållet av mineralkväve i marken (0-90 cm) sent på hösten (november) i försök R2-8405 på Mellby. Mängden mineralkväve i led som haft fånggröda sedan försökets start i % av motsvarande led utan fånggröda.

Fånggröda - långsiktiga effekter

Från försökets start 1993 och fram till och med 2005 var effekten av en fånggröda som plöjs ner på hösten relativt oförändrad (figur 9). Detta betyder att fånggrödans kväveupptag under hela denna period, trots kontinuerlig odling, uppvägde en ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa. Under 2006-2011 har emellertid led D (sen höstplöjning med fånggröda) två år av sex uppvisat högre markkvävenivåer än led C (sen höstplöjning utan fånggröda). Det är möjligt att detta tyder på att en uppbyggd pool av organiskt material nu börjat ge en ökad mineralisering i ledet med fånggröda som under hösten överstiger fånggrödans kväveupptag.

Putsning av kvickrot

Putsning av kvickrot i ena halvan av det vårplöjda ledet F (led H i tidigare försöksplan) har utförts sedan 2001. De första åren syntes en positiv effekt av putsningen. De senaste åren har dock resultatet varit mycket varierande (tabell 6). År 2006 blev ingen putsning utförd på grund av trasig utrustning. Hösten 2010 sprutades försöksrutorna inom ledet med glyfosat och ingen klippning eller registrering gjordes därför det året. 2011 uteblev putsningen på grund av extremt blöta förhållanden. Sedan starten 2001 har antalet kvickrotsskott i medeltal inte påverkats av putsningen medan massan mätt i gram har minskat med 7%.

Att senarelagd bearbetning leder till uppförökning av kvickrot har även observerats i andra försök på Mellby.

Tabell 6. Effekten av kvickrotsputsning på hösten i det vårplöjda ledet (F). Antal kvickrotsskott samt mängd kvickrot i gram per kvadratmeter i oputsad respektive putsad del av rutorna

Datum	Antal/m ²		Gram/m ²	
	Utan putsning	Putsning	Utan putsning	Putsning
2007-09-12	519	557	97	112
2007-11-23	334	479	70	73
2008-09-17	271	439	130	194
2008-11-05	385	402	124	78
2009-10-28	587	460	133	117
Medel	419	467	111	115
Relativtal 2007-2009	100	111	100	104
Relativtal 2001-2009	100	102	100	93

Slutsatser

- Kontinuerlig senareläggning av höstplöjning under en längre följd av år minskade ansamlingen av utlakningsbart kväve i marken i oförändrad omfattning.
- Vårnedbrukad fånggröda minskade mängden utlakningsbart kväve mer än höstnedbrukad fånggröda.
- Vid både höst- och vårnedbrukning av fånggröda stod den senarelagda bearbetningen för en större andel av reduktionen av mineralkväve under hösten än fånggrödan.
- Nedbrukning av fånggröda sent på hösten gav upphov till en kraftigare mineralisering under vintern jämfört med både system med fånggröda nedbrukad på våren och enbart vårplöjning (utan fånggröda).
- Efter en längre tids kontinuerlig användning av fånggröda fanns tendenser till att en uppbyggd pool av organiskt material börjat ge en ökad mineralisering, som vissa höstar översteg fånggrödans kväveupptag.
- Nedbrukning av halm ledde inte till någon nettoimmobilisering av kväve under hösten utan tidigare års trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner höll i sig.

- Putsning av kvickrot under hösten hade ingen tydlig effekt på kvickrotstrycket.

Litteratur

- Aronsson, H., Torstensson, G. 2001. Insådda fånggrödor som redskap att minska kväveutlakningen. Aktuella resultat från utlakningsförsök i södra Sverige. Teknisk rapport nr 61. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H., Torstensson, Lindén, B., 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland. Ekohydrologi 74. SLU, Uppsala.
- Arvidsson, J. 1997. Tidig sådd på lätt jord i Halland. In: J. Arvidsson (Ed.), Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 91, Uppsala. 80 s.
- Bergkvist, G., Ohlander, L., Rydberg, T. 2002. Insådd av fånggrödor i höstsäd. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bhagal, A., Young, S.D., Sylvester-Bradley, R. 1997. Straw incorporation and immobilization of spring-applied nitrogen. *Soil use and management* 13:111-116.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997b. Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.* 42: 241-252.
- Jensen, E.S., 1996. Compared cycling in a soil-plant system of pea and barley residue nitrogen. *Plant and Soil.* 182:13-23.
- Jensen, E.S., Ambus, P. 2000. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralisation-immobilisation in soil. *Kungliga Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift.* 139:8, s 25-32.
- Myrbeck, Å., Rydberg, T., Stenberg, M., Aronsson, H., 2006. Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingsystem med och utan fånggröda. Slutrapport från försök 2000-2005. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr 110. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Mills, A.R., Strachan, P.J. 1997. Effects of repeated straw incorporation on crop fertilizer nitrogen requirements, soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses. *Soil Use and Management*, 13:136-142.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Rydberg, T., Lindén, B. & Gustafson, A. 1999:a. Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingsystem med och utan fånggröda. Avd. f. jordbearbetning. Meddelande från Jordbearbetningsavdelningen 29.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999:b. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50:115-125.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B. och Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord – Slutrapport. Rapporter från Avdelningen för precisionsodling, nr 3. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Torstensson , G., Gustafson, A., Lindén, B., Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmjord med handels- och stallgödslade odlingssystem i södra Halland. Ekohydrologi nr 28, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Muntliga meddelanden

Fogelfors, Håkan. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 2002.

Bilaga 1. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i led A-H i *september* (före tidig plöjning) i försök R2-8405, Mellby, respektive år¹ samt i medeltal

Led			A	B	C	D	E	F
Plöjning			Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Vår	Vår
Fånggröda Halmhantering			Utan Nedbr.	Utan Bortf.	Utan Nedbr.	Med Nedbr.	Med Nedbr.	Utan Nedbr.
September	2006	0-30	26	24	28	29	47	28
		30-60	20	18	21	20	14	13
		60-90	12	11	14	12	8	10
		0-90	58	54	63	60	69	51
	2007	0-30	21	23	18	15	17	21
		30-60	9	11	7	6	6	9
		60-90	4	5	5	3	4	4
	2008	0-90	34	38	30	24	27	33
		0-30	23	21	24	24	20	25
		30-60	7	6	8	5	8	8
		60-90	5	5	3	2	3	3
	2009	0-90	35	32	35	32	31	36
		0-30	30	30	30	32	30	31
		30-60	24	22	24	23	24	26
		60-90	27	27	26	26	27	28
	2010	0-90	81	78	80	80	80	85
		0-30	20	15	17	19	27	24
		30-60	14	11	16	14	17	24
		60-90	19	17	19	13	20	21
	Medel	0-90	54	43	52	46	65	69
0-30		24	23	23	24	28	26	
30-60		15	14	15	14	14	16	
60-90		13	13	13	11	12	13	
		0-90	52	49	52	48	54	55

¹ År 2011 missade försökspatrullen provtagningen i september.

Bilaga 2. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i led A-H i **november** (före sen plöjning) i försök R2-8405, Mellby, respektive år samt i medeltal

Led			A	B	C	D	E	F
Plöjning	Fånggröda Halmhantering		Tidig	Tidig	Senhöst	Senhöst	Vår	Vår
			höst	höst	Utan	Med	Med	Utan
			Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Nedbr.	Nedbr.	Nedbr.
November	2006	0-30	13	11	15	24	16	17
		30-60	20	17	10	9	3	6
		60-90	30	24	14	15	6	9
		0-90	63	52	40	47	26	32
	2007	0-30	31	26	15	22	18	17
		30-60	24	22	7	8	5	8
		60-90	9	7	4	2	3	5
	2008	0-90	64	55	26	32	25	30
		0-30	15	14	14	14	14	17
		30-60	13	12	5	4	5	6
		60-90	13	11	3	2	2	5
	2009	0-90	41	38	21	19	21	28
		0-30	30	28	23	26	23	23
		30-60	30	15	9	7	5	14
		60-90	9	7	5	3	5	7
	2010	0-90	69	50	37	35	33	43
		0-30	26	36	23	26	20	25
		30-60	29	32	16	12	6	19
		60-90	18	21	15	12	10	15
	2011	0-90	72	89	53	49	36	59
0-30		26	29	25	20	12	24	
30-60		19	13	17	9	3	15	
60-90		18	16	14	11	6	15	
Medel	0-90	63	58	56	40	21	54	
	0-30	24	24	19	22	17	20	
	30-60	22	19	11	8	4	11	
	60-90	16	14	9	7	5	9	
		0-90	62	57	39	37	27	41

Bilaga 3. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i led A-H i *december* i försök R2-8405, Mellby, respektive år¹ samt i medeltal

Led			A	B	C	D	E	F
Plöjning			Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Vår	Vår
Fånggröda Halmhantering			Utan Nedbr.	Utan Bortf.	Utan Nedbr.	Med Nedbr.	Med Nedbr.	Utan Nedbr.
December	2007	0-30	23	17	19	23	18	21
		30-60	25	20	9	6	4	5
		60-90	14	14	4	4	5	6
		0-90	62	51	32	33	26	33
	2008	0-30	17	17	22	20	25	20
		30-60	13	12	11	5	5	7
		60-90	14	13	4	5	2	5
	2009	0-90	45	42	37	30	32	31
		0-30	12	13	15	19	14	14
		30-60	21	17	9	7	3	12
		60-90	16	17	6	5	4	15
	2010	0-90	50	47	30	30	21	40
		0-30	23	22	33	31	30	35
		30-60	23	21	21	12	10	18
		60-90	22	23	13	8	6	13
			0-90	67	67	67	51	47
	Medel	0-30	19	17	22	23	22	22
		30-60	21	17	12	7	6	10
		60-90	16	17	7	5	4	10
		0-90	56	51	42	36	31	42

¹ År 2006 och 2011 missade försökspatrullen provtagningen i december.

Bilaga 4. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i led A-H *tidig vår* i försök R2-8405, Mellby, respektive år samt i medeltal

Led			A	B	C	D	E	F
Plöjning			Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Vår	Vår
Fånggröda Halmhantering			Utan Nedbr.	Utan Bortf.	Utan Nedbr.	Med Nedbr.	Med Nedbr.	Utan Nedbr.
Tidig vår	2006	0-30	23	21	32	38	31	33
		30-60	15	14	29	24	12	19
		60-90	11	11	12	13	3	10
		0-90	49	46	72	75	46	62
2007	0-30	20	18	18	28	28	18	
	30-60	74	38	36	30	21	28	
	60-90	36	19	17	19	8	12	
2008	0-30	130	74	71	77	57	58	
	30-60	32	29	31	33	29	21	
	60-90	19	16	16	18	5	6	
	0-90	17	14	7	9	2	2	
2009	0-90	67	60	54	61	36	29	
	0-30	28	27	27	29	29	30	
	30-60	27	26	27	27	27	28	
	60-90	31	29	28	30	29	31	
2010	0-90	86	83	82	86	85	89	
	0-30	23	20	29	36	34	29	
	30-60	19	17	21	21	19	16	
	60-90	12	13	9	8	5	7	
2011	0-90	54	50	59	64	57	52	
	0-30	48	39	48	45	38	34	
	30-60	38	28	32	32	31	27	
	60-90	21	19	15	14	14	16	
2012	0-90	107	85	95	91	84	77	
	0-30	15	15	16	20	21	19	
	30-60	14	13	14	22	14	15	
	60-90	13	11	12	14	6	10	
Medel	0-90	42	39	42	56	41	44	
	0-30	27	24	29	33	30	26	
	30-60	29	22	25	25	18	20	
	60-90	20	16	14	15	10	13	
		0-90	76	62	68	73	58	59

Bilaga 5. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i led A-H *sen vår* (före sådd) i försök R2-8405, Mellby, respektive år¹ samt i medeltal

Led			A	B	C	D	E	F
Plöjning			Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Vår	Vår
Fånggröda Halmhantering			Utan Nedbr.	Utan Bortf.	Utan Nedbr.	Med Nedbr.	Med Nedbr.	Utan Nedbr.
Sen vår	2007	0-30	127	127	254	186	145	183
		30-60	45	68	54	54	36	38
		60-90	32	23	30	25	18	35
		0-90	204	218	337	265	198	255
	2008	0-30	23	25	25	33	31	32
		30-60	16	16	16	8	4	7
		60-90	16	14	8	0	3	3
		0-90	55	55	48	41	37	41
	2010	0-30	40	31	43	50	48	43
		30-60	25	17	24	32	18	18
		60-90	13	12	8	8	3	8
		0-90	78	60	75	89	69	69
	2011	0-30	153	174	246	161	179	102
		30-60	89	55	92	65	80	82
		60-90	96	102	74	134	58	67
		0-90	338	331	411	359	318	251
Medel ²	0-30	31	28	34	42	39	38	
	30-60	20	16	20	20	11	12	
	60-90	15	13	8	4	3	5	
	0-90	67	57	61	65	53	55	

¹ År 2009 missades provtagningen sen vår.

² Medel av år 2008 och 2010. År 2007 och 2011 är exkluderade eftersom provtagningen dessa år av misstag gjordes efter gödsling av försöket och värdena därför ej är representativa.