



Mineralkväve i marken efter höstraps och efter havre - en fältstudie samt ett inkubationsförsök avseende inverkan av höstraps- och havrehalm på kväve- förhållandena i jorden

Residual mineral nitrogen in the soil after winter oilseed rape and after oats - a field study, and an incubation experiment concerning the effect of oilseed and oat straw on mineral nitrogen in soil

Examensarbete av:
Sunita Hallgren

Handledare:
Börje Lindén



FÖRORD

I föreliggande examensarbete redovisas resultat från fältförsök, utförda i Västergötland hösten 1998 och våren 1999. Mineralkvävemängderna i marken efter odling av höstraps och havre studerades genom kväveprofilprovtagning. En inkubationsstudie där höstraps- och havrehalm blandades in i jord utfördes under fältförhållanden vid Lanna försöksstation. Alla analyser utfördes av AnalyCen Nordic AB vid det dåvarande laboratoriet i Skara.

Examensarbetet är utfört vid Institutionen för jordbruksvetenskap SLU Skara, som en del av författarens studier inom agronomprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala.

Mitt varmaste och största tack går oavkortat till fantastiske Börje Lindén (SLU Skara), en person med stora kunskaper inom växtnäringsämnet, svenska språket samt livets begivenheter. Tack också till distriktsförsöksledare Johan Roland och försökstekniker Rolf Tunared för hjälp med det experimentella fältarbetet vid Lanna försöksstation.

Ett särskilt tack till Ingrid Lewenstedt, Claes-Göran Bengtsson, Lars-Johan Hesselmark, Hans-Erik Brink, Svante Andreæ, Ove Mark och Per-Olof Abelsson för att ni som lantbrukare ställt era fält och grödor till förfogande för denna undersökning. Utan er och andra lantbrukares bidrag till olika studier skulle mångfalden och verklighetsanknytningen i försöksverksamheten minska och resultaten därav bli mindre allmängiltiga.

Ett stort tack också till Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning och Stiftelsen fil. dr Gösta Anderssons Stipendiefond vid Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning för de ekonomiska bidrag som har bidragit till att göra denna undersökning möjlig.

Den utdragna process som detta examensarbete har inneburit medför att det även finns ett behov av att tacka alla dem, min familj, mina vänner och kollegor, som hela tiden uppmanat mig att inte ge upp utan att fortsätta planera för ett färdigställande av examensarbetet, ett mål som nu äntligen har uppnåtts.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. SAMMANFATTNING	4
2. INLEDNING	6
2.1 BAKGRUND OCH SYFTE	6
3. LITTERATURSTUDIE	8
3.1 ODLINGSFÖRUTSÄTTNINGAR FÖR HÖSTRAPS	8
3.1.1 Allmänt	8
3.1.2 Förfrukter till höstraps	8
3.1.3 Höstraps som förfrukt	8
3.2 KVÄVEGÖDSLING TILL HÖSTRAPS	9
3.2.1 Hösten efter sådd	9
3.2.2 Höstgödslingens och såtidpunktens inverkan på rothalsdiameter och plantantal	10
3.2.3 Våren efter övervintring	10
3.3 KVÄVEINNEHÅLL I HÖSTRAPSGRÖDAN	12
3.3.1 Höstrapsens upptag av kväve under hösten efter sådd	12
3.3.2 Höstrapsens upptag av kväve under vår och sommar fram till skörd	13
3.3.3 Höstrapsens utveckling och kväveupptagets förlopp från våren fram till skörd	13
3.3.4 Bladavfall	14
3.3.5 Kväve i fröskörden	15
3.3.6 Rötter	16
3.4 KVÄVEFÖRHÅLLANDEN I MARKPROFILEN UNDER HÖSTEN EFTER SÅDD AV HÖSTRAPS	16
3.4.1 Mineralkväve i markprofilen under hösten efter sådd av höstraps	16
3.4.2 Utlakning under vinterhalvåret efter sådd av höstraps	17
3.5 HALM - BESTÅNDSDELAR, NEDBRYTNING SAMT KOL- OCH KVÄVEMINERALISERING	17
3.5.1 C/N-kvot	18
3.5.2 Kväveinnehåll i halm	18
3.5.3 Andra faktorer som påverkar nedbrytningen av halm	18
3.6 KVÄVE I MARKEN EFTER SKÖRD AV HÖSTRAPS	20
3.6.1 Kväveprocesser vid mognad och efter skörd av höstraps	20
3.6.2 Utlakning under vinterhalvåret efter skörd av höstraps	20
4. MATERIAL OCH METODER	22
4.1 FÖRSÖKSPLATSER	22
4.2 KVÄVEPROFILPROVTAGNING OCH BESTÄMNING AV MINERALKVÄVE	26
4.3 VÄXTANALYS	26
4.4 INKUBATIONSSTUDIE	27
4.4.1 Försöksplan	27
4.4.2 Förberedelser för inkubationsstudien	29
5. RESULTAT OCH DISKUSSION	31
5.1 VÄDERDATA	31
5.2 KVÄVEGÖDSLING PÅ HÖSTRAPS- OCH HAVREFÄLTEN	31
5.2.1 Höstraps	32
5.2.2 Havre	33
5.3 KVÄVEPROFILPROVTAGNING	33
5.3.1 Mineralkväve i marken	33
5.3.2 Kväve i höstvetegrödan	35
5.3.3 Mineralkväve på enskilda gårdar och fält	36
5.3.4 Gödslingens inverkan på mineralkväve i markprofilen på enskilda gårdar	38
Figur 19. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 1	40
Figur 20. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 2	41

<i>Figur 21. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 3.....</i>	<i>42</i>
<i>Figur 22. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 4.....</i>	<i>43</i>
<i>Figur 23. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 5.....</i>	<i>44</i>
<i>Figur 24. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 6.....</i>	<i>45</i>
<i>Figur 25. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 7.....</i>	<i>46</i>
5.4 INKUBATIONSSTUDIE.....	47
6. ÖVERGRIPANDE DISKUSSION	49
6.1 MINERALKVÄVE EFTER HÖSTRAPS I JÄMFÖRELSE MED HAVRE OCH EFTER SÅDD AV HÖSTVETE.....	49
<i>6.1.1 Jämförelser med andra undersökningar</i>	<i>49</i>
<i>6.1.2 Faktorer som inverkar på kväveförhållandena i marken och på kväveutlakningsrisken efter skörd av höstraps.....</i>	<i>49</i>
6.2 INVERKAN AV HÖSTRAPSHALM OCH ANDRA VÄXTRESTER PÅ KVÄVEOMSÄTTNINGEN I JORDEN	51
6.3 ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA RISKEN FÖR KVÄVEUTLAKNING VID ODLING AV HÖSTRAPS	53
<i>6.3.1 Åtgärder i samband med sådd av höstraps.....</i>	<i>53</i>
<i>6.3.2 Åtgärder under vår och sommar.....</i>	<i>53</i>
<i>6.3.3 Åtgärder efter skörd av höstraps</i>	<i>54</i>
7. SUMMARY	55
8. REFERENSER.....	57
9. PERSONLIGA MEDDELANDEN	61

1. SAMMANFATTNING

Höstraps är en gröda med gott förfruktsvärde, vars luckrande pålrotssystem, egenskaper som avbrottsgröda till spannmål samt positiva kväveeffterverkan hör till de mest intressanta aspekterna för praktisk odling. Syftet med examensarbetet var att belysa kväveprocesser i marken efter skörd av höstraps, vilka påverkar kväveeffterverkan och utlakningsrisken efter odling av denna gröda. I undersökningen ingick en fältstudie med kväveprofilprovtagning för bestämning av mineralkväve vilken genomfördes på sju gårdar i västra Skaraborg 1998/99 och därutöver gjordes en inkubationsstudie med höstrapshalm under fältförhållanden vid Lanna försöksstation i Västergötland. Även en litteraturoversikt som berör höstrapsens biologi och praktiska odling har genomförts.

På de sju gårdarna undersöktes vardera två fält, ett med höstraps och ett med havre. Samtliga skiften var avsedda att besås med höstvet efter skörden 1998. Vid tre tillfällen under hösten, från augusti till november, samt i april efterföljande vår togs jordprover ut för bestämning av markprofilens innehåll av mineraliskt kväve (ammonium- och nitratkväve). Provtagningen utfördes med indelning i tre skikt: 0-30, 30-60 samt 60-90 cm djup. I samband med den tredje kväveprofilprovtagningen (i november) provtogs höstvetegrödan genom klippning vid markytan med avsikt att bestämma dess kväveupptag efter sådd.

Inkubationsstudien genomfördes i syfte att närmare studera hur höstrapsens halm påverkar kvävemineralisering och kväveimmobilisering i marken under hösten efter skörden. Halm från höstraps och havre blandades med jord i plastburkar som placerades på 15 cm djup i matjorden på ett fält vid Lanna och därefter täcktes med jord. Höstrapshalmen (i bitar om 2 cm) tillfördes i två fraktioner i var sitt led: finhalm och grovhalm. Höstraps- och havrehalmens verkan jämfördes med kvävemineraliseringens förlopp i jord utan halmtillsats. Provtagning av inkubationsburkarna utfördes tre gånger under hösten, varefter jordens innehåll av ammonium- och nitratkväve bestämdes.

I medeltal innehöll markprofilen, 0-90 cm, på de undersökta fälten vid samtliga fyra provtagningstillfällen något större mineralkvävemängder (+1...+7 kg N/ha) efter höstraps än efter havre. De mineralkvävemängder som återfanns i denna studie var oavsett förfrukt i storleksordningen 6-39 kg N/ha. Detta är i jämförelse med andra undersökningar generellt små mängder. Resultaten hade troligen påverkats av den mycket nederbördsrika sommaren och hösten 1998. Den blöta hösten innebar sannolikt att det utöver utlakning uppkom omfattande kväveförluster genom denitrifikation i de undersökta jordarna, som i flertalet fall dessutom utgjordes av leror. Detta kan vidare vara en förklaring till den ringa skillnaden i mineralkvävemängderna mellan jordarna med höstraps och havre.

Att det efter odling av höstraps ofta ansamlas mer mineralkväve i markprofilen än efter stråsäd har dokumenterats i flera studier. Förklaringar till detta kan vara att höstrapsens kväveupptagning avslutas tidigare än havrens, och därför anhopas mer mineraliserbart kväve i jorden på höstrapsfält än havrefält. Höstrapsplantorna tappar dessutom en hel del blad och andra lättnedbrytbara växtdelar under sommaren, och nedbrytningen av detta växtmaterial borde leda till ökad kvävefrigörelse och anhopning av mineraliserat kväve i marken. Då höstrapsrötternas biologi tycks vara obetydligt undersökt kan där finnas ytterligare förklaringar till större mineralkvävemängder efter höstraps än efter stråsäd.

Höstvete, som i genomsnitt såddes den 30 september efter höstrapsen och efter havren, tog i medeltal bara upp drygt 3 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna under hösten. Höstvetet kan därför inte anses ha minskat kväveutlakningsrisken under hösten.

Den genomförda inkubationsstudien visade att höstrapshalmen hade en hög kol/kväveknot ($C/N = 88$) och kan därmed jämföras med spannmålshalm beträffande egenskaperna i nedbrytnings- och mineraliseringsprocessen. Av studien framgår att höstrapshalm inte är speciellt kväverik (för fin- och grovhalm 0,5 respektive 0,6 % N av ts) och att den liksom havrehalm uppenbarligen immobiliserar kväve vid nedbrytningen. Den kan därmed inte bidra till anhopningen av mineraliserat kväve efter skörden. Den liknar således spannmålshalm i dessa avseenden och skulle vid en jämn inblandning i matjorden snarare immobilisera det mineralkväve som bildats under höstrapsens mognadsperiod och under hösten därefter.

Även om höstrapshalmen i praktiken inte blandas med matjorden så ingående som i den genomförda inkubationsstudien, är det som nämnts rimligt att anta att den i alla fall inte bidrar till ökade tillskott av mineralkväve under hösten efter skörd av höstraps och ej heller förbättrar efterföljande grödas kväveförsörjning. Med detta som bakgrund kvarstår det ovan diskuterade bladavfallet samt de efter skörd kvarlämnade höstrapsrötterna och den långa perioden från avslutad kväuepptagning till hösten, med ökad anhopning av mineraliserat kväve som följd, som faktorer som bidrar till höstrapsens goda förfruktsvärde men dessvärre även till ökad kväueutlakning under vinterhalvåret.

Resultaten ger vid handen att höstrapshalmens kväueimmobiliserande förmåga skulle kunna utnyttjas till att minska kväueutlakningsrisken efter höstraps. Genom finfördelning av halmen, t.ex. med en betesputs, och ytlig inblandning i marken skulle immobiliseringen kunna göras mer effektiv än annars i praktiken. Med enbart ytlig inblandning förhindras att kväuemineraliseringen i matjorden i övrigt stimuleras under hösten.

2. INLEDNING

2.1 Bakgrund och syfte

Omfattningen av oljeväxtodlingen har varierat kraftigt de senaste 50 åren. I Sverige minskade den under 1990-talet. Trenden inom EU gick åt motsatt håll, och en ökning ägde rum under 1990-talet från 2,4 miljoner hektar 1990 till ca 3,0 miljoner hektar år 2000. I Sverige skedde en förändring lik den inom EU under 2002, då oljeväxtodlingen ökade och närmade sig 71 000 ha (Jordbruksverket, 2003). Den totala oljeväxtodlingen var som mest omfattande 1951 med 190 000 hektar (Jordbruk och boskapsskötsel, 1952). Som mest har den odlade höstrapsarealen utgjort 89 000 hektar, vilket var samma år. Även år 1990 odlades mycket höstraps, 85 000 hektar (Jordbruksstatistisk Årsbok, 1991). Tabell 1 visar delar av oljeväxt- och höstrapsodlingens utveckling under de senaste 50 åren i Sverige.

Tabell 1. Areal (hektar) oljeväxter (Jordbruk och boskapsskötsel, SCB, 1952 och Jordbruksstatistisk Årsbok 1991, 1996, 2002 samt Jordbruksverket, 2003).

	Total areal oljeväxter	Härav höstraps	Höstraps, %
1951	190 000	89 000	47
1990	168 000	85 000	51
1995	106 000	56 000	53
2001	49 000	20 000	41
2002	71 000	31 000	44

Höstraps är, liksom höstrybs och vårformerna av båda, en bra omväxlingsgröda i dagens spannmålsdominerande växtföljder. Höstrapsens möjligheter att minska förekomsten av spannmålspatogener, dess luckrande pårlotssystem och positiv kväveefterverkan är huvudsakliga orsaker till att dess förfruktswärde är stort, och skördeökningar mellan 5 och 25 % i jämförelse med stråsäd som förfrukt är normala (Engström & Gruvaeus, 1998; Fågelfors, 2001).

Begreppet ”Grön mark” innebär att åkerjorden hålls bevuxen och därmed obearbetad under hösten. Införandet av krav på grön mark för att minska kväveutlakningen har för mellersta och norra Götaland inneburit att 50 % av marken ska vara höst- eller vinterbevuxen. För södra Götaland är motsvarande siffra 60 % av arealen. Syftet är att minska jordbrukets negativa miljöpåverkan genom minskad kväveutlakning från åkermark. Höstraps är godkänd som grön mark.

Höstraps sådd i rätt tid och vid god etablering har en mycket god förmåga att ta upp kväve från marken under hösten efter sådd (Lindén & Wallgren, 1988). I situationer med stora mängder sådant mineralkväve i marken, såsom efter EU-träda med tillförsel av stallgödsel (Engström et al., 2000) eller efter vallbrott på sommaren (Nyberg & Lindén, 2000), kan höstrapsen väsentligt förbättra kväveutlakningssituationen. Det kan därför också konstateras, att höstoljeväxter är den enda höstsådda gröda, till vilken man kan tillföra stallgödsel i normala mängder vid sådden utan risk att en stor del av stallgödselkvävet förblir outnyttjat på hösten av grödan och sedan utlakas. Från miljösynpunkt finns det i detta avseende fog för att behålla och utveckla odlingen av höstraps, även om mer mineraliserat kväve tycks anhopa sig efter skörden av höstraps än efter stråsäd (Hessel et al., 1998), vilket påverkar utlakning och N-efterverkan.

För såväl de höstrapsodlande jordbrukarna som myndigheterna inom jordbruksområdet vore det viktigt att ha tillgång till fakta i dessa avseenden med tanke på pågående och kommande miljödebatter och krav på utlakningsbegränsande åtgärder. Med kännedom om kväveprocessernas omfattning och orsaker bör man också få uppslag till innovativa åtgärder för utveckling av höstoljeväxtodlingen och anpassning av N-gödslingen till den efterföljande grödan i önskad riktning.

Samtidigt skall det beaktas, att höstrapsen är en ekonomiskt viktig gröda för den enskilde odlaren och att denna har gott förfruktsvärde. Det är viktigt att ta vara på dessa gynnsamma effekter, samtidigt som man försöker minimera eventuella negativa miljökonsekvenser. Här behövs ett kunskapsunderlag för styrning av kväveprocesserna, så att N-utlakningen begränsas och N-efterverkan maximeras.

Huvudsyftet med examensarbetet är att belysa kväveförhållanden som påverkar kväveefterverkan och utlakningsrisken efter odling av höstraps. Förloppet av dessa processer är väl känt efter stråsäd men mycket lite belyst efter höstraps. Studien består av två delar: en fältstudie med kväveprofilprovtagning med bestämning av mineralkväve och en inkubationsstudie som utfördes under fältförhållanden.

Examensarbetet har genomförts vid Institutionen för jordbruksvetenskap, SLU Skara. Det experimentella arbetet utfördes 1998-1999.

3. LITTERATURSTUDIE

3.1 *Odlingsförutsättningar för höstraps*

3.1.1 Allmänt

Höstraps är en gröda som har god avkastningsförmåga. Andra fördelar är som nämnts ett bra förfruktsvärde och dessutom stor förmåga att ta upp kväve ur markprofilen under hösten efter sådden. Odling av höstraps innebär andra fördelar såsom tidig mognad med bättre arbetsfördelning i skördarbetet som följd, samtidigt som de befintliga maskinerna för spannmålsodling kan användas och inga specialmaskiner behövs (Fågelfors, 2001).

3.1.2 Förfrukter till höstraps

Höstrapsen sås normalt under augusti månad. Detta medför att antalet lämpliga förfrukter oftast är begränsat till tidigt korn, vall, träda eller konservärter. I södra Sverige sås höstrapsen ofta efter tidigt korn eller konservärter. Längre norrut i landet är träda och vall vanliga förfrukter till höstrapsen. Stubbträda har blivit allt vanligare före höstraps sedan EU-inträdet 1995, då en ny form av ersättning infördes för s.k. uttagen areal i hela landet.

Nilsson (1987) redovisar att skörden av höstraps i medeltal var större efter svartträda än efter bl.a. ettårig vall och korn. Svartträdan hade därför genomgående ett högre genomsnittligt förfruktsvärde än korn och ettårig vall, som sinsemellan var likvärdiga. Enligt Nilsson kan en av förklaringarna till trädans positiva förfruktseffekt troligen vara tillgången på mineraliserat kväve under viktiga stadier i höstoljeväxternas utveckling samt det faktum att såbäddsberedningen efter trädan sker under bättre fuktförhållanden. Efter korn som förfrukt kan nedbrukning av halmen vid konventionell jordbearbetning medföra alltför torr såbädd och därmed försämra groningen av höstrapsfröna (Nilsson, 1987).

De senaste åren har även framtagningen av mycket tidigt mognande höstvetesorter inneburit att höstvete kan odlas som förfrukt till höstraps (Stjerndahl, pers. medd.). De nya hybridrapssorterna har dessutom en senare optimal såtidpunkt, som infaller ca 10-14 dagar efter de konventionella linjesorternas. Dagens växtförädling på höstvetesidan går mot kortare strå och kortare växtperiod. Tröskning av ett höstvete som är moget i början av augusti månad och som inte efterlämnar så stora halmmängder får anses vara relativt nytt vid valet av förfrukt inför odling av höstraps.

3.1.3 Höstraps som förfrukt

Ensidig spannmålsodling medför att växtföljdssjukdomar uppföras och ger sämre odlingsförutsättningar. I spannmålsdominerade växtföljder ger odlingen av oljeväxter ett mervärde, med höjd avkastning hos efterföljande spannmålsgröda. Höstrapsen mognar tidigt vilket medför att den fungerar som en bra förfrukt även rent odlingstekniskt inför sådd av t ex höstvete. Det finns alltså flera faktorer såsom tillgång på lättillgängligt kväve, bättre markstruktur vid jordbearbetning och växtpatologiska orsaker till att höstvete ger högre skörd efter denna förfrukt än efter stråsäd. Skördeökningar för höstraps som förfrukt till höstvete, i jämförelse med höstvete efter stråsäd, upp till 20 % är inte ovanliga (Engström et al., 2000). I en försöksserie utförd av Hydro Agri, som Engström (2001) refererar till, medförde höstraps som förfrukt till höstvete en skördeökning i höstvetet motsvarande 1000 kg/ha.

Wallgren et al. (1989) konstaterade att i en växtföljd, där bl.a. tvåårig baljväxtvall-höstraps-höstvete ingick, gav höstvete utan kvävegödsling 700-800 kg/ha i merskörd än höstvete med förfrukterna gräsvall-höstraps samt vårvete-träda.

Hessel et al. (1998) konstaterade att höstvete efter förfrukten höstraps avkastade 4 % (i försöket 320 kg kärna/ha) mer än höstvete som såddes efter havre. Kvävetillförseln till höstvetet på våren i försöket var i båda leden 150 kg N/ha.

När höstraps odlas som förfrukt till höstvete minskar normalt behovet av kväve till höstvetet. Engström & Gruvaeus (1998) konstaterade att den optimala kvävegivan till höstvete minskade med omkring 30-40 kg per ha med höstraps som förfrukt i jämförelse med stråsäd. Knudsen et al. (2000) redovisar danska försöksresultat som indikerar att höstvetets optimala kvävegödsling på våren var 40 kg N/ha lägre då förfrukten varit höstraps jämfört med spannmål som förfrukt.

3.2 Kvävegödsling till höstraps

3.2.1 Hösten efter sådd

För att höstrapsen ska övervintra och utvecklas optimalt krävs att etableringen efter sådden lyckas. En bra etablering, med sådd i rätt tid, lämplig N-tillgång på hösten och en för övrigt gynnsam tillväxtprocess, medverkar till utveckling av ett rejält höstrapsbestånd vars möjlighet att ta upp kväve ur markprofilen är stor, vilket annars riskerar att utlakas.

För att plantorna skall utvecklas bra och vara rustade inför vintern får de inte lida näringsbrist under hösten. Det har diskuterats huruvida en kvävegiva till höstrapsen i samband med sådden är att föredra eller om det mest optimala är att tillföra allt kväve på våren. Resultaten av äldre svenska försök (Björklund & Wahlgren, 1955) indikerade, att en kombination av kväve-gödsling både höst och vår gav det största merutbytet vid odling av höstraps. Danska försök utförda på 1970-talet av Nordestgaard (1977) visade emellertid, i likhet med dåvarande danska rekommendationer, att en kvävegiva på hösten till rapsen efter tidigt korn inte gav det merutbyte som krävdes för optimal gödslingsekonomi. Försöken tydde visserligen på att en mindre höstgiva, 45 kg N/ha, hade positiv effekt på fröutbytet, men inte tillräckligt stor för att motivera höstgödsling. Största totala merutbytet i undersökningen hade dock en kombination av 45 kg N/ha på hösten och 135 kg N/ha på våren. Augustinussen (1994) konstaterade också att det fanns en tendens till ökat fröutbyte efter tillförsel av en mindre kvävegiva på hösten efter sådd. Däremot hade tidpunkten för denna tillförsel ingen betydelse. Spridning av en mindre kvävemängd på hösten rekommenderas numera generellt i Danmark, särskilt för att säkerställa övervintringen för rapsen vid sen sådd och förmågan att konkurrera med ogräsen. Augustinussen (1987) fann dock att endast en mindre mängd av det tillförda kvävet tas upp av sent sådd höstraps, vilket medför att tillförseln av handelsgödselkväve i själva verket innebär ökad risk för nitrattutlakning.

I en undersökning som utfördes i Mellansverige (Engström et al., 2000) fanns en tendens till att större kväueupptag på hösten medförde ökad avkastning. Stenberg et al. (1998) konstaterade att höstrapsen behövde en kvävegiva på hösten de år då etableringen och uppkomsten blev försenad p.g.a. torr väderlek. Förfrukten i studien utgjordes av vårkorn. Plantstorleken och därmed övervintringsförmågan samt tillräcklig fotosyntetiserande bladnytta till våren riskerade annars att bli för dålig.

Tidpunkten för tillförseln av kväve till höstrapsen på hösten kan tänkas ha betydelse för hur mycket av det tillförda kvävet som rapsen verkligen kan utnyttja före vintern. Tanken med en senarelagd kvävetillförsel är annars att höstrapsens rotsystem ska hinna utvecklas för att kunna ta hand om det tillförda kvävet innan det utlakas som nitrat. Augustinussen (1994) undersökte skillnaden mellan tillförsel av handelsgödselkväve (30 kg N/ha) i samband med sådden (vid två olika tidpunkter: 20 augusti och 5 september) samt 3 veckor efter sådd för de båda såtidpunkterna. Resultatet av undersökningen visade att kvävetillförsel vid den tidiga tidpunkten inte medförde någon ökad risk för nitratutlakning. Undersökningen visade däremot att den sent sådda höstrapsen innehöll mindre kväve och att mängden nitratkväve i markprofilen var större än där rapsen såtts tidigt, både med och utan tillförsel av 30 kg N/ha.

Jämförelser mellan olika radavstånd klargör att höstrapsens förmåga att tillgodogöra sig kväve under hösten förbättras vid sådd med små radavstånd. Nilsson (1987) fastställde också att höstraps sådd med 12 cm radavstånd i medeltal gav högre skörd än sådd med 50 cm, oavsett såtid och förfrukt.

Vid odling av höstraps rekommenderas idag kvävegödsling med 40-60 kg N/ha i samband med sådden då förfrukten är stråsäd. Jorden innehåller ofta mer mineralkväve efter förfrukterna vall, träda och ärter än efter stråsäd (Bengtsson et al., 1993). Är förfrukten ärter, klöverrik vall eller träda är behovet av gödselkväve på hösten litet, 0-30 kg N/ha (Frostgård, 1999; Jordbruksverket, 2002).

3.2.2 Höstgödslingens och såtidpunktens inverkan på rothalsdiameter och plantantal

I danska försök utförda av Nordestgaard (1977) konstaterades att ett kvävetillskott på hösten efter sådd av höstraps inte hade någon effekt på antalet plantor per kvadratmeter, varken på hösten eller till våren, och inverkade därmed inte på övervintringsförmågan. Bengtsson (1992) redovisade liknande resultat, men kvävegivor över 120 kg N/ha gav färre övervintrade plantor. Ogilvy (1984) redovisade däremot resultat som indikerade färre överlevande rapsplantor efter tillförsel av 40 kg N/ha på hösten. Augustinussen (1987) fann också att gödsling på hösten påverkade plantantalet negativt. Nordestgaard (1977) kunde dock konstatera att plantornas längd, antal blad per planta samt rapsstjälkens tjocklek ökade genom kvävetillförsel i samband med sådd; ju mer kväve desto längre och tjockare blev plantan. Även antalet blad per planta visade en tendens att tillta med stigande kvävetillförsel. Ökad rothalsdiameter efter höstgödsling konstaterades också av Stenberg et al. (1998). Engström et al. (2000) fann att även tidig sådd generellt gav ökad rothalsdiameter på höstrapsplantorna liksom spridning av stallgödsel före sådden.

3.2.3 Våren efter övervintring

Anpassad kvävegödsling på våren är en förutsättning för att höstrapsgrödan ska ge hög avkastning, bra kvalitet och därmed en bra ekonomi (Bengtsson & Cedell, 1993). Givan bör anpassas efter markens kvävetillstånd men också efter plantbestånd och plantutveckling. Nivån på den optimala gödslingen beror mycket av den förväntade skörden (Jordbruksverket, 2002; Yngveson, 2001). Då rapspriserna sjönk under 1990-talet ändrades även den optimala gödslingnivån. En beräkning på förhand av nivån för optimal gödsling kräver kännedom om ett antal faktorer såsom avkastning, förväntat pris på skördat frö, mineralkvävemängder i marken på våren (0-60 cm), beståndets plantutveckling samt pris per kg kväve. I Jordbruksverkets *Riktlinjer för gödsling och kalkning*, som utkommer årligen, finns beräkningar av optimal gödslingsnivå till bl.a. höstraps. Se tabell 2 för åren 1993, 1998 samt 2002. Beräkningen gäller för en skörd på 3 ton/ha, 8 % vattenhalt, förfrukt stråsäd samt ett mineralkväveförråd på våren = 30-40 kg N/ha (0-60 cm).

Tabell 2. Optimal kvävegiva på våren till höstraps i relation till fröpris och kostnad per kg gödselkväve (Jordbruksverket, 1993, 1998 & 2002)

År	Fröpris (kr/kg)	Kvävepris (kr/kg)	Optimal N-giva på våren (kg N/ha)
1993	3,15	5,50	ca 160
1998	1,80	7,50	ca 115
2002	2,00	8,70	ca 115

Då höstrapsen är en gröda med stor tillväxtkapacitet är det viktigt att tillföra kvävet när tillväxten börjar på våren (Holmes, 1980; Bengtsson & Cedell, 1993), vilket för höstraps inträffar tidigare än för flertalet andra grödor, ofta i slutet av mars. Tidpunkten för gödslingen på våren har också visat sig ha betydelse för utvecklingen av höstrapsbeståndet. Bengtsson & Cedell (1993) redovisar från försöken att en delad giva, där hälften tillfördes vid normal tidpunkt (i försöken 9-25/4) och resten vid ett senare tillfälle (i försöken 7-15/5), gav högst avkastning. Skillnaden gentemot tillförsel av hela givan vid normal tidpunkt var dock inte så stor. Enbart sen gödsling (i försöken 7-15/5) medförde sänkt avkastning liksom nedsatt råfett-halt, ökad klorofyllhalt, höjd proteinhalt samt ett ojämnt och senare moget bestånd. Fördelning av kvävet genom delad giva medför att risken för förluster genom denitrifikation, utlakning samt ytavrinning minskar.

Fröskörden ökar, liksom proteinhalten och klorofyllhalten, medan råfetthalten i fröet minskar med stigande kvävegödsling (Bengtsson & Cedell, 1993; Nordestgaard, 1977). Bengtsson & Cedell (1993) fann att rapsens skördekurva svarade starkt på ökad kvävegödsling upp till 120 kg N/ha för att därefter plana ut. I dessa försök tilltog avkastningen med kvävegivor upp till 240 kg N/ha. Liknande resultat har konstaterats i försök som Yngveson (2001) refererar. God kvävetillgång främjar avkastningskomponenten antal skidor/m² (Fågelfors, 2001).

Ett höstrapsbestånd som utvecklats kraftigt under hösten har då tagit upp ansevärda mängder kväve, vilket kräver 10-20 kg lägre kvävegiva per hektar på våren (Nilsson, 1992; Bengtsson & Cedell, 1993). En mer ingående redovisning av försöksresultat som belyser kväveupptaget på hösten återfinns i avsnitt 3.3.1.

En väl utvecklad rapsplanta har 8-10 örtblad på våren efter övervintringen (Yngveson, 2001). Beståndets planttäthet avgör också höstrapsens avkastningspotential. Ett tunnare bestånd, 40-60 plantor/m², har ofta bra förutsättningar till en hög skörd. Efter vinterns påfrestningar kan höstrapsbeståndet ha tunnats ut kraftigt. Om det finns ca 15 plantor/m² jämnt fördelat över fältet ger detta ett godtagbart bestånd under växtsäsongen (Mellqvist, 2002).

Svenska rekommendationer för tillförsel av kväve på våren till höstraps anger för närvarande 100-160 kg/kväve per hektar. Dessa råd härstammar från kvävegödslingsförsök som utfördes i början av 1990-talet, se bl.a. Bengtsson & Cedell (1993). Sortmaterialet för höstraps har de senaste åren utvecklats rejält med hybridsorters intåg på marknaden. Yngveson (2001) påpekar att gällande kvävegödslingsrekommendationer bör diskuteras och framför allt att nya försöksresultat bör tas fram för bättre anpassning av gödslingen till dagens höstrapsorter och alla därtill hörande parametrar för optimal kvävegödsling.

3.3 Kväveinnehåll i höstrapsgrödan

3.3.1 Höstrapsens upptag av kväve under hösten efter sådd

Det har i flera undersökningar gjorts bestämmningar av hur mycket kväve höstraps tar upp under hösten efter sådden. Då resultaten av dessa försök varierar ganska kraftigt, har rapsens upptag av kväve under hösten debatterats. Redan 1959 publicerade Andersson et al. (1959) en treårig, svensk studie där höstrapsens kväveupptag studerats. Sent på hösten innehöll rapsen i ovanjordiskt växtmaterial 56 kg N/ha (medeltal för tre försöksplatser).

Lindén & Wallgren (1988) fann att kväveinnehållet i höstrapsen under senhösten varierade från några tiotal kilo kväve per hektar upp till närmare 100 kg kväve i de ovanjordiska växtdelarna. En slutsats från dessa försök var att höstraps sådd med litet radavstånd och med tillräcklig tillgång på kväve kan förväntas ta upp mellan 50-100 kg kväve under hösten efter sådd. Sent sådd höstraps konstaterades även i denna studie ha svårighet att ta upp större mängder kväve. Höststråsäd tar däremot vanligen bara upp högst ett tiotal kg kväve per hektar efter sådd vid normal tidpunkt (Lindén et al., 2000).

I en undersökning med försök på varierande jordarter i Mellansverige (Engström et al., 2000) innehöll höstrapsen i medeltal 83 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna på senhösten (48 % av kväveinnehållet vid stadium 80). Stadium 80 enligt utvecklingsskalan för oljeväxter, BBCH-skalan, innebär att grödan är i begynnande mognad, fröna har full storlek men är fortfarande gröna (Lancashire et al., 1991). I försök där stallgödsel tillfördes blev det genomsnittliga upptaget 155 kg N/ha i medeltal på senhösten. I genomsnitt för alla försök innehöll de ovanjordiska växtdelarna 109 kg N/ha under hösten efter sådd, vilket motsvarade 64 % av höstrapsens totala kväveinnehåll vid begynnande frömognad.

Hessel et al. (1998) redovisar från ett försök på moränlättna vid Lönnstorp i Skåne, som ett medeltal för 1993-97, att höstraps under hösten efter sådd innehöll 42 kg N/ha i ovanjordiskt växtmaterial. Mängderna upptaget kväve i försöket varierade mellan 21 och 75 kg N/ha. Motsvarande medelvärde för höstvet i försöket var i medeltal drygt 6 kg N/ha (8 kg N/ha efter höstraps och 5 kg N/ha efter havre som förfrukt).

Sedan början av 1970-talet har det också i Danmark utförts ett antal försök med syfte att studera höstrapsens förmåga att ta upp kväve under hösten efter sådden. Razoux Schultz (1972) fann att rapsen under vart och ett av två försöksår tog upp 45 % (105 kg N/ha) respektive 26 % (64 kg N/ha) av sitt totala kvävebehov under hösten efter sådden. I genomsnitt för de två åren motsvarar detta 85 kg upptaget kväve per ha eller ca en tredjedel (35 %) av det totala kväveupptaget. Det mindre kväveinnehållet i det ena försöket berodde på att groningen av höstrapsen var utdragen. Sådden företogs den 15 augusti i de två försöken och vädret var normalt de båda försöksåren. Jorden på denna försöksplats hade hög humushalt vilket kan ha bidragit till större kväveleveranser än normalt, vilket påpekas av Augustinussen (1994).

Knudsen et al. (2000) redovisar danska försöksresultat, där höstrapsens kväveupptag har uppmätts till 30-70 kg N/ha.

Höstrapsens kväveupptag under hösten beror i hög grad av såtidpunkt och kvävetillgång. Växtanalyser visar enligt Augustinussen (1987) att de upptagna kvävemängderna hade ett tydligt samband med kvävegödslingen. Stigande givor handelsgödselkväve medförde ökade kvävehalter i höstrapsplantorna. I den försöksserie som genomfördes (tre år med bra växtbetingelser) blev medeltalet för kväveupptaget på hösten 58 kg N/ha. Augustinussen (1994)

konstaterar i ytterligare försök (medeltal för tre försöksår), där höstrapsen såddes vid två olika tidpunkter på hösten (20 augusti och 5 september) och därtill tillfördes 0 eller 30 kg N, att sådd av höstraps i augusti, utan någon kvävetillförsel, medförde ett upptag av kväve före vintern motsvarande 40 kg N/ha (plantorna grävdes upp till 20 cm djup). Tillförsel av 30 kg per hektar som handelsgödselkväve ökade den upptagna mängden med 20-25 kg till nivåer kring 60-65 kg N per hektar, oavsett om tillförsel skedde i samband med sådden eller tre veckor senare. Den raps som såddes den 20 augusti förmådde alltså att ta upp nästan allt tillgängligt nitratkväve i markprofilen under hösten. Vid den senare såtidpunkten blev den genomsnittligt upptagna kvävemängden 14 kg N/ha, utan kvävetillförsel. Gödsling med 30 kg N/ha innebar att rapsplantornas kväveinnehåll ökade till 27-29 kg N/ha. De senare sådda höstrapsplantorna hade tagit upp ca hälften av det tillförda handelsgödselkvävet. I samma undersökning (Augustinussen, 1994) konstaterades att höstraps som såddes in i vårkorn på våren tog upp 50-60 kg per hektar fram till senhösten utan kvävegödsling och 65-80 kg när 30 kg N tillfördes tidigt på hösten efter tröskning av vårkornet.

3.3.2 Höstrapsens upptag av kväve under vår och sommar fram till skörd

Det har under de senaste årtionden genomförts ett antal undersökningar, både svenska och utländska, med syfte att studera höstrapsens kväveupptag under våren. I Holmes (1980) finns flera av dessa studier refererade. Enligt Holmes (1980) och där citerad litteratur kan det konstateras att det förekommer stora variationer kring uppgifterna hur mycket kväve höstrapsen kan ta upp under våren; variationer mellan 104 och 257 kg/ha redovisas. Variationen beror enligt Holmes (1980) mer på höstrapsgrödans torrsubstansmängd än på det procentuella kväveinnehållet, som i flertalet studier visar samstämmighet. Torrsubstansproduktionen är starkt avhängig av kvävegödslingsnivån, vilket Augustinussen (1987) visar i en studie där kväveinnehållet i höstrapsplantorna, och dess olika växtdelar, tilltog med ökad kvävegödsling. Mätningen gjordes två veckor före skörd och resultatet visade att det utan kvävetillförsel fanns 71 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna och att gödsling med 180 N/ha medförde att plantorna innehöll 175 kg N/ha. Det totala kväveupptaget hos höstraps (exklusive innehållet i rötterna) kan överstiga 250 kg N/ha enligt både Holmes (1980) och Augustinussen (1987).

Andersson et al. (1959) konstaterade att höstrapsen tar upp huvuddelen av sitt kvävebehov under våren. Kväveinnehållet kort efter avslutad blomning uppmättes till 220 kg N/ha (medeltal för tre försöksplatser). En dansk undersökning (Razoux Schultz, 1972) anger liknande resultat gällande det totala kväveupptaget, 242 kg N/ha, som genomsnitt för två försök.

Nyare svenska studier visar något lägre värden på det totala kväveupptaget hos höstraps. Engström et al. (2000) fann i provtagningar att höstrapsen vid begynnande fröomognad (stadium 80) i genomsnitt innehöll 172 kg N/ha. I försök där stallgödsel tillförts blev innehållet större, 234 kg N/ha. Vid Lönnstorp (Hessel et al., 1998) fanns 102 kg N/ha i höstrapsgrödan inklusive frö, med en variation mellan 75 och 161 kg N/ha. Enligt samma undersökning innehöll höstvet 157 kg N/ha och havre 100 kg N/ha i medeltal vid stråsådens gulmognadsstadium.

3.3.3 Höstrapsens utveckling och kväveupptagets förlopp från våren fram till skörd

Torrsubstansproduktionen hos höstrapsen skiljer sig naturligt åt mellan de olika växtdelarna (Razoux Schultz, 1972; Holmes, 1980). Razoux Schultz (1972) utförde i två försök mätningar på olika växtdelars innehåll av kväve och övriga växtnäringsämnen samt torrsubstansproduktionen. De plantdelar som undersöktes var rötter, stjälk, blommor, fröskidor och frö, gröna blad samt gula och vissnade blad. Den genomsnittliga ökningen av torrsubstansen var 127 gram per dag under två försöksår. Kväveupptagningen var generellt som störst under den

vegetativa tillväxtperioden och avtog under mognadsprocessen veckorna före skörd. Razoux Schultz (1972) konstaterade även att torrsubstansproduktionen och näringsupptaget hos höstrapsen var som störst i anslutning till blomningen, vilket överensstämmer med resultat från Andersson et al. (1959), Holmes (1980) och Augustinussen (1987). Samma studier visade att under tillväxten och blomningen är näringsinnehållet störst i bladen och stjälkarna. När fröna bildas flyttas växnäring från blad och stjälk till blomanlag och frö. Samtidigt som translokering av näring sker, ökar totalinnehållet av bl.a. kväve, fosfor samt kalium i hela plantan. Det pågår alltså translokation av näring från de vegetativa till de generativa organen och denna förflyttning är som störst vid just blomningen.

Med ovanstående som bakgrund kan det vara viktigt att uppmärksamma att kväveinnehållet i höstraps, uttryckt som % av torrsubstansmängden, är som störst under hösten efter sådd, då höstrapsen befinner sig i rosettstadiet (tabell 3). Därefter sjunker kvävekoncentrationen stadiet i höstrapsplantan ända fram till skörden (Razoux Schultz, 1972; Holmes, 1980; Augustinussen, 1987).

Tabell 3. Höstrapsens utveckling från sådd till skörd: kväveinnehåll och torrsubstansmängd (efter Razoux Schultz, 1972).

Provtagnings- tidpunkt	Kväve i ovanjordiska växtdelar		Torrsubstans		Kväveinnehåll % av torrsub- stans
	kg/ha	%	kg/ha	%	
Höst	85	35	2 080	16	4,1
Tidig vår	70	29	1 800	14	3,9
Begynnande blomning	142	59	3 900	31	3,7
Avslutad blomning	215	89	10 970	86	2,0
Vid skörd	242	100	12 720	100	1,9

När höstrapsen närmar sig skördemognad avtar det totala kväveinnehållet, se Andersson et al. (1959) och flera av de studier som Holmes (1980) redovisar. Andersson et al. (1959) visade att kväveinnehållet sjönk från en total mängd på 220 kg N/ha till 165 kg N/ha vid självbindarmognad. Razoux Schultz (1972) visade motsatsen i sin undersökning, där kväveinnehållet ökade ända fram till skördetillfället. Vid avslutningen på blomningen innehöll höstrapsen 215 kg N/ha och vid skörden uppmättes, som nämnts ovan, 242 kg N/ha i medeltal av två försök (tabell 3).

3.3.4 Bladavfall

Undersökningar (Andersson et al., 1959; Razoux Schultz, 1972; Augustinussen, 1987) som genomförts i syfte att studera höstrapsens kväveupptag och torrsubstansproduktion visar att det under perioder av höstrapsens utveckling sker förluster av både kväve och torrsubstans. Andersson et al. (1959) konstaterade att grönmassaförlusten genom bladavfall var omfattande under vinterperioden, främst p.g.a. frost. Förlusterna under sommaren utgörs främst av bladavfall och drösade frön. Bladavfallet från höstrapsplantor sker således under två perioder, under vintern genom frostsador samt i samband med blomningen genom naturlig vissning (Razoux Schultz, 1972), medan drösningen äger rum strax före och i samband med tröskningen.

Augustinussen (1987) fann att bladavfallet från hösten fram till tidig vår i genomsnitt medförde en förlust på 28 kg N/ha, vilket direkt överensstämmer med det resultat som Andersson

et al. (1959) fick i sin undersökning, där kväveinnehållet minskade från 56 kg N/ha strax före vintern till 28 kg N/ha vid provtagning under tidig vår. I Razoux Schultz (1972) undersökning minskade höstrapsens kväveinnehåll från 85 kg före vintern till 70 kg N/ha under tidig vår. Torrsubstansvikten minskade under samma period från 16 till 14 % (tabell 3).

Även senare utförda svenska undersökningar har gett resultat som pekar i samma riktning. Hessel et al. (1998) fann att höstrapsen tidigt på våren i medeltal innehöll 31 kg N/ha i ovanjordiskt växtmaterial, med variationer från 9 till 67 kg N/ha, jämfört med 42 kg N/ha före vintern.



Razoux Schultz (1972) konstaterade genom mätning av torrsubstansvikten under hela växtsäsongen att gulnade och vissnade blad utgjorde hela 20 % av den totala torrsubstansen under perioden före blomningen vilket motsvarade 19 % av det totala kväveinnehållet (142 kg N/ha fanns i höstrapsplantorna före blomningen). Under denna minskade andelen vissnade blad till 7 % för att vid skördetidpunkten utgöra 3 %. Enligt Razoux Schultz (1972) innehöll höstrapsen mellan avslutad blomning och skörd 215 respektive 242 kg N/ha. De vissnade bladen skulle således under denna period utgjort i storleksordningen 6-7 kg N/ha. Augustinussen (1987) fann att det totala kväveinnehållet nådde ett maximum varefter det minskade genom kraftigt bladavfall, samtidigt som translokation av kväve från stjälk till frö startade. Bladavfallet angavs vara en trolig orsak till förlusterna.

Figur 1. Bladavfall efter blomningen i höstraps, juni månad.

3.3.5 Kväve i fröskörden

Utbyteseffektiviteten av tillfört kväve med avseende på kväveinnehållet i skördeprodukterna varierar väsentligt mellan olika grödor och växtföljder (Andersson, 1986). Generellt gäller att alla åtgärder som gynnar grödans tillväxt stärker kvävet utnyttjandegrad i detta hänseende. Vid en jämförelse mellan olika grödor visar oljeväxterna lägst utnyttjandegrad för kvävet (Andersson, 1986). Endast hälften av det kväve som tillförs oljeväxterna kan förväntas bli återfunnet i skördat frö. Ett sådant litet kväveutbyte innebär att stora mängder kväve lämnas kvar på fältet efter skörden.

Engström et al. (2000) uppmätte ett kväveskördeindex (kväve i fröet vid skörd i % av totala kväveinnehållet i ovanjordiska växtdelar) på 44 % vid stadium 80 i försök utan stallgödseltillförsel. Fröskörden i försöket innehöll 71 kg N/ha.

Holmes (1980) redovisar ett antal studier där kvävehalten i höstrapsfrö varierade mellan 2,9 och 3,7 %, med medeltal 3,5 %. I den studie som utfördes av Andersson et al. (1959) angavs höstrapsen ge 4000 kg/ha i avkastning. Fröna innehöll 3,4 % kväve vilket innebär att 135 kg N/ha återfanns i fröskörden. Enligt Fågelfors (2001) innehåller ett ton skördat rapsfrö, med 42 % olja, 38 % protein och 16 % vattenhalt, ca 35 kg kväve vilket innebär att 3 ton rapsfrö bortför ca 105 kg kväve och 5 ton 175 kg kväve.

Tabell 4. Kväveutbyte i skördeprodukterna för höstvet, vårkorn samt höstraps vid gynnsamma odlingsbetingelser och vid normal kvävegödsling (efter Andersson, 1986).

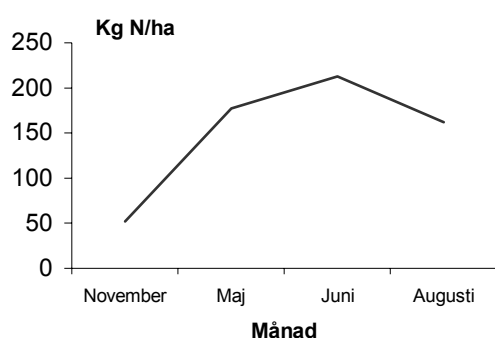
Gröda	Kärn- och fröskörd kg/ha	N-skörd kg/ha	N-gödsling kg/ha	Utbyte %
Höstvete	6000	108	120	90
Vårkorn	4500	72	100	72
Höstraps	2800	101	180	56

Enligt Holmes (1980) bortförs med höstrapsskörden i genomsnitt 33 kg N/ton, vilket medför att en skörd på 3 ton/ha innehåller drygt 100 kg N/ha. I dataprogrammet STANK (Jordbruksverket) anges kväveinnehållet i rapsfrö till 3,5 %. Hessel et al. (1998) uppmätte 3,06 % kväve i höstrapsfröna. En pågående, svensk undersökning (Engström, opublicerat) visar lägre värden för kväveinnehållet i höstrapsfrö, omkring 3,0 %.

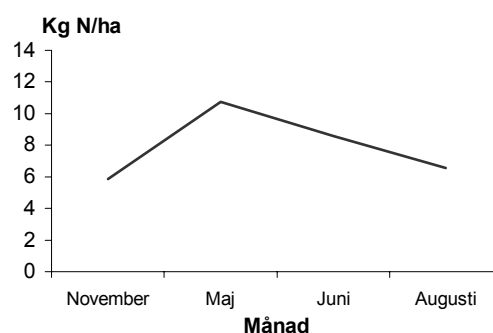
3.3.6 Rötter

Gödslingsnivån påverkar i viss mån innehållet av kvävet i höstrapsens rotmassa. Augustinussen (1987) fann att den mätbara rotmassan innehöll 3-10 kg N/ha (provtagning i slutet av juli månad) då kväve tillförts i nivåer mellan 0 och 300 kg N/ha. Han konstaterade dock att det sannolikt endast var ca 50 % av den totala rotmassan som kunnat sorteras fram vid provtagningen. Vid tillförda kvävemängder över 240 kg N/ha utgjorde rotmassan 1000 kg ts/ha. Enligt Nordestgaard (1977) innehöll höstrapsrötterna på våren i medeltal 3,61 % kväve i torrsubstansen.

Razoux Schultz (1972) fann att rötterna innehöll ca 17 kg N/ha före blomningen. Efter denna sjönk innehållet till omkring 11 kg. Detta liknar resultat som redovisats av Andersson et al. (1959), se figur 2 och 3.



Figur 2. Höstrapsplantans innehåll av kväve (kg N/ha) i ovanjordiskt växtmaterial under en växtsäsong (efter Andersson et al., 1959).



Figur 3. Höstrapsrötternas innehåll av kväve (kg N/ha) under en växtsäsong (efter Andersson et al., 1959).

3.4 Kväveförhållanden i markprofilen under hösten efter sådd av höstraps

3.4.1 Mineralkväve i markprofilen under hösten efter sådd av höstraps

I den nämnda svenska studie (Hessel et al., 1998) som utförts på moränlättlera vid Lönnstorp i Skåne jämfördes två 5-åriga växtföljder: en traditionell och en med insädd av fånggrödor.

Mineralkvävemängderna i markprofilen (0-60 cm) under senhösten efter sådd av höstraps, med förfrukt korn, var i studien i medeltal 22 kg N/ha. Motsvarande siffra för höstvetete efter havre var 20 kg N/ha. Även Engström et al. (2000) utförde bestämningar av mineralkväve (0-90 cm) på senhösten efter sådd av höstraps. I medeltal fanns 32 kg N/ha i markprofilen (variation mellan 13 till 62 kg N/ha). Som jämförelse kan nämnas att mineralkvävemängderna efter stråsäd i fältförsök i Västergötland med normal bearbetning (stubbearbetning och sen plöjning) på hösten uppgick till 25-50 kg N/ha i markprofilen, 0-90 cm, (Lindén et al., 1993; Lindén et al., 1999).

Försök redovisade av Augustinussen (1994) visade att markprofilen (0-100 cm) på senhösten innehöll 10 kg NO₃-N per hektar efter tidigt sådd höstraps. Efter senare sådd fastställdes däremot 40-60 kg NO₃-N per hektar, värden jämförbara med obevuxen jord.

3.4.2 Utlakning under vinterhalvåret efter sådd av höstraps

Jordbearbetning på hösten medför att kväve mineraliseringen stimuleras under denna årstid (Lindén, 1994). Engström et al. (2000) resonerar utifrån höstrapsens förmåga att ta upp stora mängder kväve och de i markprofilen återfunna mineralkvävemängderna, att risken för utlakning av kväve borde vara liknande den för stråsäd. Hessel et al. (1998) konstaterar att utlakningen av kväve kan vara betydande redan under hösten och vintern efter sådd av höstraps, trots grödans förmåga till upptag av stora mängder kväve efter sådd.

Jordbearbetning inför sådden sker vanligtvis redan i juli och augusti månad då jorden är varm och förhållandena är gynnsamma för kväve mineralisering. Jordbearbetning och gödsling i samband med sådd anges som troliga orsaker till den ökade risken för kväveutlakning redan under hösten (Stenberg et al., 1998).

Undersökningen vid Lönnstorp (Hessel et al., 1998) visar att utlakningen efter sådd av höstraps efter vårkorn var dubbelt så stor som där vårkorn (med fånggröda) följdes av havre istället för höstraps. Räknat som agrohydrologiskt år (1/7-30/6) utlakades i medeltal 35 kg N/ha efter sådd av höstraps efter vårkorn (variation mellan 8 och 72 kg N/ha) jämfört med i genomsnitt 17 kg N/ha efter korn med fånggröda som plöjdes sent på hösten (variation mellan 6 och 31 kg N/ha). Den i samband med sådden tillförda kvävegivan om 40 kg N/ha angavs vara en trolig orsak till den större mängden utlakat kväve i dräneringsvattnet i ledet med höstraps. Mängden utlakningsbart mineralkväve i markprofilen minskade dock under senhösten till följd av höstrapsens kväveupptag i plantorna.

Knudsen et al. (2000) i Danmark anger att under ett år med höstraps efter vårkorn utlakas i storleksordningen 25-30 kg N/ha på lerjord. På sandjord uppgavs den motsvarande årliga utlakningen vara i genomsnitt 40-50 kg N/ha. För höstkorn efter höstvetete redovisades medeltal för lerjord förluster på 45-55 kg N/ha och 75-90 kg N/ha på sandjord. Med obevuxen jord på hösten efter stråsäd förlorades på lerjord 50-65 kg N/ha, medan motsvarande värde på sandjord var 80-100 kg N/ha. Den årliga nederbörden uppgavs vara 640 mm och avrinningen 300 mm.

3.5 Halm - beståndsdelar, nedbrytning samt kol- och kväve mineralisering

Nedbrukning av skörderester såsom halm innebär tillförsel av energi och näringsämnen till den mikrobiella tillväxten och aktiviteten, som är motorn i mineraliserings- och immobiliseringsprocessen (Jensen & Ambus, 2000). Halm är dock inte något enhetligt material utan består av olika komponenter, vilka utnyttjas med varierande begärlighet av mikroorganismerna

vid nedbrytning. Detta leder till succession i den aktiva mikrobflorans sammansättning, och förändringar i kolmineraliseringen med tiden är att vänta beroende på växtresternas egenskaper, nedbrukningssätt m.m. (Persson, 1982).

3.5.1 C/N-kvot

Vanlig stråsädeshalm har normalt en C/N-kvot som överstiger 80 (Knudsen et al., 2000), vilket innebär att mikroorganismerna behöver ytterligare kväve, som de tar från den omgivande jorden för sin metabolism. Detta medför immobilisering av oorganiskt kväve i marken.

Ju mer gödselkväve som tillförs en stråsädesgröda desto lägre kol/kvävekquot får halmen (Holmes, 1980; Jensen & Ambus, 2000). När kvoten under nedbrytningens förlopp nått omkring 25 föreligger balans mellan fastläggning och mineralisering (Jansson, 1958b). Detta gäller även färskt växtmaterial med sådan kvot, vilket även Jensen & Ambus (2000) konstaterade i försök där rajgräs med kol/kvävekquoten 25 ingick och nettomineralisering uteblev. Om C/N-kvoten understiger 20 har däremot mikroorganismerna ett överskott på kväve, varför sådant istället frigörs vid nedbrytningen och tillförs jorden. Vitklöverblad med C/N-kvoten 9 gav exempelvis ett stort nettomineraliseringstillskott av kväve till jorden (Jensen & Ambus, 2000).

Vid mikrobiell nedbrytning av organiskt material beror mängden immobiliserat kväve bl.a. av tillgången på lättillgängligt kväve i jorden (Nömmik, 1955; Christensen, 2000). Den senare anser dock att omfattningen av nedbrytningen av organiskt material i åkerjorden främst betingas av halmens kolstruktur och av hur mycket kol som frigörs under processen snarare än halmens eget kväveinnehåll. Nedbrytningen av det organiska materialet i halm i åkerjord begränsas sålunda av halmens kolstabilitet snarare än tillgången på markkväve, och mängden immobiliserat kväve efter nedbrukning av halm beror i sin tur av jordens kvävelevererande förmåga eller aktuella innehåll av oorganiskt kväve.

3.5.2 Kväveinnehåll i halm

En resultatsammanställning av Holmes (1980) visade att höstrapshalm i genomsnitt innehöll 0,63 % kväve i torrsubstansen (ts). Värdena i de refererade studierna varierade mellan 0,53 och 0,74 % N av ts. Den relativt låga kvävehalten i halmen förklarar Holmes (1980) med den translokation av kväve som sker från blad och stjälk till fröna i samband med och efter blomningen. I en pågående, svensk undersökning (Engström, opublicerat), uppvisar kväveinnehållet i höstrapshalm värden mellan 0,4 och 0,6 % av torrsubstansen. Motsvarande värde för spannmålshalm som används i STANK (Jordbruksverket) är 0,50 % kväve av ts. Uppgifter om kol/kvävekquot för höstrapshalm är svåra att finna i litteraturen. Om kolhalten i höstrapshalmen antas vara 40 % av ts (Lindén, pers. medd.), blir kol/kvävekquoten 67 (40/0,6), vilket i stort sett också gäller för havrehalm. Detta bör medföra kväveimmobilisering vid höstrapshalmens nedbrytning.

3.5.3 Andra faktorer som påverkar nedbrytningen av halm

Knudsen et al. (2000) beskriver resultat från danska undersökningar som visar hur mycket organiskt material som tillförs jorden genom olika grödor och odlingssystem. Vid odling av höstraps tillförs 150 kg organiskt kväve per hektar via rötter, stubb och halm. Motsvarande värde för klövervall (stubb och rötter) anges också till 150 kg organiskt kväve per hektar. Detta kan jämföras med att höstvet, där halmen bortförs, uppges bidra med 25 kg organiskt kväve per hektar. Lämnas stråsädeshalmen kvar, t.ex. 3 ton, tillkommer ytterligare högst 20 kg/ha.

Den fastläggning av oorganiskt kväve från marken som sker varierar med halmens kvävehalt, vilket Nömmik (1955) påvisade i kärlförsök, där bl.a. vete- och rapshalm tillfördes till odlingsjorden. Kvävehalten i halm beror som antytts bl.a. av kvävegödslingsnivån (Knudsen et al., 2000). Halm med en hög kvävehalt förlorade torrsubstansvikt och kväve fortare i början av nedbrytningen än halm med lägre N-halt. Jensen & Ambus (2000) konstaterade att halmens partikelstorlek har betydelse för hur den mikrobiella nedbrytningsprocessen fortlöper under den första perioden efter nedbrukning i matjorden. Små partiklar innebär att mikroorganismer lättare kommer åt kolet och kvävet i materialet och kan därmed snabbare immobilisera kväve från den omkringliggande jorden. Detta gäller även för skörderester med lägre kol/kvävekvote.

Under optimala förutsättningar för nedbrukning kan ett ton kornhalm, hackad i dels stora och dels små bitar, immobilisera 12 respektive 18 kg N/ha enligt Jensen & Ambus (2000). Enligt Persson (1982) kan ett ton halm binda 7 kg kväve. Christensen konstaterar dock att 5 ton stråsädeshalm bara fastlägger 5-15 kg kväve/ha. Denna skillnad i resultaten hänger troligen samman med halmens fördelning i jorden. Inblandningen av halmen i matjordslagret inverkar på nedbrytningsprocessen i den meningen att ett jämnt fördelat material i större utsträckning underlättar immobiliseringen av kväve än om materialet är ojämnt fördelat i jorden, vilket är oftast fallet i praktiken (Jensen & Ambus, 2000). Både Jung & Riehle (citerade av Persson, 1982) och Christensen (2000) fann att halm som lämnades kvar på markytan efter tröskning bröts ned mera långsamt och immobiliserade mindre kväve än halm som brukades in i jorden. Christensen visade också att stora mängder växtnäring utlakades från halmen när den utsattes för återkommande bevattning. Christensen (2000) fann även att stråsädeshalmens nedbrytning begränsades av temperaturer under 5°C. Över 15°C var det tillgången på substrat för mikroorganismer som styrde halmens nedbrytningshastighet. Stråsädeshalm som brukades ner i jorden under fältförhållanden förlorade 30 % av sin torrsubstansvikt redan under den första månaden. Efter 6 månader hade 50 % försvunnit och efter 15 månader var torrsubstansminskningen mellan 67 och 92 %.

Tabell 5. Halmens innehåll av olika ämnesgrupper, % av organisk substans (efter Lynch, 1979).

Växtslag	Eter-lösligt	Vatten-lösligt	Protein	Lignin	Hemi-cellulosa	Cellulosa
Korn	1	6	1	13	39	40
Vete	3	4	1	14	36	43
Havre	1	9	2	17	32	40
Raps	1	11	2	11	28	47

Växtrester såsom halm innehåller ett antal olika ämnen (Lynch, 1979, se tabell 5), som i sin tur inverkar på den mikrobiella nedbrytningens hastighet.

Lignin är mera resistent mot mikrobiell nedbrytning än de övriga ämnesgrupperna men inte lika motståndskraftigt som markens humusämnen (Springer & Lehner 1952; Persson 1982; Christensen, 2000). Eftersom raps har något lägre halt av lignin än stråsädeshalm, se tabell 5, kan detta tänkas vara en omständighet som skulle kunna göra rapsens halm mera åtkomlig och nedbrytbar för markens mikroorganismer. Dock kan ett omvänt resonemang föras med avseende på innehållet i cellulosa och hemicellulosa. Enligt Alexander (1964) bryts hemicellulo-

san ner snabbare än cellulosa, se tabell 6 nedan, vilket för rapshalmens del innebär att dess större andel cellulosa skulle kunna fördröja nedbrytningen jämfört med stråsäden.

Tabell 6. Mikrobiell nedbrytning av havrehalm (Alexander 1964)

Inkubationstid, dagar	Mineralisering, % av ursprunglig mängd, under olika delar av inkubationstiden	
	Hemicellulosa	Cellulosa
0-4	43,5	2,3
4-8	6,5	9,1
8-16	5,4	25,0

Flertalet källor uppger, att hemicellulosa bryts ned snabbare än cellulosa (Springer & Lehner, 1952; Rassadi & Amberger, 1975; Alexander, 1964). Avvikande resultat redovisas av Sörensen (1957). Christensen (2000) konstaterar att stråsädeshalmens låga halter av lignin (13-18 %) troligtvis inte påverkar halmens nedbrytningsförlopp nämnvärt.

3.6 Kväve i marken efter skörd av höstraps

3.6.1 Kväveprocesser vid mognad och efter skörd av höstraps

Som tidigare diskuterats efterlämnar höstraps jämförelsevis stora mängder kväve i växtrester och annat material som inte förs bort med skörden. Detta kväve kan tänkas påverka kväveomsättningarna i marken och därmed kväveutlakningsrisken, även om höstrapshalmen enligt ovan borde medföra kväveimmobilisering under hösten och vintern efter rapsskörden.

Hessel et al. (1998) samlade in skörderester och ovanjordiskt, levande höstrapsmaterial efter skörd men före jordbearbetning på hösten. Kväveinnehållet i detta material visade då i medeltal 35 kg N/ha. Maximivärdet vid provtagningarna var 56 kg N/ha och minimivärdet 21 kg N/ha. Vid motsvarande tidpunkt innehöll växtresterna efter höstvetete med förfrukt höstraps i genomsnitt 19 kg N/ha och efter havre uppmättes 13 kg N/ha.

Från avslutad blomning minskar som redovisats höstrapsplantornas kväveinnehåll p.g.a. bladavfall. Under mognaden och i samband med tröskningen sker generellt ett fröspill från höstraps. Om dessa skörderester sedan brukas ned till exempel inför höstsådd, bidrar de till mer mineraliserbart kväve i marken. Spillfröet måste dock först gro och de uppkomna plantorna vissna, innan detta kväve blir tillgängligt för mikroorganismerna. Som nämnts ovan mognar höstraps tidigare än många andra grödor. Troligen genom att kväveupptagningen då också avslutas tidigt anhopas mer mineraliserat kväve i marken fram till hösten (Engström, pers. medd.).

Med höstraps som förfrukt till höstvetete uppgick enligt Hessel et al. (1998) mängden mineralkväve till 34 kg N/ha inom 0-60 cm djup på senhösten. Med havre som förfrukt till höstvetete innehöll markprofilen 20 kg N/ha. Detta visar förfruktens betydelse för mineralkvävemängden i markprofilen och kväveutlakningen under vinterhalvåret efter sådd av höstgrödor.

3.6.2 Utlakning under vinterhalvåret efter skörd av höstraps

Knudsen et al. (2000) redovisar utlakningsdata för året efter skörd av höstraps i jämförelse med andra grödor. Under en försöksperiod, 1990-1996, tillfördes höstrapsen genom gödsling i genomsnitt 196 kg N/ha och år. Efter att denna gröda skördats kvarstod 91 kg N/ha i jorden

och i skörderesterna. Den uppmätta utlakningen under året efter skörd av höstrapsen blev 124 kg N/ha.

Vid Lönnstorp (Hessel et al., 1998) kunde det efter fem försöksår (1993-98) konstateras att i den traditionella växtföljden, där odling av höstraps ingick, utlakades i genomsnitt 30 kg N/ha och år. Motsvarande siffra för växtföljden med stor andel fånggrödor var 19 kg N/ha och år. Där höstvetete såtts efter höstraps förlorades 35 kg N per år som ett medeltal för perioden 1993-98. Värdena varierade mellan 13 och 72 kg N/ha. Där höstvetete såtts efter havre utlakades 20 kg N/ha med en variation mellan 6 och 38 kg N/ha. Under höstveteteåret efter höstrapsen var alltså utlakningen ca 70 % större än när höstvetete såtts efter havre. N-gödslingen till höstvetetet var dock i båda fallen lika och ej anpassad efter förfrukten.

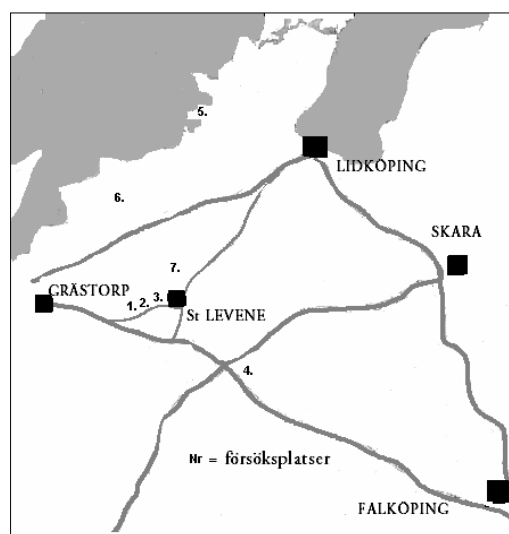
4. MATERIAL OCH METODER

4.1 Försöksplatser

I syfte att bestämma mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) i marken efter skörd av höstraps i jämförelse med havre och förändringarna av dessa under hösten och vintern därefter valdes sju gårdar ut i västra Skaraborg i Västergötland, med för regionen normala förutsättningar vad gäller växtodling och jordarter. På varje gård undersöktes två fält, ett med höstraps och ett med havre 1998. Avsikten var att dessa två grödor även skulle efterföljas av sådd av höstvet. Fälten valdes ut med hänsyn till så lika odlingsbakgrund som möjligt. Nedan följer en närmare beskrivning av försöksplatsernas geografiska läge (figur 5).

Gård 1.	Bostället
Gård 2.	Kullen
Gård 3.	Levene Egendom
Gård 4.	Ekaberg
Gård 5.	Söne Kihl
Gård 6.	Gammalstorp
Gård 7.	Ravelsgården

Figur 4. Försöksplatsernas placering i Västsverige.



Figur 5. Försöksgårdarnas geografiska läge i Västergötland.

Sammanlagt ingår 14 försöksrutor i undersökningen, som nämnts utlagda på två fält per gård. Samtliga provrutor omfattade 400 m², uppmätt som 20 * 20 meter. Marken provtogs med uppdelning på skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm (se nedan). Försöksfältens jordartsförhållanden beskrivs i tabell 7 och 8. Jordarten och mullhalten i matjordslagret (0-30 cm) bestämdes på samtliga försöksplatser genom analys vid AnalyCen. För skikten 30-60 cm och 60-90 cm uppskattades jordarten genom utrullningsprov. I tabell 9 och 10 beskrivs odlingsförhållandena på de undersökta höstraps- och havrefälten.

Tabell 7. Jordarts- och mullhaltsförhållanden på fälten med höstraps.

Gård nr	Markskikt	Mull, %	Ler, %	Sand och grovmo, %	Jordart
1	0-30 cm	4,4	13	28	mmh l Mj
	30-60 cm	-	-	-	lerig sandig mo/ML
	60-90 cm	-	-	-	SL
2	0-30 cm	2,9	28	8	nmh ML
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
3	0-30 cm	1,6	19	35	mf mj LL
	30-60 cm	-	-	-	ML
	60-90 cm	-	-	-	SL
4	0-30 cm	3,5	38	11	mmh ML
	30-60 cm	-	-	-	SML
	60-90 cm	-	-	-	SML-SL
5	0-30 cm	2	46	9	nmh SL
	30-60 cm	-	-	-	SML
	60-90 cm	-	-	-	SL
6	0-30 cm	2,3	39	15	nmh ML
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
7	0-30 cm	2,9	41	7	nmh SL
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL

Tabell 8. Jordarts- och mullhaltsförhållanden på fälten med havre.

Gård nr	Markskikt	Mull, %	Ler, %	Sand och grovmo, %	Jordart
1	0-30 cm	5	11	28	mmh l Mj
	30-60 cm	-	-	-	Lerig sandig mo/ML
	60-90 cm	-	-	-	SL
2	0-30 cm	3,8	25	9	mmh mj ML
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
3	0-30 cm	1,7	22	26	mf mj LL
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
4	0-30 cm	2,6	36	11	nmh ML
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
5	0-30 cm	1,3	37	15	mf ML
	30-60 cm	-	-	-	SML
	60-90 cm	-	-	-	SL
6	0-30 cm	1,8	37	12	mf ML
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL
7	0-30 cm	1,9	18	18	mf mj LL
	30-60 cm	-	-	-	SL
	60-90 cm	-	-	-	SL

Tabell 9. Odlingsförhållanden på höstrapsfälten. Gödselgivor och skördar i kg/ha. Hdg = handelsgödsel.

HÖSTRAPS	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5	Gård 6	Gård 7
P-AL-klass	III-IV	III	V	IV	III	III	III
K-AL-klass	II-III	III	V	IV	III-IV	III	III
Mg-AL	0,6-1,3	15,2	-	15,4	-	20,5	17
pH	-	6,5	-	6,3	6,9	6,4	6,8
Sort	Silvia	Oxident	Silvia	Silvia	Oxident	Express	Silvia
Sådatum	30/7 1997	30/7 1997	8/8 1997	7/8 1997	8/8 1997	23/7 1997	11/8 1997
Utsädesmängd, kg/ha	8 kg	12 kg	5 kg	6 kg	6,3 kg	7,5 kg	7,5
Såmetod	konventionell	konventionell	konventionell	konventionell	universalsådd	konventionell	universalsådd
Radavstånd, cm	12,5	12	12	12	12	12,5	12
Växtföljd	hr-98; tr-97; hv-96	Hr-98; tr-97; Vv-96	hr-98; tr-97; hv-96	hr-98; tr-97; rgv-96	hr-98; tr-97; hv-96	hr-98; tr-97; vk-96	hr-98; vk-97; hv-96
Stallgödsel *	-	svinflytgödsel	hönsflytgödsel	svinflytgödsel	nötflytgödsel	-	-
1. Gödsling, höst *	PK 13-13, 26 kg PK	25 ton flytg. f sådd	35 ton flytg. f sådd	30 ton flytg. f sådd	30 ton flytg. f sådd	NPKS, 39 kg N	MAP 18 kg N
2. Gödsling, höst	KsS 45 kg N	Ks 35 kg N	-	-	ASN, 39 kg N	Ks 20 kg N	ASN, 40 kg N
1. Gödsling, vår	KsS 140 kg N	Svavelsalp 70 kg N	N34 102 kg N	NS 27-4 81 kg N	Svavelsalp 70 kg N	KsS 70 kg N	ASN, 78 kg N
2. Gödsling, vår	-	Ks 60 kg N	-	KsS 45 kg N	Ks 45 kg N	KsS 41 kg N	Ks 78 kg N
Summa N, höst *	45	58	37	27	56	59	58
Summa N, vår	140	130	102	126	115	111	156
Summa N, totalt	185	188	139	153	171	170	214
Tröskningsdatum	26/8 1998	18/8 1998	19/8 1998	11/8 1998	27/8 1998	26/8 1998	19/8 1998
Avkastning, kg/ha	ca 3500 kg	ca 3500 kg	ca 3000 kg	ca 4000 kg	ca 4000 kg	ca 3700 kg	ca 4500 kg
Sådd av höstvete	6/9 1998	27/9 1998	20/10 1998	5/9 1998	ca 25/10 1998	ca 15/10 1998	20/9 1998

* Utnyttjandegraden för stallgödselns ammoniumkväve har efter tillförsel under hösten beräknats vara 30 % (Jordbruksverket, STANK).

Tabell 10. Odlingförhållanden på havrefälten. Gödselgivor och skördar i kg/ha. Hdg = handelsgödsel.

HAVRE	Gård 1	Gård 2	Gård 3	Gård 4	Gård 5	Gård 6	Gård 7
P-AL-klass	III-IV	IV	V	IV	V	III	IV
K-AL- klass	II-III	III	V	IV	V	III	III
Mg-AL	0,6-1,3	11	-	31,8	-	18,3	5,7
pH	-	6,5	-	6,5	7,1	6,6	7,2
Sort	Sang	Freja	Sang	Petra	Sang	Petra	Petra
Sådatum	3/5 1998	31/3 1998	30/3 1998	1/5 1998	1/5 1998	2/4 1998	5/5 1998
Utsädesmängd, kg/ha	220 kg	210 kg	200 kg	210 kg	200 kg	181 kg	210 kg
Såmetod	konventionell	konventionell	kombisådd	konventionell	universalsådd	konventionell	universalsådd
Radavstånd, cm	12,5	12	12	12	12	12,5	12
Växtföljd	ha-98; råg-97; ha-96	ha-98; hv-97; ha-96	ha-98; hv-97; tr-96	ha-98; hv-97; hv-96	ha-98; hv-97; hv-96	ha-98; hv-97; tr-96	ha-98; hv-97; hv-96
Stallgödsel *	-	svinflytgödsel	hönsflytgödsel	-	-	-	-
1. Gödsling, höst *	MAP, 13 kg N	25 ton svinflytg. okt	25 ton hönsflytg. sept	-	-	-	-
2. Gödsling, höst	-	-	-	-	-	-	-
1. Gödsling, vår	Ks 120 kg N	Ks 80 kg N	N34 95 kg N	Ks 90 kg N	NP 26-6 76 kg N	MAP 17 kg N	NS 27-3 97 kg N
2. Gödsling, vår	-	-	-	-	Ks 11 kg N	KsS 118 kg N	Ks 23 kg N
Summa N, höst *	13	23	26	0	0	0	0
Summa N, vår	120	80	95	90	87	135	120
Summa N, totalt	133	103	121	90	87	135	120
Tröskningsdatum	2/9 1999	26/8 1998	2/9 1998	mkt sent, nov	3/9 1998	Otröskat	ca 26/9 1998
Halm	brukas ner	brukas ner	brukas ner	brukas ner	brukas ner	brukas ner	brukas ner
Avkastning, kg/ha	ca 5000 kg	ca 5000 kg	ca 5500 kg	ca 5500 kg	ca 5400 kg	ca 5500 kg	ca 7000 kg
Sådd av höstvet	27/9 1998	21/9 1998	28/9 1998	-	ca 25/10 1998	-	3/10 1998

* Utnyttjandegraden för stallgödselns ammoniumkväve har efter tillförsel under hösten beräknats vara 30 % (Jordbruksverket, STANK).

4.2 Kväveprofilprovtagning och bestämning av mineralkväve

För bestämning av markprofilens innehåll av mineraliskt kväve (ammonium- och nitratkväve) togs som nämnts jordprover ut till 90 cm djup, varefter innehållet av ammonium- och nitratkväve bestämdes vid AnalyCen, Skara. Dessa provtagningar utfördes vid fyra tillfällen mellan augusti 1998 och april 1999, varav tre tillfällen under hösten och ett under efterföljande vår:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| ✓ Efter skörd av höstraps och havre: | Medeldag 29 augusti (11/8-20/9) 1998 |
| ✓ Vid uppkomst av det sådda höstvetet: | 1 oktober 1998 |
| ✓ En kort tid före vinterns ankomst: | 7 november 1998 |
| ✓ Tidigt under efterföljande vår: | 5 april 1999 |

Den första provtagningen skedde i samband med tröskning av havre och höstraps, mellan 11 augusti och 20 september 1998, i avsikt att belysa kvävesituationen i marken när grödans kväveupptagning avslutats. Den andra provtagningen utfördes i början av oktober för att visa bl.a. mineraliseringens förlopp sedan skördetillfället samt kvävesituationen just innan höstvetet påbörjade sin kväveupptagning. Den tredje provtagningen, den sista före vintern, belyser anhopningen av mineraliserat kväve i marken fram till dess att kvävefrigörelsen i stort sett avstannat och höstvetets kväveupptagning upphört. Den sista och fjärde provtagningen skedde tidigt efterföljande vår för att bestämma övervintrade mineralkvävemängder inom rotzonen. Dessa kan ses som ett bidrag till efterföljande grödas kväveförsörjning.

Vid kväveprofilprovtagningarna togs jordprover ut med indelning i tre skikt: 0-30, 30-60 samt 60-90 cm djup. I matjorden (0-30 cm) gjordes 24 borrhstick per fältyta och provtagningsomgång med Trekanten-borr (Lindén, 1977). Delproven fördelades i ett sick-sackmönster med start från en av provrutans hörnmarkeringar. För skikten 30-60 cm och 60-90 cm togs 12 delprover ut per omgång med Ultuna-borr (Lindén, 1979). Alla jordprover i ett skikt slogs ihop till ett samlingsprov per fält och provomgång. Jordproverna djupfrystes snarast efter uttagning och den efterföljande analysen utfördes med bestämning av ammonium- och nitratkväve efter extraktion med 2 M KCl (jmf. Bremner & Keeney, 1966). Analysvärdena omräknades till kilogram per hektar med beaktande av aktuella vattenhalter och under antagande att volymvikten i skiktet 0-20 cm var 1,25 kg/dm³ och 1,50 kg/dm³ därunder.

4.3 Växtanalys

I samband med den tredje kväveprofilprovtagningen i november bestämdes även höstvetets kväveupptag under hösten efter sådd genom klippning av grödan inom en total yta av en kvadratmeter per fältprovruta, fördelat på fyra slumpmässiga rutor om vardera 0,25 m². Vid provtagningen klipptes plantorna av vid markytan så att allt ovanjordiskt växtmaterial kom med. Totalkväveinnehållet i växtproverna analyserades vid AnalyCen, enligt Dumas. För beräkning av höstvetets totala upptag av kväve (inkl. rötterna) före vintern antogs att kväveinnehållet i rötterna utgjorde 40 % av hela grödans kväveinnehåll (jmf. Simán & Jansson, 1977).

4.4 Inkubationsstudie

4.4.1 Försöksplan

För att belysa hur höstrapsens halm påverkar kväve mineralisering och kväve immobilisering i marken under hösten och för att bedöma i vilken mån nedbrukning av halmen i marken potentiellt kan påverka kväveutlakningsrisken utfördes en s.k. inkubationsstudie hösten 1998 med inblandning av halm i jord. Eftersom höstraps anses vara en gröda med god kväveeffektverkan är det intressant att belysa halmens inverkan i nämnda avseenden.

Undersökningsplanen framgår av tabell 11. Höstrapshalmens verkan jämfördes med inverkan av havrehalm och med kväve mineraliseringens förlopp i jord utan halmtillsats. Höstrapshalmen indelades i två fraktioner: fin halm och grov halm, se figur 6 och 7. Havrehalm illustreras i figur 8. För inkubationen blandades halm med jord i plastburkar som tillsammans med burkar med enbart jord placerades på 15 cm djup i matjorden och täcktes med jord (figur 10) på ett fält vid Lanna försöksstation i Västergötland, ca 20 km väster om Skara. Plastburkarna (40 cl) hade ventilerade lock. Halm och därtill hörande jord inhämtades från en av försöksgårdarna: Levene Egendom (gård 3 i kväveprofilstudien).



Figur 6. Fin höstrapshalm.



Figur 7. Grov höstrapshalm.



Figur 8. Havrehalm.

Tanken med inkubationsförsöket var även att kunna differentiera kväveomsättningarna vid nedbrytning av olika rapshalmfraktioner i jorden under hösten (tabell 11). Genom bestämning av förändringen av innehållet av ammonium- och nitratkväve i jorden studerades halmin-

blandningarnas inverkan på kväveimmobilisering och kvävemineralisering efter halmtillsatsen. Själva analysen utfördes på samma sätt som i kväveprofilundersökningarna.

Tabell 11. Försöksplan för inkubationsstudien omfattade 5 led, 5 upprepningar samt 3 tidpunkter (totalt 75 burkar) för provtagning under hösten.

Led	Jordens ursprung	Burk, nr	Halmtillsats	Halm
A	Matjord, höstrapsfält	1-15	Kontroll utan halm	-
B	Matjord, höstrapsfält	16-30	Fin rapshalm	Fint material, övre stjälkar, frökapslar, inga frön
C	Matjord, höstrapsfält	31-45	Grov rapshalm	Grovt material, nedre stjälkar, grova sidogrenar
D	Matjord, havrefält	46-60	Kontroll utan halm	-
E	Matjord, havrefält	61-75	Havrehalm	Strå

Utöver de 75 försöksburkar (tabell 11) som behövdes för de fem leden placerades ytterligare 15 burkar (nr 76-90) ut för att kontrollera vattenhaltsförändringar i jorden i burkarna. Totalt sattes 90 burkar ut i matjorden på den utvalda platsen på Lanna. Plastburkarna skyddades i fält mot regn och hårda vindar med hjälp av en presenning, se figur 11. Totalt omfattade inkubationen 79 dagar, vilket innebär att det mellan varje provtagningstillfälle förflutit 25-30 dagar.

- ✓ Startdatum: 2/9
- ✓ Provtagning 1: 28/9
- ✓ Provtagning 2: 26/10
- ✓ Provtagning 3: 19/11



Figur 9. Burkarnas placering i matjorden



Figur 10. Burkarna ventilerades via "sugrör" genom locket.



Figur 11. En presenning skyddade burkarna från hårda vindar och regn.

4.4.2 Förberedelser för inkubationsstudien

Halm/jord-förhållande i fält

Mängden halm av olika fraktioner har antagits påverka mineraliseringsförloppet under hösten och även efterföljande vår. Inför starten av inkubationsstudien var det därför viktigt att ta reda på viktsförhållandena mellan å ena sidan mängderna havre- och höstrapshalm och å den andra den mängd jord som halmen kunde komma i kontakt med vid jordbearbetning. För att överensstämmelsen med verkligheten skulle bli så bra som möjligt, beräknades halm/jord-förhållandet enligt följande:

Plöjningsdjupet antogs vara 20 cm och jordens densitet, 1,25 g/cm². Detta medför att volymen inom 1 m² och 20 cm djup väger 250 kg.

För beräkningen av halmmängder klipptes ett antal kvadratmeter halm av från båda grödorna ute i fält före tröskning 1998. För detta valdes platser med normal beståndstäthet ut okulärt i försöksfälten på två av kväveprofilgårdarna. Höstrapsfröna och havrekärnorna avskildes noga från halmen efter klippningen. Halmen vägdes och därefter beräknades mängden skörderester som skulle bli kvar per hektar efter skörd av grödan:

Höstrapshalm i genomsnitt 1,9 kg per m²

Havrehalm i genomsnitt 2,8 kg per m²

Vattenhaltstest

En förberedande ”övning” genomfördes med plastburkarna mellan den 12 och 25 augusti. Fyra burkar med lock innehållande inkubationsjord placerades i matjorden på ett fält vid Lanna för att studera förändringen av vattenhalten i burkarna, men även burkarnas allmänna funktion inför inkubationens igångsättande. Genom övningen kunde det konstateras att vattenhalten hade minskat i storleksordningen 1-3 % under dessa 13 dagar. Denna förundersökning styrker betydelsen av återkommande kontroll och reglering av vattenförhållandena i inkubationsjorden i vattenhaltsburkarna.

Invägning av jord och halmrester i burkarna

Den inhämtade jorden till inkubationsförsöket rensades och sållades i möjligaste mån från alla synliga växtrester och rottrådar. Jorden lagrades därefter i svart plastsäck i två dygn, och sedan rensades grodda ogräs och spillsäd bort.



Figur 12. Inkubationsjorden rensades genom ett såll.

Utgångsläget var att samtliga inkubationsburkar vägdes in med 300 gram jord som ts. I led B, C och E, där halminblandning ingick, tillfördes 3,0 gram torr halm. De ovan nämnda halm-mängderna per m² eller per 250 kg matjord motsvarar för höstrapsen emellertid jord/halmförhållandet 300:2,28 och för havren 300:3,36. För att kunna jämföra de båda halm-slagen renodlat med varandra och utan att halmmängden i förhållande till jorden inverkar på resultaten valdes att ha samma halmvikt (3,0 gram som ts).

Förhållandet mellan 300 gram ts jord och 3,0 gram ts halm beräknades genom att först vatten-haltsbestämma de båda jordarna samt de olika halmfraktionerna.

Tabell 12. Invägda mängder jord och halm (g) i inkubationsburkarna.

Invägt material	Vattenhalt, %*	Fuktig jord motsv. 300 gram ts jord	Fuktig halm motsv. 3 gram ts halm
Havrejord	18,2	366,8	-
Rapsjord	16,8	360,6	-
Havrehalm	13,4	-	3,5
Fin rapshalm	19,2	-	3,7
Grov rapshalm	20,1	-	3,8

* Procent av totalvikten

Genom vattenhaltsbestämningen kunde det konstateras att den genomsnittliga vattenhalten i havrejorden var något högre än i höstrapsjorden. Då fuktigheten bl.a. har betydelse för mineraliseringen i jorden var det för jämförelsens skull viktigt att samtliga burkar vid starten hade samma vattenhalt. P.g.a. differensen tillfördes 6,2 gram vatten till alla rapsprovburkar för att jämställa vattenhalten med havrejordens. Alla vattenhaltsburkar med rapsjord innehöll också 6,2 gram extra vatten. Samtliga inkubationsburkar hade vid utsättningen den 2 september en vattenhalt på 18,2 % av totalvikten.

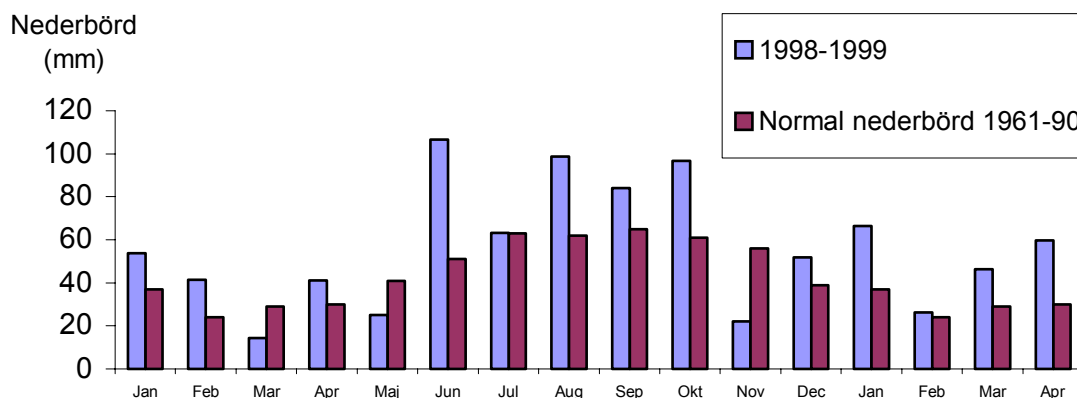
Analys

I samband med utplaceringen i fält, vilken skedde den 2 september, togs 6 jordprover ut för ammonium- och nitratkvävebestämning: 3 prover från havrejorden och 3 prover från raps-jorden. Vid vart och ett av de tre följande provtagningstillfällena togs 3 burkar från varje led ut för sedvanlig mineralkväveanalys, vilken som nämnts utfördes av AnalyCen i Skara. Innehållet av ammonium- och nitratkväve samt summan därav redovisas som mg N/100 gram ts jord.

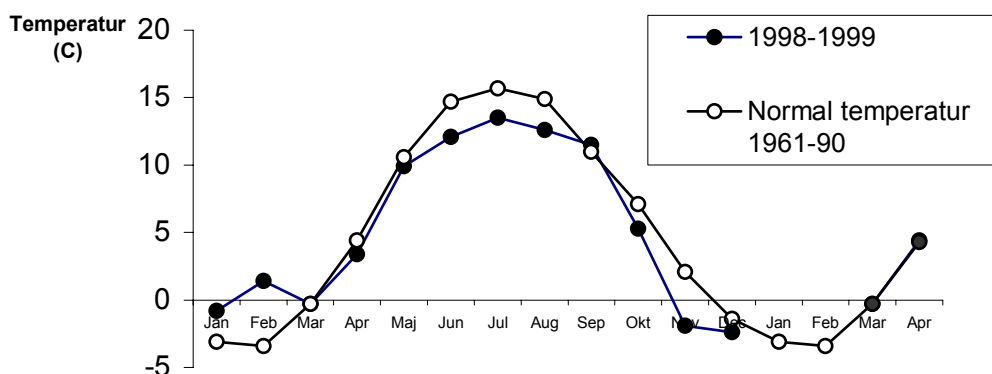
5. RESULTAT OCH DISKUSSION

5.1 Väderdata

Hösten 1998 var mycket nederbördsrik (figur 13) och temperaturen låg under hela växtsäsongen under det normala för området (figur 14). Nästan daglig nederbörd och allmänt mycket fuktiga förhållanden medförde att skördearbetet under hösten 1998 blev mycket besvärligt. Många grödor plöjdes ner utan föregående tröskning, så även på några av försöksplatserna i denna undersökning. Detta har för studien inneburit, att två fält där havren lämnades kvar inte kunde besås med höstvetete som det var planerat. Höstvetet hade generellt svårt att gro och utvecklas denna regniga och relativt kalla höst.



Figur 13. Månadsvis nederbörd vid Lanna försöksstation från januari 1998 till april 1999 och normalnederbörd för åren 1961-1990 vid Lanna.

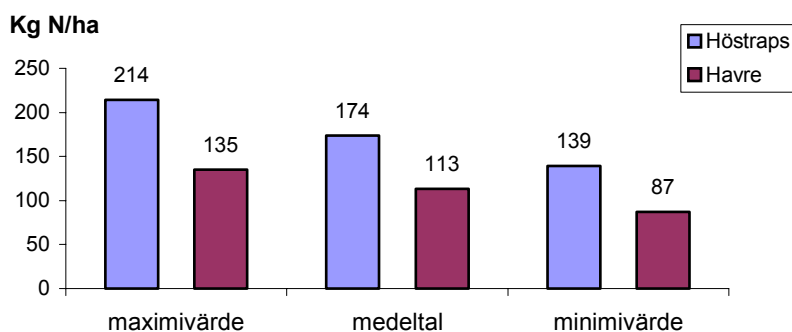


Figur 14. Månadsvis medeltemperatur vid Lanna försöksstation från januari 1998 till april 1999 och normaltemperaturer för åren 1961-1990 vid Lanna. Uppgifter för januari och februari 1999 saknas.

5.2 Kvävegödsling på höstraps- och havrefälten

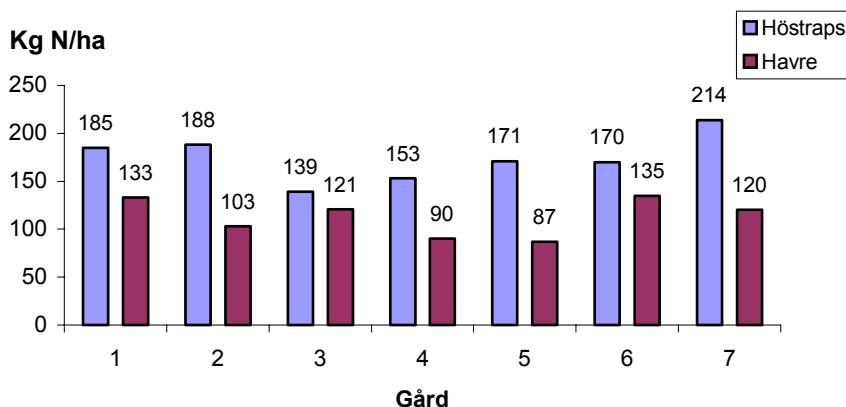
Uppgifter om aktuell gödsling till de olika grödorna har dokumenterats genom intervjuer med lantbrukarna. När det gäller tillförsel av stallgödsel bör det noteras att all stallgödsel tillfördes under den föregående hösten inför sådd av höstraps men även för havre. Stallgödselspridning under hösten innebär att efterföljande grödas utnyttjande av ammoniumkvävet reduceras och

anges i Jordbruksverkets rekommendationer till ca 30 % av den totala mängden ammoniumkväve i gödseln. Av figur 15 framgår att det i genomsnitt och efter omräkning enligt ovan spridits 174 kg N/ha och 113 kg N/ha till höstraps respektive havre på de sju profilgårdarna (ammonium- och nitratkväve) i form av handelsgödsel och i flera fall inklusive stallgödsel på hösten.



Figur 15. Medeltal, maximi- och minimivärden för kvävegödsling (ammonium- och nitratkväve), kg N/ha, till både höstraps och havre hösten 1997 och våren 1998.

Fyra av gårdarna hade tillgång till stallgödsel. I samtliga fall avsåg spridningen flytgödsel (slaktsvin, nötkreatur eller höns). I tabellerna 9 och 10 ovan finns beskrivet hur gödslingen till varje provtagningsfält utförts, vilka gödselslag som använts, utnyttjandegraden av stallgödseln samt tidpunkt för gödselspridning. Figur 16 illustrerar gårdsvis den sammanlagda kvävetillförsel som skedde till alla i undersökningen ingående fält.



Figur 16. Summa kvävegödsling (ammonium- och nitratkväve), kg N/ha, på varje gård till både höstraps och havre hösten 1997 och våren 1998.

5.2.1 Höstraps

Samtliga höstrapsfält tillfördes kväve före eller vid sådd och mängden varierade mellan 27 och 59 kg N/ha. I medeltal blev tillförseln 49 kg N/ha. Alla höstrapsfält utom ett, som såddes efter vårkorn, hade stubbträda som förfrukt, vilket innebär att en kvävetillförsel på 40-70 kg N/ha i samband med sådd rekommenderas.

Vårgödslingen varierade mellan 102 och 156 kg kväve tillfört per hektar (tabell 9). I genomsnitt spreds 126 kg N/ha till höstraps på våren. I Jordbruksverkets *Riktlinjer för gödsling och kalkning* från 1998 rekommenderades en tillförsel på 115-130 kg N/ha på våren vid en

skördenivå motsvarande 3,0 till 3,5 ton rapsfrö. Som beskrivits i litteraturstudien förändras den rekommenderade kvävegödslingsnivån med bl.a. förväntat fröpris. Som framgår av figur 16 och tabell 9 varierade den totala tillförseln av ammonium- och nitratkväve till höstrapsen mellan 139 och 214 kg N/ha.

5.2.2 Havre

Gödslingsrekommendationen för havre (efter förfrukt stråsäd) med en förväntad avkastning på 5500 kg/ha var 1998 ca 95 kg N/ha (Jordbruksverket, 1998). Alla havrefälten i denna undersökning såddes efter stråsäd, varav ett efter råg och resten efter höstvet. Som framgår av figur 16 varierade spridningen av ammonium- och nitratkväve till havre mellan 87 och 135 kg N/ha. Medeltalet för kvävegödsling till havre blev 113 kg N/ha. På två av havrefälten spreds det flytgödsel hösten före sådd, se tabell 10 för detaljerad information.

5.3 Kväveprofilprovtagning

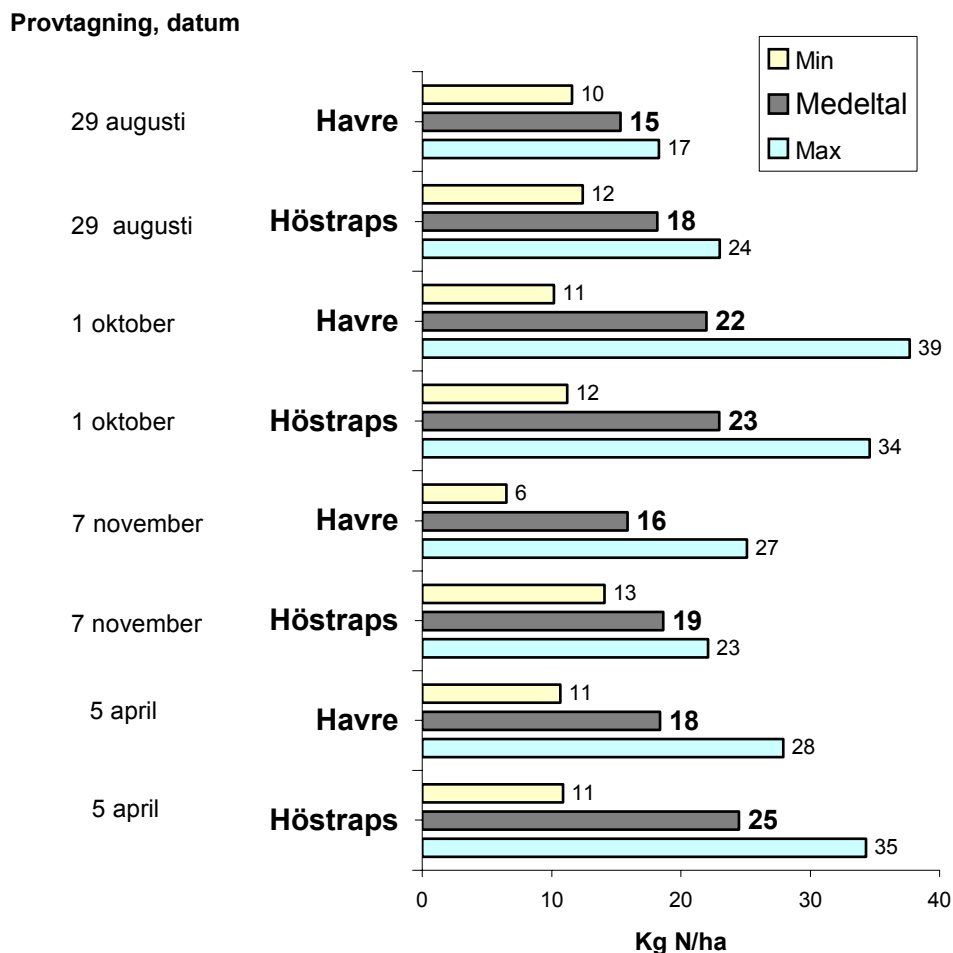
5.3.1 Mineralkväve i marken

Den utförda kväveprofilprovtagningen vid de olika tidpunkterna visar mineralkvävemängder i marken varierande mellan 6 och 39 kg/ha. Medeltal av mineralkvävemängderna i markprofilen (0-90 cm) på alla fält och för alla fyra provtagningsomgångar visas i figur 17. Varje gård, fält och provtagningsomgång finns redovisade i figurerna 19- 25. Mineralkväveförråden i marken efter höstrapsen var vid samtliga provtagningsstillfällen i medeltal större än efter havren. Men några betydande skillnader mellan höstraps- och havrefälten fanns inte. Efter höstraps återfanns i genomsnitt mellan 18 och 25 kg N/ha från augusti till april. Motsvarande värden för havre var 15 och 22 kg N/ha under samma tidsperiod.

Vid den första provtagningen av mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) som utfördes efter avslutad skörd i augusti 1998, medeldatum 29 augusti, innehöll markprofilen 18 kg N/ha i medeltal efter höstraps och något mindre, 15 kg N/ha, efter havre. De mineralkvävemängder som återfanns vid skördetidpunkten var av samma storleksordning som de som fastställts vid gulmognad i utlakningsförsök på Lanna (Lindén et al., 1993) och Fotegården i Västergötland (Lindén et al., 1999). Mindre än de 6-7 kg NO₃-N per ha inom 0-90 cm djup som fanns efter både höstrapsen och havren kan man i allmänhet inte finna (Lindén, 1981), se tabell 13. Det mineralkväve som återfanns i denna provtagningsomgång kan konstateras huvudsakligen vara outnyttjat kväve som grödorna inte kunnat tillvarata under växtperioden.

Motsvarande värde efter höstraps vid Lönnstorp (Hessel et al., 1998) var 28 kg N/ha och för havre 22 kg N/ha. Det bör dock noteras att dessa mätningar avsåg 0-60 cm, vilket torde innebära att skillnaden ökar ytterligare mellan de båda studierna. Tidpunkterna för provtagning överensstämmer bra med denna studie.

Under perioden från provtagningen efter skörd till provtagningen den 1 oktober ökade mineralkväveförrådet med i medeltal 5 kg N/ha efter höstrapsen till 23 kg N/ha ner till 90 cm och med 7 kg efter havren till 22 kg N/ha. Detta tyder på att nettomineraliseringen av kväve var större än kväveimmobiliseringen trots att marken hade bearbetats och halmen nedbrukats före sådd av höstvet. Vid Lönnstorp verkar mineraliseringen ha varit mer omfattande än på jordarna i denna undersökning då de i början av oktober återfunna mineralkvävemängderna efter höstraps var 38 kg N/ha till 60 cm djup.



Figur 17. Medelvärden av mineralkväve (N kg/ha), 0-90 cm, med maximi- och minimivärden, vid olika tidpunkter på sju fält efter höstraps och sju fält efter havre. Höstvetet såddes i allmänhet efter båda grödorna.

Under tiden mellan den 1 oktober och provtagningen den 7 november minskade mineralkvävemängderna från 23 kg N/ha till 19 kg N/ha efter höstraps och från 22 kg N/ha till 16 kg N/ha efter havre. Liknande resultat för höstraps redovisas av Hessel et al. (1998) där mineralkväveförråden avtog från 38 kg N/ha till 34 kg N/ha under samma tidsperiod som i föreliggande undersökning. Efter havren vid Lönnstorp uppkom däremot inga skillnader mellan de två tidpunkterna, då 20 kg N/ha fastställdes. Förloppet synes bero på dels kväveförluster genom den höga nederbörden i oktober och dels avtagande mikrobiell aktivitet genom sjunkande marktemperaturer. Provtagningarna under oktober och november beskriver i viss mån vad som hänt med det kvarlämnade markkvävet under inverkan av förekommande kväveförluster och tillskott av nymineraliserat kväve under hösten, efter höstraps och efter havre.

Mineralkvävemängderna i november var dock mindre än dem som bestämts efter vårsäd i de nämnda försöken på Lanna och Fotegården, där 25-50 kg N/ha inom 0-90 cm återfanns i början av november i led med stubbearbetning och höstplöjning.

Från november till provtagningen i början av april ökade mineralkväveförråden igen, trots att kväveförluster måste ha uppkommit under vintern. Kvävemineraliserings tillskotten var större efter höstrapsen än efter havren. Vid aprilprovtagningen fanns i medeltal 7 kg N/ha mer mine-

ralkväve efter höstrapsen, 25 kg N/ha, än efter havren, 18 kg N/ha, vilket bör ha bidragit till höstrapsens kväveefterverkan. Det anhopade mineralkväve som återfanns i markprofilen i april kan betraktas som den övervintrade delen av det kväve som fanns på senhösten och som sedan ytterligare påverkats av markprocesserna under vintern.

Mineralkväveförråden ökade visserligen från augusti till början av oktober men minskade sedan till i november. Generellt sett blev mängderna därför små vid vinterns ankomst i jämförelse med andra undersökningar (Hessel et al., 1998; Lindén, 1987a). På ett flertal försöksplatser under den tredje och sista provtagningen hösten 1998 var det mycket vått i jorden, vilket kan ha medfört att påtagliga mängder kväve inte bara utlakats utan även kan ha denitrifierats under hösten.

Tabell 13. Fördelning av mineralkvävet i marken (0-90 cm) på ammonium- och nitratkväve (kg N/ha) vid de fyra provtagningsomgångarna.

Efter höstraps					
	Summa kg N/ha	NO ₃ -N/ha	%	NH ₄ -N/ha	%
Provtagningsomgång 1 (29 augusti)	18	7	37	11	63
Provtagningsomgång 2 (1 oktober)	23	16	70	7	30
Provtagningsomgång 3 (7 november)	19	11	59	8	41
Provtagningsomgång 4 (5 april)	25	20	82	5	18

Efter havre					
	Summa kg N/ha	NO ₃ -N/ha	%	NH ₄ -N/ha	%
Provtagningsomgång 1 (29 augusti)	15	6	38	10	62
Provtagningsomgång 2 (1 oktober)	22	17	75	6	25
Provtagningsomgång 3 (7 november)	16	9	58	7	42
Provtagningsomgång 4 (5 april)	18	14	78	4	22

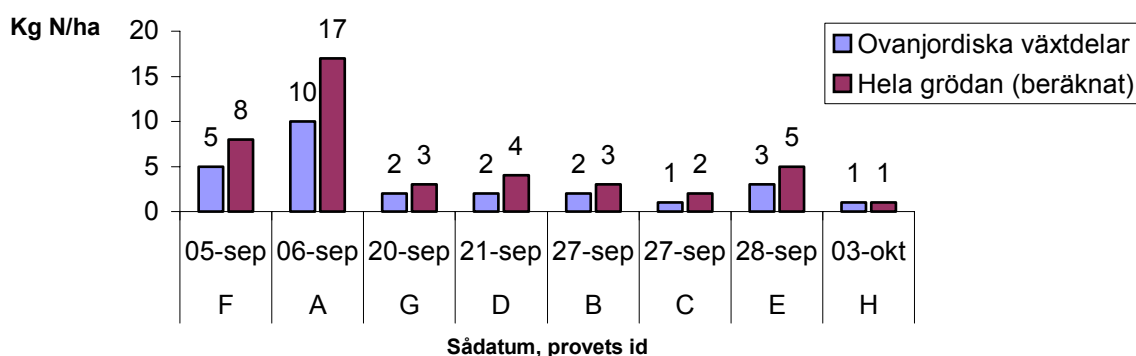
Av tabell 13 framgår att nitratkvävet åtföljde trenden för den totala mineralkvävemängden, med en ökning från augusti till oktober efter både höstraps och havre för att därefter minska till november. I april utgjorde att andelen nitrat hela 80 % av mängden mineralkväve i marken. Eftersom det övervintrade kvävet mestadels återfanns som nitrat kan det konstateras att mineraliseringen pågått under vintern, eller i vart fall sent på hösten och i mars tidigt på våren. Tabell 13 visar även att relationen mellan nitrat och ammoniumkväve är lika efter höstraps och havre. De återfunna mängderna på våren var mindre än vad man kunde ha förväntat på basis av de nämnda resultaten från Lanna (Lindén et al., 1993) och Fotegården (Lindén et al., 1999). Några kg kväve per hektar kan dock ha tagits upp av höstvetet fram till vårprovtagningen i början av april.

5.3.2 Kväve i höstvetegrödan

P.g.a. väderleken under hösten 1998 tröskades inte havre på två av fälten i denna undersökning. 12 av 14 fält såddes med höstvete, varav fyra fält efter 15 oktober, vilket medförde att det vid grödprovtagningen den 7 november fanns åtta fält med en klippbar gröda, se tabell 14.

Höstvete såddes i genomsnitt den 30 september, med variation från den 5/9 till den 25/10. Som medeltal för åtta fält, där höstvetet kommit upp till början av november, innehöll vetet drygt 3 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna, vilket inberäknat kväve i rötterna motsvarar ca 5 kg N/ha (tabell 14, figur 18). Innehållet av kväve i höstvete som såtts efter höstraps

uppvisade högre mängder, drygt 7 kg N/ha inklusive beräknat innehåll i rötterna. Efter havre var innehållet endast drygt 3 kg N/ha. Att medeltalet efter höstraps blev högre beror på prov A och F, de enda prover som såddes tidigt, i början av september. Av figur 18 framgår att dessa två har tagit upp mest kväve, 17 och 8 kg N/ha. Enligt Lindén et al. (2000) innebär sådd vid normal tidpunkt att höstvetet tar upp runt 10 kg N/ha under hösten. Övriga fält såddes först i slutet av september och under oktober månad. Som nämnts i avsnitt 3.3.1 innehöll höstvetet vid Lönnstorp i genomsnitt drygt 6 kg N/ha, efter höstraps 8 kg N/ha och efter havre 5 kg N/ha. Höstvetets kväveupptagning fram till senhösten kan i någon mån ha medverkat till de små mineralkväveförråden. Generellt för alla fält kan dock inte höstvetet vara orsak till de minskande mineralkväveförråden från oktober till november.



Figur 18. Kväve i höstvetet, ovanjordiskt växtmaterial samt i hela plantan inkl rötter. Sådatum i kronologisk ordning. Se tabellerna 7-10 för information av provplatserna, förfrukter m.m.

Även om höstvetet efter höstrapsen på gård 1 (prov A) i tabell 14 och figur 18 såddes först, finns det troligtvis fler bakomliggande orsaker till att just detta höstvetet har tagit upp förhållandevis mycket kväve. Matjordslagret på denna försöksplats hade den lättaste jorden av alla platser (lerig mjäla) och dessutom skilde sig lagret 30-60 cm kraftigt åt jämfört med de övriga provplatserna. Alla fält utom detta, där skiktet 30-60 cm utgjordes av lerig, sandig mo och ML, hade jordarten mellanlera eller styv lera i detta jordlager. Det kan hända att syreförhållandena under den regniga hösten var bättre just på denna provplats än på de övriga. Denna gård hade också de högsta mullhalterna i matjordslagret.

5.3.3 Mineralkväve på enskilda gårdar och fält

Mängden nitrat- och ammoniumkväve i varje skikt och provtagningsomgång åskådliggörs för samtliga fält och gårdar i figurerna 19 till 25. Tabell 15 visar medeltal av nitrat- och ammoniumkväve samt summan mineralkväve efter höstraps och efter havre för alla skikt och de fyra provtagningarna.

Tabellerna 7 och 8 visar jordartsförhållandena för höstraps- och havrefälten för samtliga gårdar. Alla fält i denna undersökning hade vid provtagningen 1998/1999 ingått i nuvarande lantbrukares drift mer än tio år, de flesta mycket längre, vilket påverkat fältets odlingssegenskaper. På några av gårdarna hade de ingående fälten mycket lika odlingsbakgrund. Jordarten i matjordslagret varierade mellan alla fält. Skiktet 30-60 cm bestod mestadels av mellanlera och styv lera, undantaget gård 1. På samtliga 14 fält var jordarten styv lera i skiktet 60-90 cm. Nedan följer en mycket kort sammanfattande beskrivning av gårdarna. Mer information återfinns i tabellerna 7-10 och 14.

Tabell 14. Datum för sådd av höstvetete, datum för grödprovtagning, höstvetets innehåll av totalkväve samt utvecklingsstadium i samband med provtagningen i november och vid kväveprofilprovtagningen i april.

Gård	Gröda 1998	Sådatum	Datum för prov- tagning	Provets märk- ning	Tillväxt, kg ts/ha	Totalkväve i grödan i november			Utvecklingsstadium	
						% N av ts	kg N/ha i de ovan- jordiska växtdelarna	kg N/ha beräknade på grödan (inkl rötter)	DC skalan (Zadoks et al., 1974)	
									07-nov	05-apr
1	Höstraps	06-sep	07-nov	A	250	4,1	10	17	15	23
1	Havre	27-sep	07-nov	B	40	4,9	2	3	13	21
2	Höstraps	27-sep	07-nov	C	50	2,1	1	2	10	21
2	Havre	21-sep	07-nov	D	70	3,5	2	4	13	22
3	Höstraps	20-okt	-	-	-	-	-	-	9	21
3	Havre	28-sep	07-nov	E	100	3,4	3	5	12	22
4	Höstraps	05-sep	07-nov	F	120	3,9	5	8	12	24
4	Havre	ej tröskad	-	-	-	-	-	-	ej sått	-
5	Höstraps	ca 25 okt	-	-	-	-	-	-	9	20
5	Havre	ca 25 okt	-	-	-	-	-	-	9	20
6	Höstraps	ca 15 okt	-	-	-	-	-	-	9	21
6	Havre	ej tröskad	-	-	-	-	-	-	ej sått	-
7	Höstraps	20-sep	07-nov	G	50	3,7	2	3	12	21
7	Havre	03-okt	07-nov	H	20	3,9	1	1	11	20

- ✓ Gård 1: Här hade det inte tillförts någon stallgödsel sedan 1958, och som nämnts återfanns lättare jordarter i jordskikten 0-30 cm och 30-60 cm vilket medför att båda fälten på gården skilde sig från alla andra fält i denna undersökning. Halmen efter stråsäd lämnades oftast kvar på fältet och brukades ner. Det höstvetete som såddes efter höstrapsen på denna gård tog upp mest kväve, hela 17 kg N/ha.
- ✓ Gård 2: Är belägen mycket nära gård 1 men här skedde en kontinuerlig tillförsel av svinggödsel under många år. Halm efter höstvetete bortfördes sedan fem år från fältet, medan övrig stråsådeshalm lämnades kvar och brukades ner.
- ✓ Gård 3: Mullhalten i matjordslagret 0-30 cm var låg och jordarten var mjällig lättlera på båda fälten. Jord från de två fälten på denna gård användes i inkubationsstudien. Tillförsel av stallgödsel hade skett kontinuerligt, tidigare gödsel från svinproduktion, men under senare år spreds stallgödsel från höns.
- ✓ Gård 4: Svinggödsel hade tillförts båda fälten under många år. En viss andel av höstvetehalmen samlades ihop medan resterande halm brukades ner. Jordarten var mellanlera i skiktet 0-30 cm och mullhalten var på de båda fälten 2,6 och 3,5 %. Havrefältet i denna undersökning tröskades inte hösten 1998.
- ✓ Gård 5: En viss tillförsel av stallgödsel från nötproduktion skedde sedan några år tillbaka. Jordarten var styv lera i matjorden på höstrapsfältet och mellanlera på havrefältet. Mullhalten var relativt låg på båda fälten.
- ✓ Gård 6: Havrefältet i denna undersökning tröskades inte hösten 1998. Jordarten var mellanlera i skiktet 0-30 cm och mullhalterna 1,8 och 2,3 %. Ingen stallgödsel hade tillförts gården sedan 1948. Halmen efter stråsäd lämnades oftast kvar på fältet och brukades ner.
- ✓ Gård 7: Jordarten i matjordslagret på de båda fälten avvek från varandra på denna gård. Skiktet 0-30 cm på höstrapsfältet utgjordes av styv lera medan det på havrefältet var lättlera. Halmhanteringen varierade mellan bortförsel vissa år och grödor till nedbrukning andra år.

5.3.4 Gödslingens inverkan på mineralkväve i markprofilen på enskilda gårdar

Figur 15 och 16 ovan redogör för kvävegödslingens nivå på samtliga 14 fält i medeltal och enskilt för de båda grödorna. Avkastningen av höstraps och havre bestämdes inte i denna undersökning, vilket innebär att det inte bestämt kan avgöras hur väl avvägd kvävegödslingen till de båda grödorna det aktuella året egentligen var. Den förväntade skörden av både höstraps och havre varierade, se tabell 9 och 10.

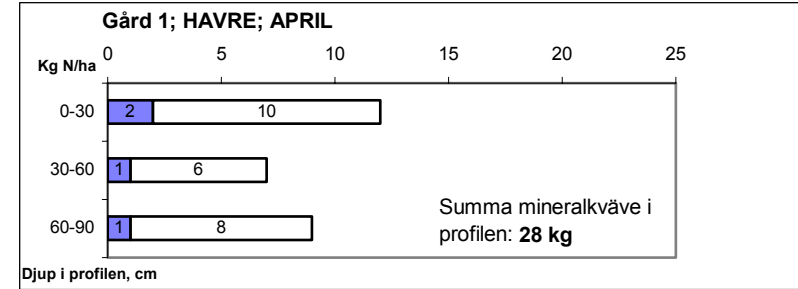
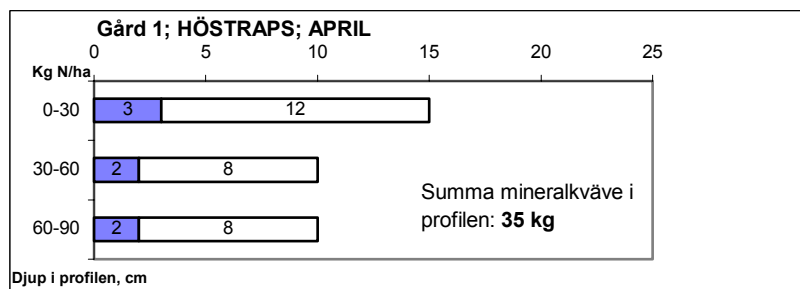
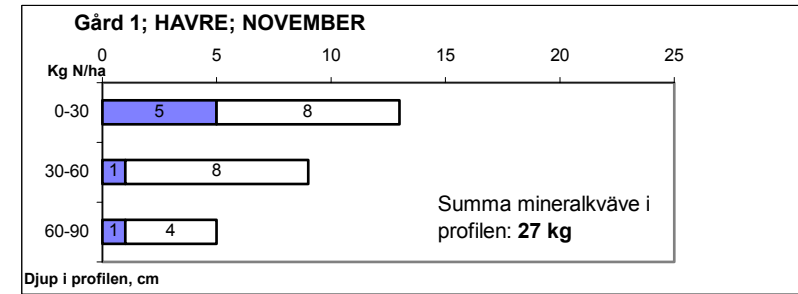
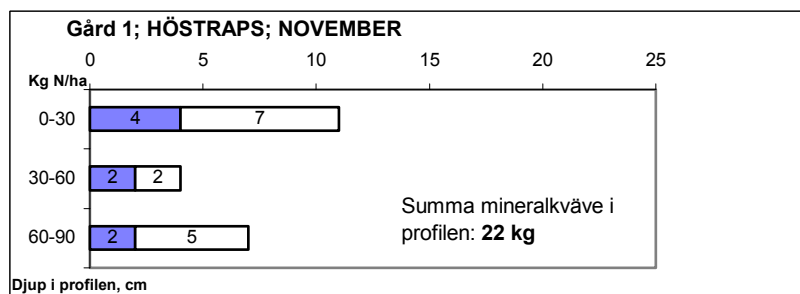
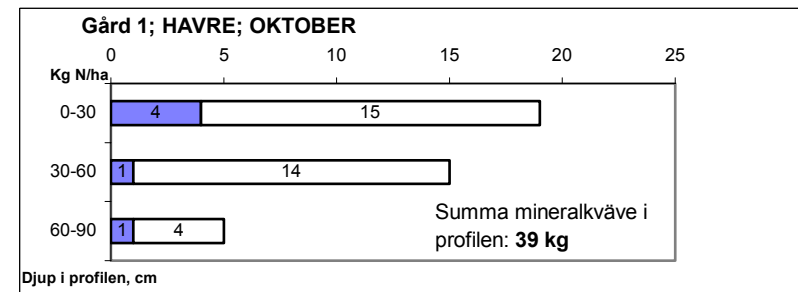
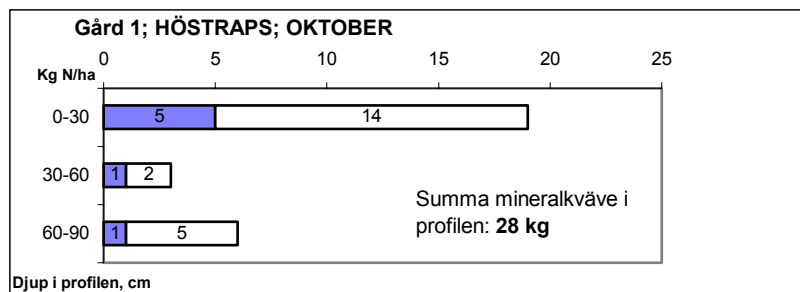
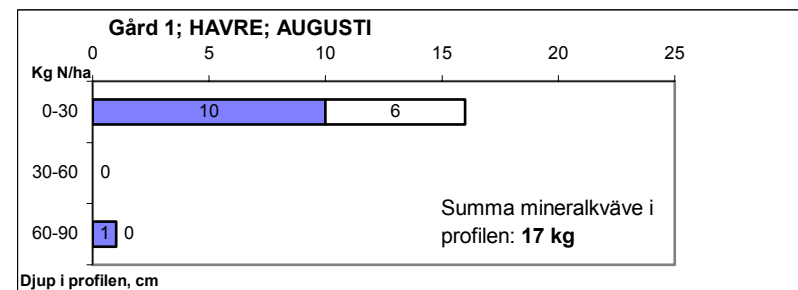
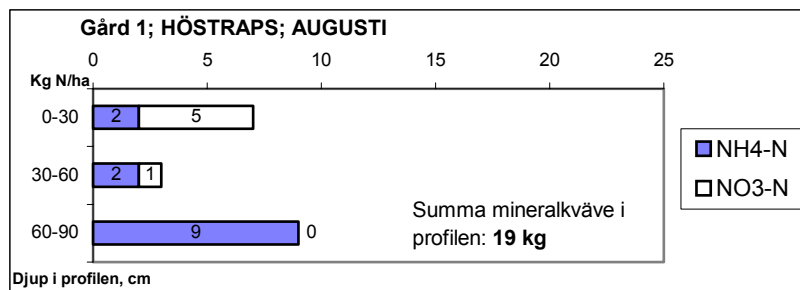
En jämförelse mellan tillfört stallgödsel- och handelsgödselkväve och mängden mineralkväve i markprofilen på de enskilda gårdarna visar att återfunnet kväve inte direkt korrelerar med mängden tillfört kväve. Detta kan illustreras med gård 1 och 2 där den totala kvävegivan (höst- och vår) till höstrapsen låg över medeltalet (174 kg N/ha) och var lika, 188 och 185 kg N/ha. På gård 1, där stallgödsel inte förekommit sedan 1958, fanns större mineralkvävemängder än genomsnittet i denna undersökning vid alla fyra provtagningarna (figur 19). På gård 2 däremot, där kontinuerlig tillförsel av stallgödsel har skett under många år, återfanns mindre mineralkvävemängder än medeltalet (figur 20). Den högre mullhalten, 4,4 %, på höstrapsfältet på gård 1 och bättre förutsättningar för mineralisering p.g.a. den lättare jordarten i matjorden kan vara orsaker som påverkat mängden mineralkväve i markprofilen. För båda fälten

uppmättes de största mineralkvävemängderna på våren och andelen nitratkväve följde den trend som visas i tabell 13. I denna undersökning utmärker sig inte någon gård med tillgång till stallgödsel genom högre mineralkvävevärden vid någon provtagningstidpunkt. Resultat redovisade av Lindén (1987a) visade att djurhållande gårdar med kontinuerlig spridning av stallgödsel hade större förråd av mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) både på senhösten och tidig vår. Skillnaden var i storleksordningen 15 till 20 kg N/ha.

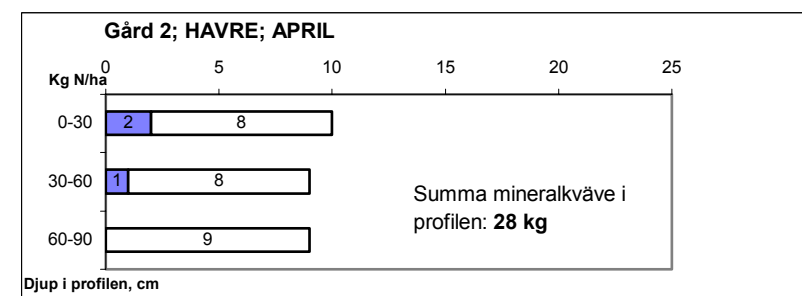
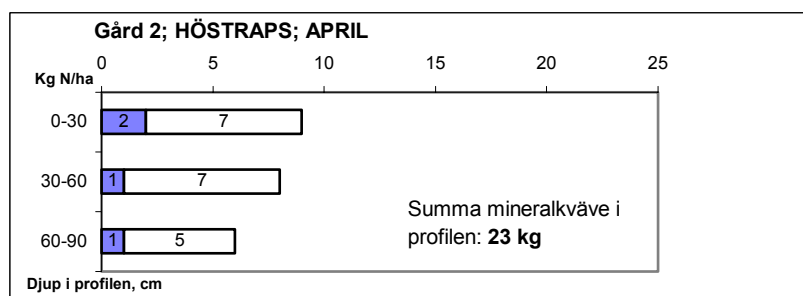
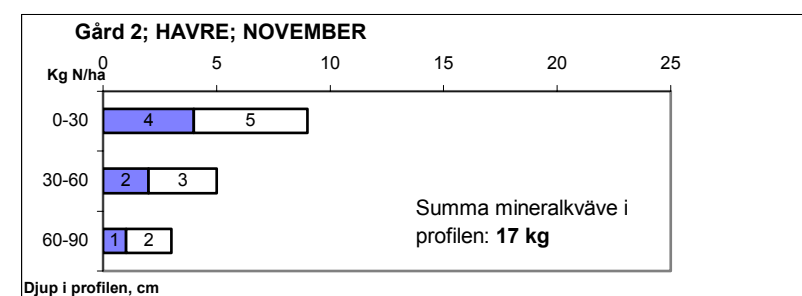
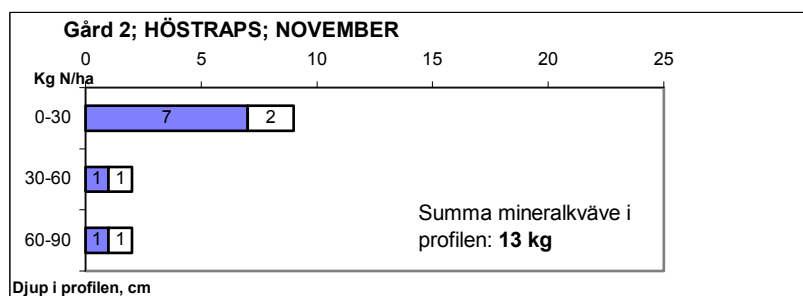
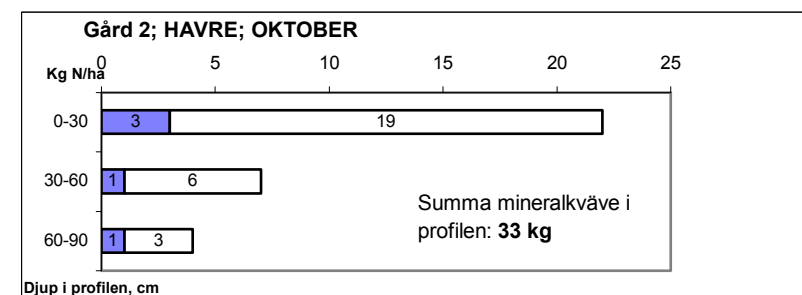
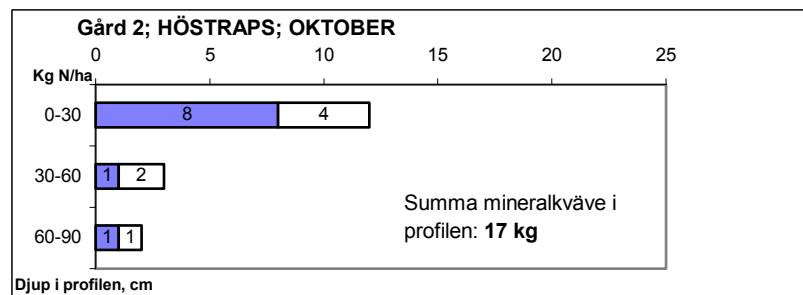
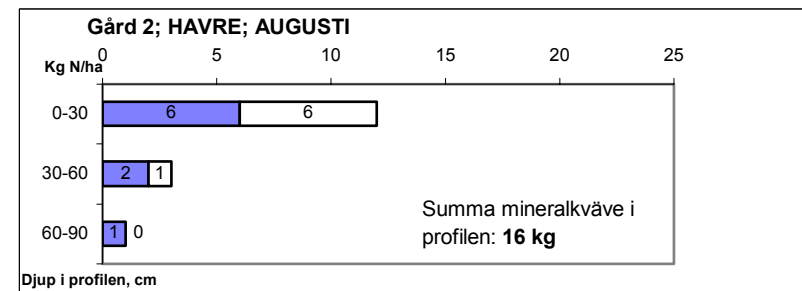
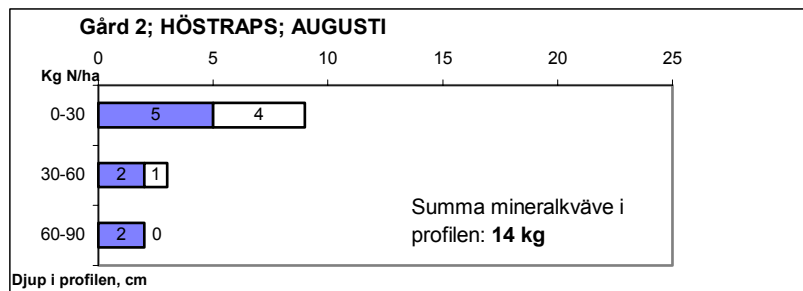
På tio av de 14 fälten ökade mineralkvävet från augusti till oktober. Från oktober till november skedde däremot en minskning på 11 av fälten. Gård 5 och 6 avvek genom att kvävemängden sjönk från augusti till oktober för att därefter stiga eller kvarstå på samma nivå, tvärtemot övriga fält. Jorden på dessa två gårdar var mycket vattenmättad vid andra och tredje provtagningen och havren förblev otröskad på gård 6. På höstrapsfälten innehöll markprofilen 0-90 cm mer mineralkväve i april på alla gårdar, utom gård 6 där mängden kväve minskade med 5 kg. Det är troligt att förluster i form av denitrifikation förekommit på detta fält.

Tabell 15. Fördelning av mineralkvävet i marken uppdelat i varje skikt (0-30, 30-60, 60-90 cm) på ammonium-, nitratkväve samt summan mineralkväve (kg N/ha) vid de fyra provtagningssomgångarna. Värdena har avkortats efter summering, varför talen ej stämmer helt med uppgifterna i figur 17.

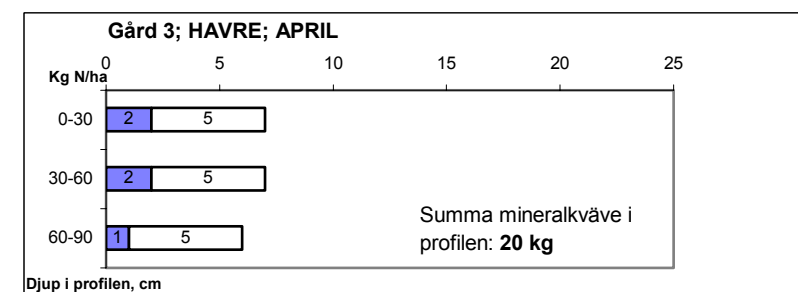
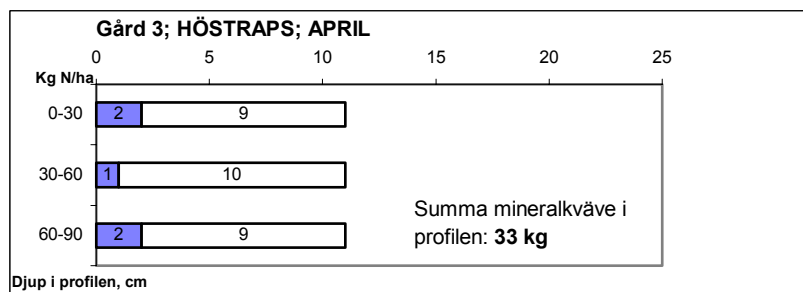
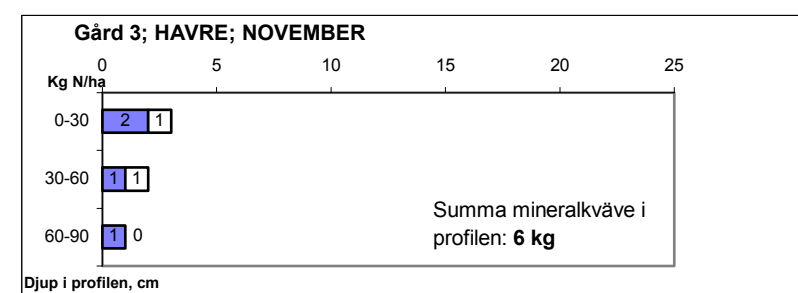
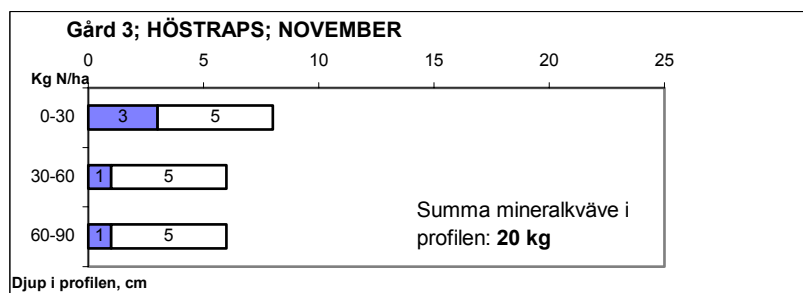
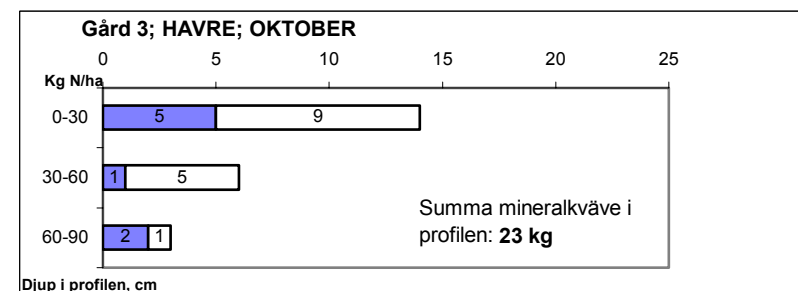
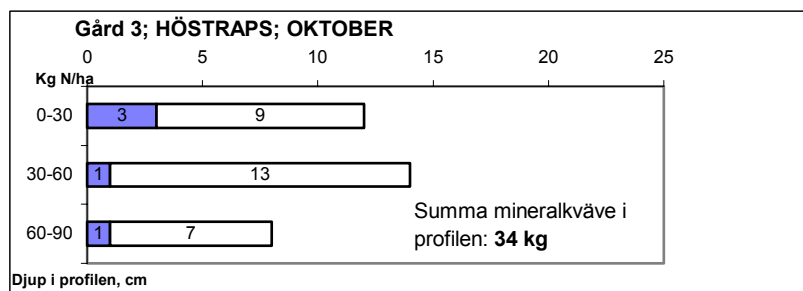
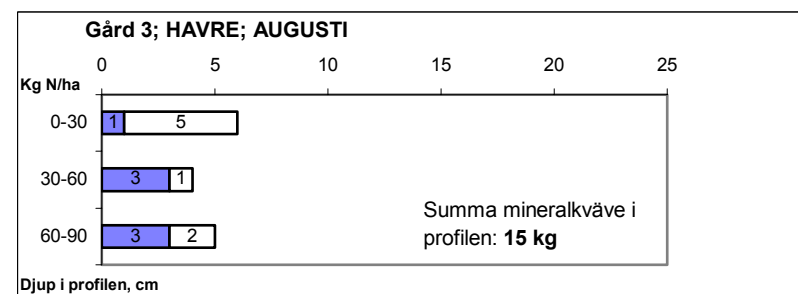
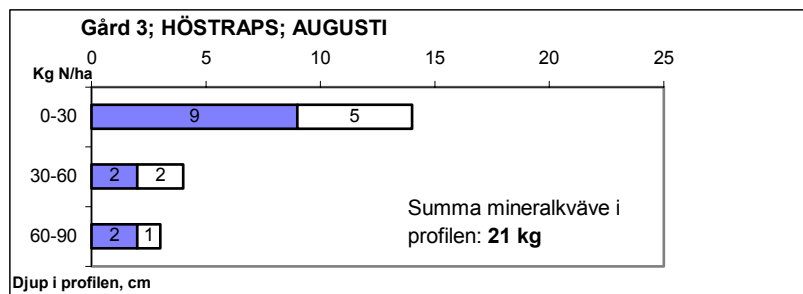
		Augusti			Oktober			November			April		
		NO ₃ -N	NH ₄ -N	Summa	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Summa	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Summa	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Summa
0-30 cm	Höstraps	5	5	10	9	5	14	4	5	9	7	2	9
	Havre	4	6	11	10	3	14	5	4	10	6	2	8
30-60 cm	Höstraps	1	3	5	4	1	5	4	1	5	7	1	9
	Havre	1	2	2	5	1	6	3	1	4	4	1	5
60-90 cm	Höstraps	1	3	4	3	1	4	3	1	4	6	1	7
	Havre	1	2	2	2	1	3	2	1	3	4	1	5



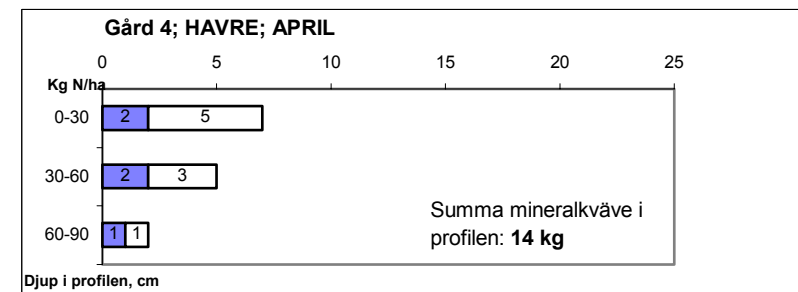
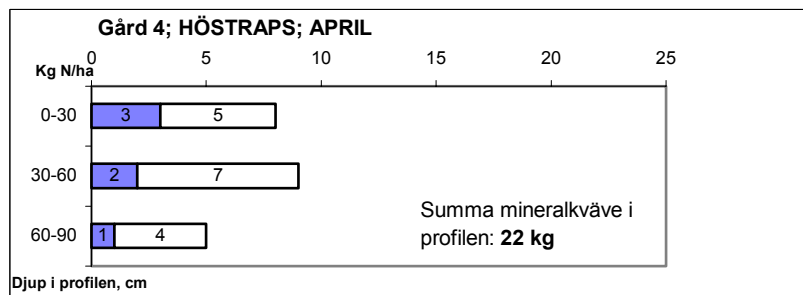
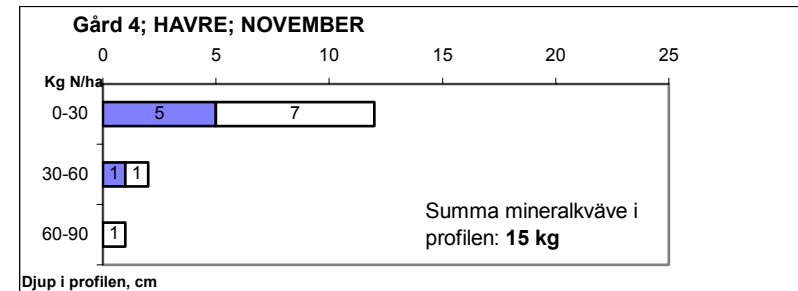
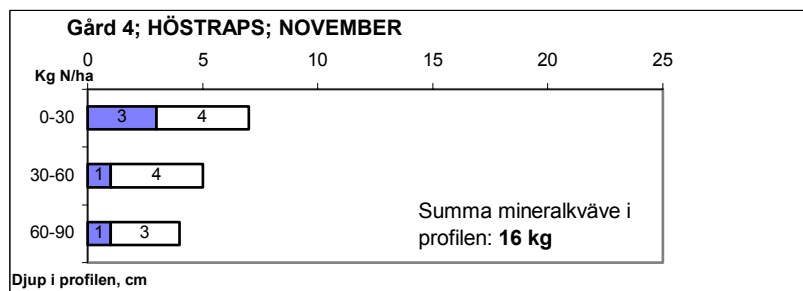
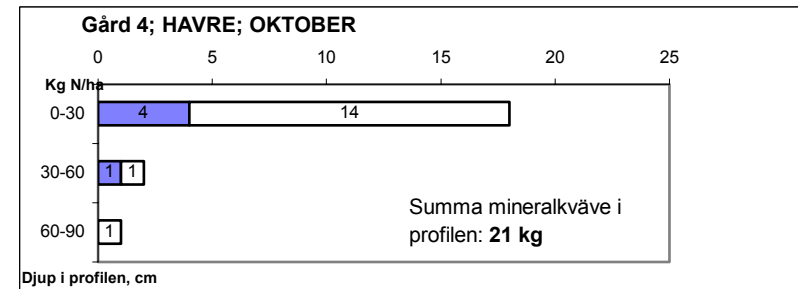
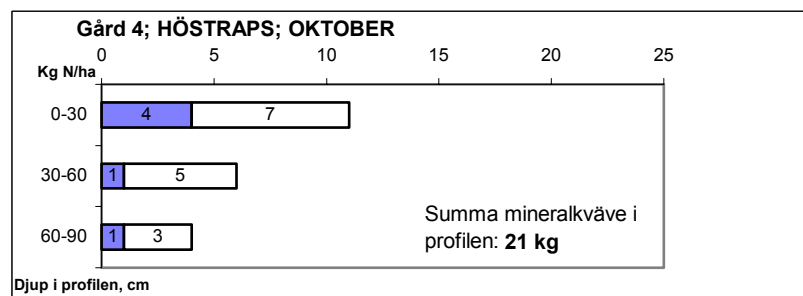
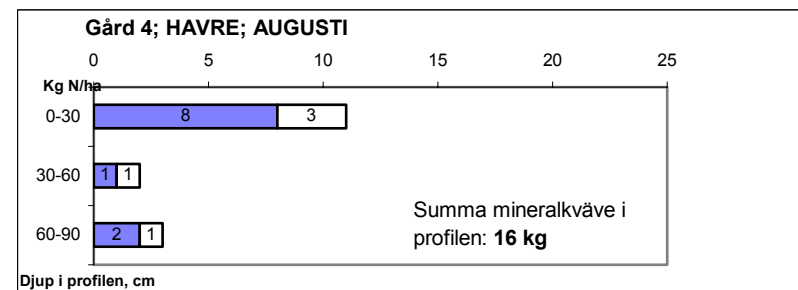
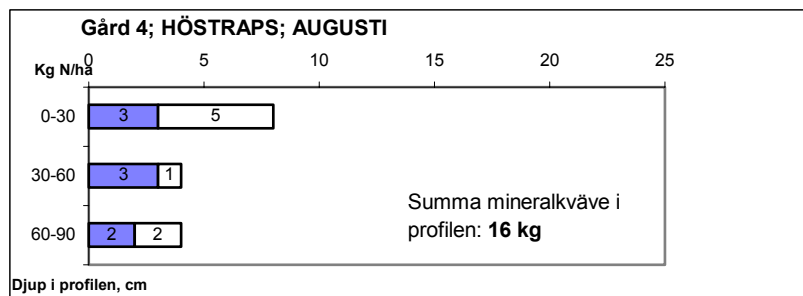
Figur 19. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 1.



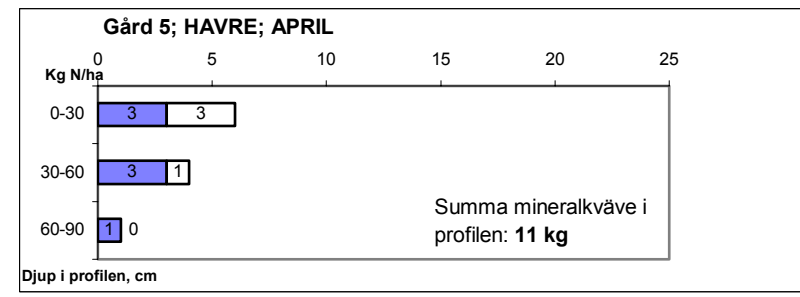
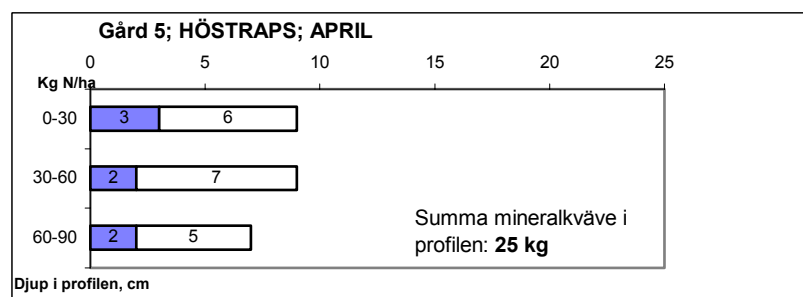
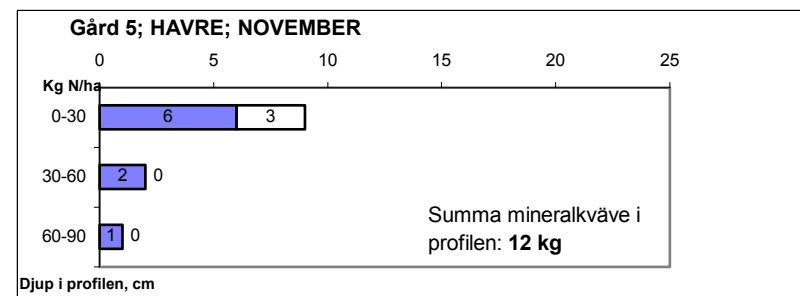
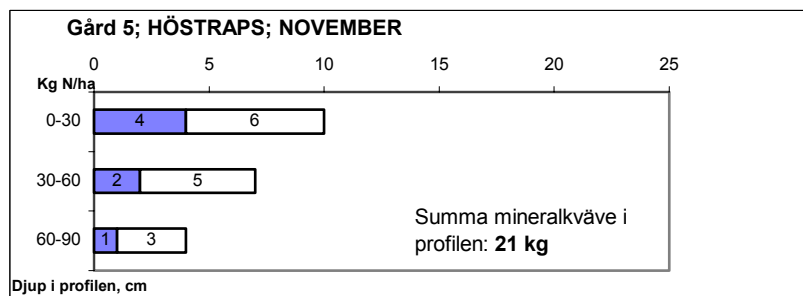
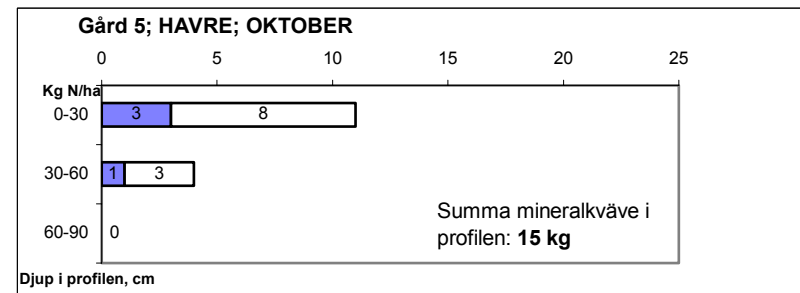
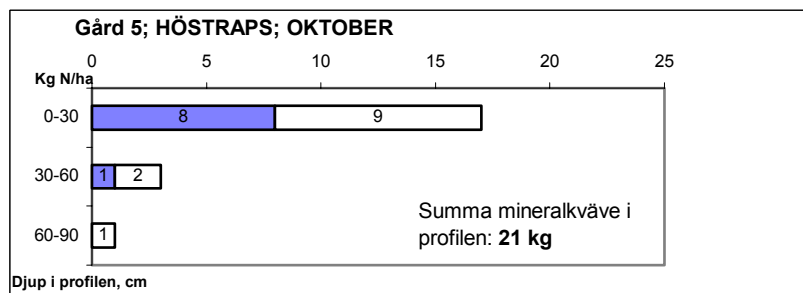
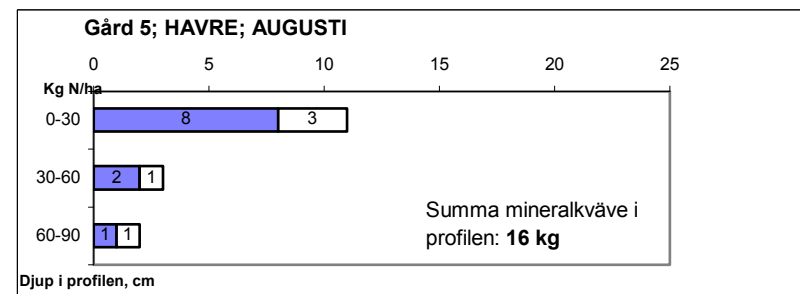
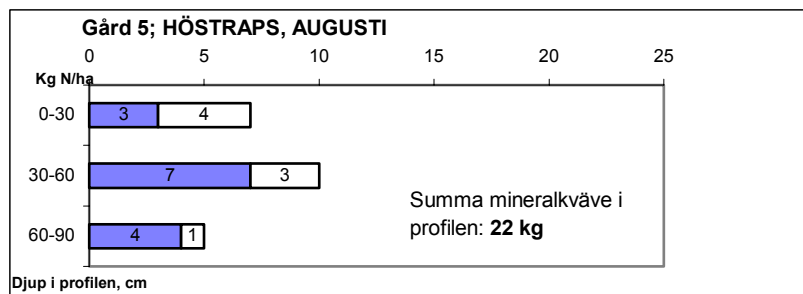
Figur 20. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 2.



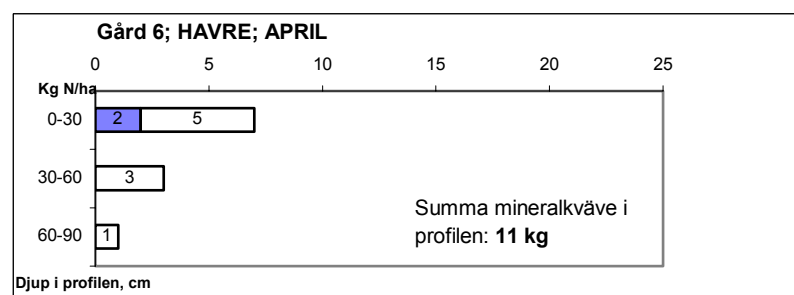
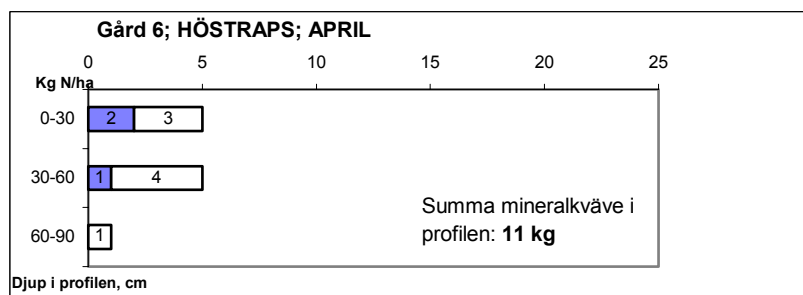
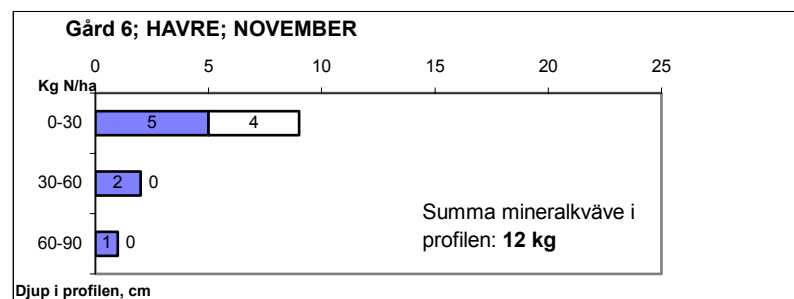
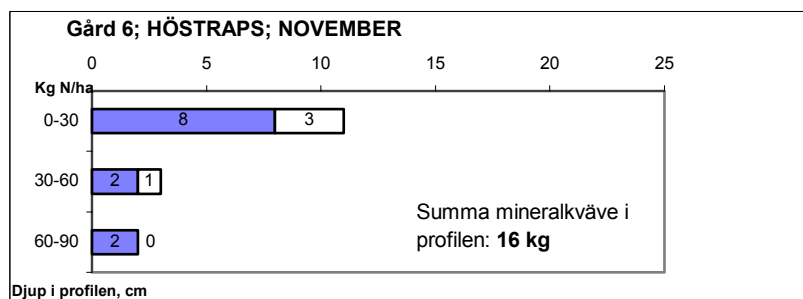
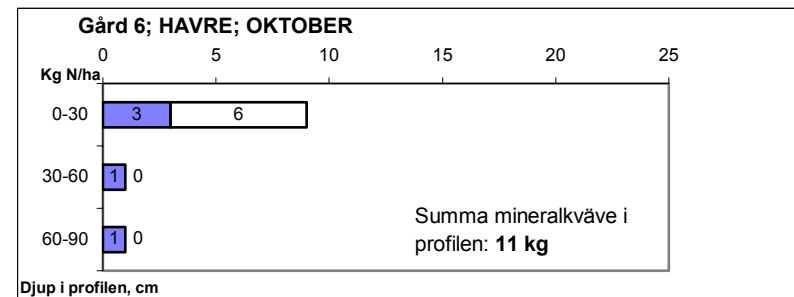
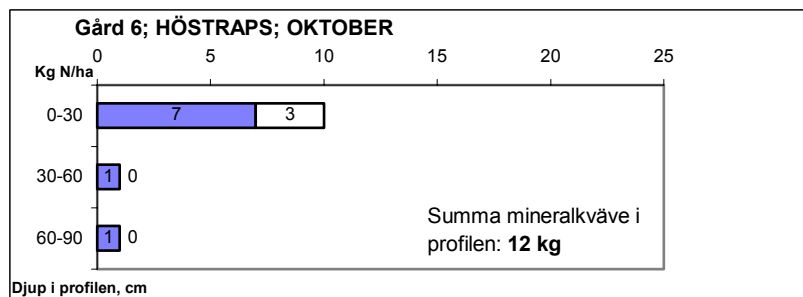
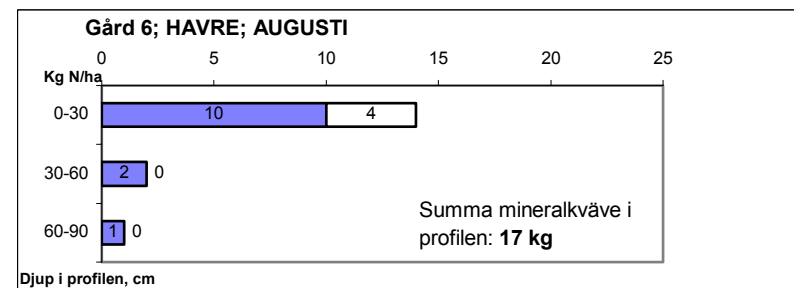
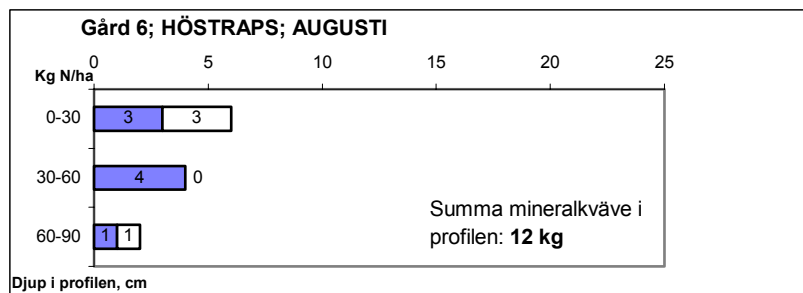
Figur 21. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 3.



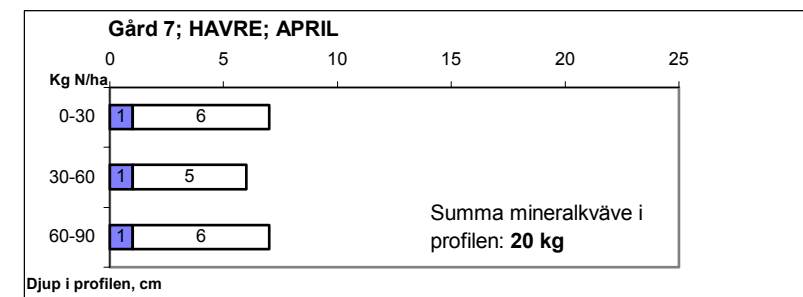
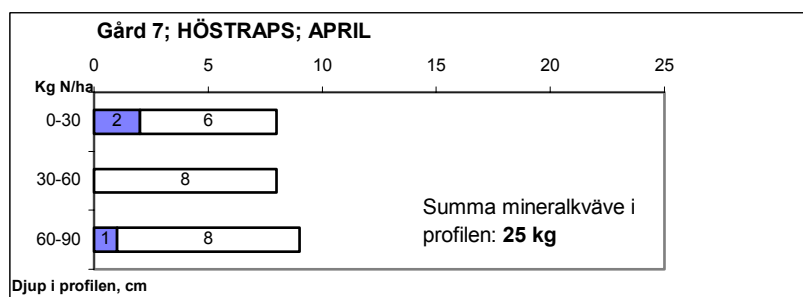
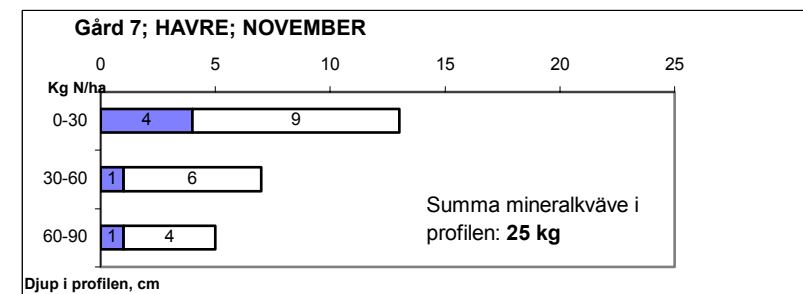
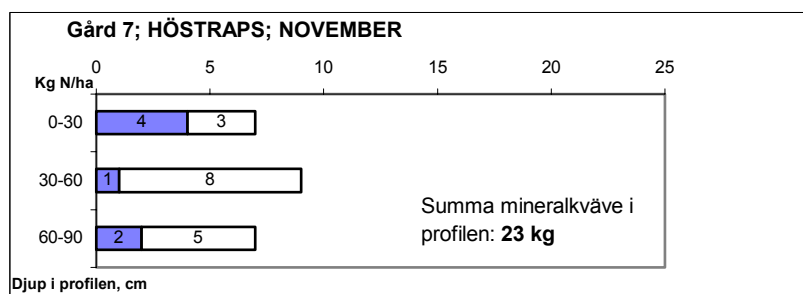
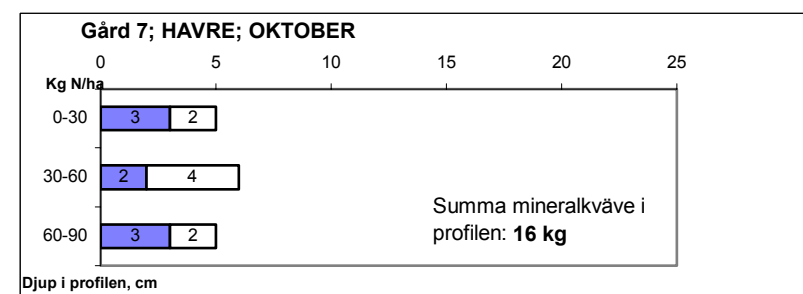
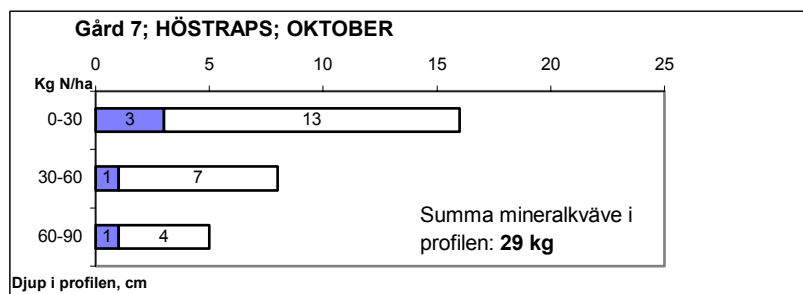
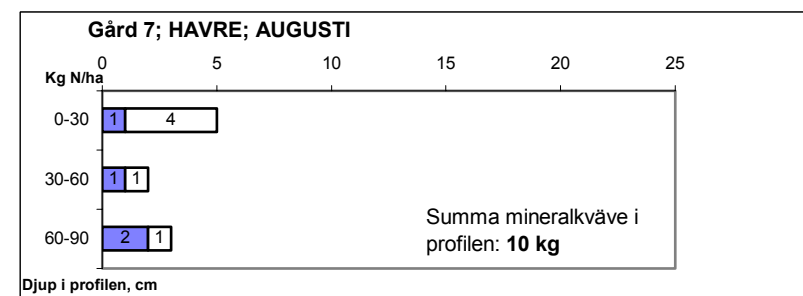
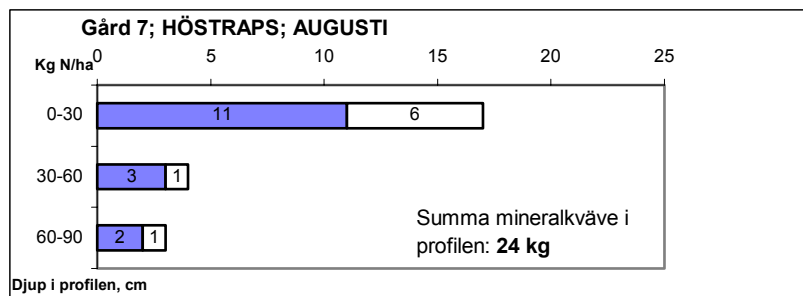
Figur 22. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 4.



Figur 23. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 5.



Figur 24. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 6.



Figur 25. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm) efter höstraps och havre på gård 7.

5.4 Inkubationsstudie

All halm består av ett flertal skilda komponenter såsom strå, blad, noder och agnar vilka dessutom har olika kemisk sammansättning. De flesta studier av halmnedbrytning har inte gjort någon åtskillnad mellan de olika komponenterna, utan halmen utgör då ett och samma material. I den föreliggande inkubationsstudien gjordes, som beskrivits ovan, en ansats att dela upp rapshalmen i två komponenter: fin- och grovhalm. Rapsplantornas grova stjälk skiljer sig mycket från de spröda fröskidorna och plantans övre halmdeklar, se figur 6 och 7 för de två rapshalmsfraktionerna.

Eftersom det ur mineraliseringssynpunkt är intressant att känna till kol/kvävekvoten för halm gjordes analyser på fin och grov höstrapshalm samt havrehalm. Analysen visade att höstrapshalmens C/N-kvot, både fin och grov fraktion, var hög (tabell 16). Kvävehalten i höstrapshalmen var i denna undersökning 0,5-0,6 % vilket överensstämmer med de värden som Holmes (1980) refererar till och som Engström (opublicerat) funnit i en pågående studie. Kväveinnehållet i havrehalmen fastställdes till 0,5 %. I STANK (Jordbruksverket) anges spannmålshalm innehålla 0,50 % kväve. Analysen av de olika halmslagets kolhalter visar att nivåerna för spannmålshalm och höstrapshalm var lika, knappt 50 % av torrsubstansen.

Höstrapshalm kan alltså sägas innehålla samma kvävenivåer som spannmålshalm och därmed är kol/kvävekvoterna för de olika halmslagen också jämförbara. Av tabell 16 framgår att den fina fraktionen höstrapshalm och havrehalm hade C/N-kvoter över 90. Den grova höstrapshalmen hade en C/N-kvot som var något lägre.

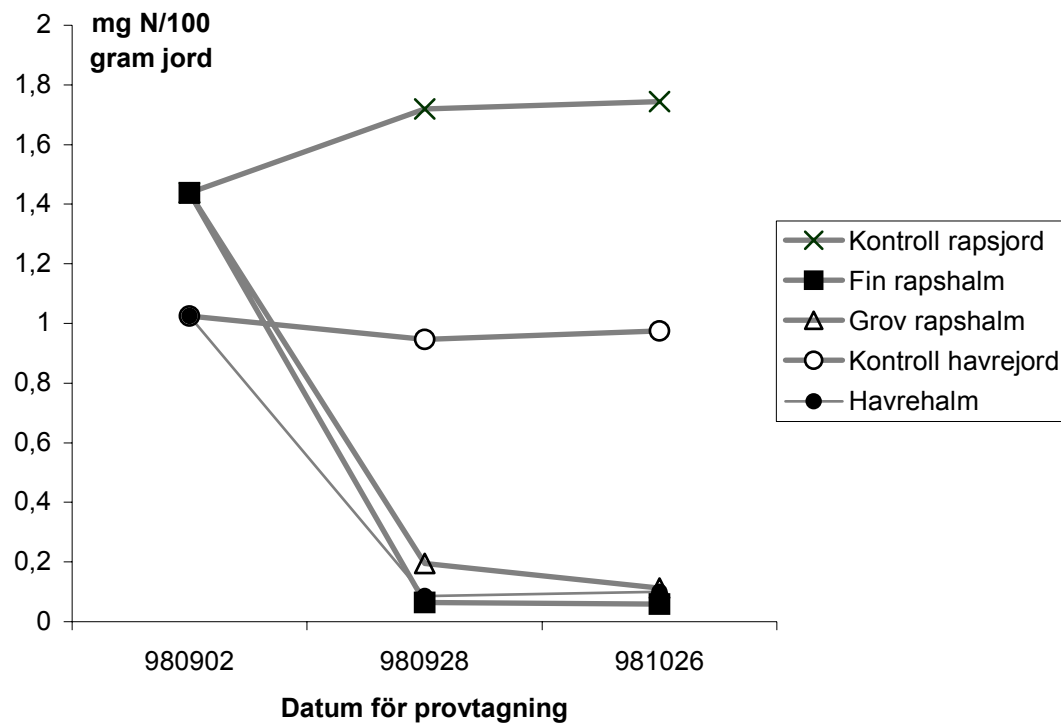
Tabell 16. Inkubationshalmens innehåll av kväve och kol samt C/N-kvot.

	% N i ts	% C i ts	% ts	C/N
Grov rapshalm	0,6	47	92	79
Fin rapshalm	0,5	47	91	96
Havrehalm	0,5	46	93	94

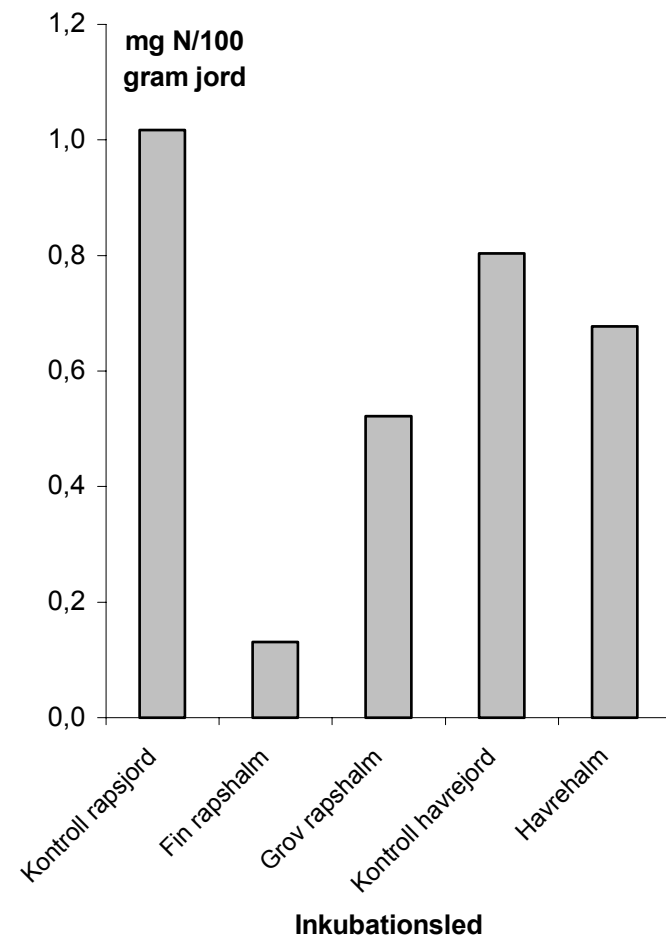
Figur 26 och 27 nedan beskriver resultatet av inkubationsstudien. Mineralkväveprover måste förvaras frysta efter uttagning vilket också gjordes enligt sedvanlig metod. Genom ett missöde har de uttagna proverna, omfattande startvärden samt första och andra provtagningen, utsatts för rumstemperatur omkring en veckas tid efter en tids frysförvaring. Den tredje och sista provomgången är intakt. Av detta skäl har provserien fördelats på två figurer.

Även om proverna tinats upp är relationen dem emellan intressant och användbar. Av figur 26 och startproverna uttagna 2 september framgår det tydligt att rapsjordens innehåll av mineralkväve är större än havrejordens. Orsaker till detta kan, som tidigare diskuterats, vara att höstrapsens kväueupptagning avslutas tidigare än havrens, vilket påverkar anhopningen av mineraliserbart kväve i jorden. Men även det faktum att höstrapsplantorna tappar blad och andra växtdelar under växtperioden bör bidra till en ökad kvävefrigörelse i en sådan jord (se avsnitt 3.3.4. ovan).

De höga kol/kvävekvoter som konstaterats medför att det är rimligt att det skulle ske en immobilisering av mineralkväve efter halmnedbrukning i jorden. Immobiliseringen av kväve i leden med höstrapshalm tycktes vara minst lika stor som i ledet med havrehalm. Resultaten tyder på att höstrapshalmens kväveinnehåll inte kan ha bidragit till de fastställda ökningarna av mineralkväveförråden i marken under hösten på fälten med höstraps.



Figur 26. Medelvärden av mineralkväve (mg N/100 gram jord), i inkubationsstudien: vid starten samt vid första och andra provtagningen under hösten 1998.



Figur 27. Medelvärden av mineralkväve (mg N/100 gram jord) vid inkubationens tredje provtagning hösten 1998 den 19 november.

6. ÖVERGRIPANDE DISKUSSION

6.1 *Mineralkväve efter höstraps i jämförelse med havre och efter sådd av höstvet*

Kväveprofilundersökningarna visade i medeltal att jordarnas innehåll av mineralkväve (0-90 cm) efter höstraps var större än efter havre. De mineralkvävemängder som återfanns under hösten och tidigt under våren därefter var i storleksordningen 6-39 kg N/ha. Provtagningarna uppvisade dock inga stora skillnader mellan de båda grödorna, under hösten i storleksordningen 1-3 kg (mest i oktober månad) och något större på våren, 7 kg mer efter höstraps än efter havre. Som tidigare beskrivits var mängderna mineralkväve vid provtagningen under senhösten mindre än de förråd (25-50 kg N/ha inom 0-90 cm) som fastställts i början av november efter vårsäd i försök vid Lanna och Fotegården (Lindén et al., 1993; Lindén et al., 1999). I denna studie uppvisade de fält som haft kontinuerlig tillförsel av stallgödsel inte större förråd av mineralkväve än skiftena på gårdarna utan djur. Detta avviker från de resultat som redovisats av Lindén (1987a), vilken fann 15-20 kg N/ha större mineralkvävemängder på djurhållande gårdar.

Det är tänkbart att den mycket nederbördsrika sensommaren och hösten 1998 var orsak till de generellt små restkvävemängder som fastställts i denna undersökning. Den blöta hösten, med vattenmättad jord som följd, medförde sannolikt att det uppkom kväveförluster, inte bara genom utlakning utan även genom denitrifikation i de undersökta jordarna, som i flertalet fall dessutom utgjordes av leror. Kväveförluster genom denna process är dock svåra att uppskatta, då kunskapsunderlaget är litet genom att förloppet är komplicerat att undersöka. Denitrifikation kan vidare vara en förklaring till den ringa skillnaden i mineralkvävemängderna under hösten mellan fälten med höstraps och havre. Under år då hösten är torrare och temperaturen högre än 1998, då denna studie genomfördes, torde skillnaden bli större.

Det höstvet som såddes efter höstraps (medeldatum: 16 september) tog i genomsnitt upp knappt 5 kg N/ha (1-10 kg N/ha) i de ovanjordiska växtdelarna. Detta ringa N-upptag innebär att sådd av höstvet knappast kan ha minska kväveutlakningsrisken på hösten, vare sig efter höstraps eller efter stråsäd.

6.1.1 Jämförelser med andra undersökningar

I den jämförbara, fleråriga undersökningen vid Lönnstorp i Skåne fann Hessel et al. (1998) större restkvävemängder i profilen 0-60 cm efter höstraps, 16-67 kg N/ha, än som ovan redovisats. Differensen mellan höstraps och havre vid Lönnstorp uppgick till 6-18 kg och var därmed större än i denna undersökning.

6.1.2 Faktorer som inverkar på kväveförhållandena i marken och på kväveutlakningsrisken efter skörd av höstraps

Trots totalt små mineralkväveförråd återstår det faktum att det fanns skillnad i mängderna mellan fälten med höstraps och havre. När höstrapsens goda förfruktsvärde med avseende på kväve omtalas, hänvisas det ofta till efterlämnade kväverika skörderester. Här finns dock behov av att nyansera de verkliga förhållandena bakom detta vanliga påstående.

En viktig orsak till mer mineralkväve efter höstraps är troligtvis att dess kväveupptag avslutas tidigt (Engström, pers. medd.) i jämförelse med stråsäd, vars kväveupptagning upphör vid gulmognad (Lindén et al., 1993a). Men även det faktum att höstrapsplantorna tappar blad och

andra växtdelar under växtperioden bör bidra till ökad kvävefrigörelse under sensommaren och hösten i en sådan jord. Detta skulle innebära större anhopning av mineraliserat kväve efter höstraps än efter stråsäd. Kvävemineraliseringen kan dessutom fortgå med större hastighet under sommaren, när temperaturen är högre än under hösten, utan att någon gröda tar upp det nybildade nitratkvävet.

Gödsling och skördenivå

Eftersom kväveutbytet med höstrapsens fröskörd i förhållande till gödslingen är relativt lågt i jämförelse med stråsäd (se avsnitt 3.3.5), kan man undra om mängden mineralkväve som efterlämnats i markprofilen påverkats. Av avsnitt 5.2.1 och 5.2.2 framgår att kvävegödslingen på våren till de båda grödorna höstraps och havre i denna studie inte skilde sig åt nämnvärt; i medeltal tillfördes på våren 104 kg N/ha till havre och 126 kg N/ha till höstraps. Motsvarande värde för havre i undersökningen vid Lönnstorp var 90 kg N/ha och för höstraps 150 kg N/ha.

Resultaten från försöket vid Lönnstorp visade större kväveutlakning efter höstraps än efter stråsäd. Som ett genomsnitt av fem odlingssäsonger, avkastade höstrapsen omkring 3200 kg frö/ha. Nivån på rekommenderad kvävegiva till höstraps på våren med en förväntad avkastning på 3 ton sjönk under försöksperioden (1993-97) från 160 kg N/ha (Jordbruksverket, 1993) till 115 kg N/ha (Jordbruksverket, 1997). Man kan konstatera att tillförda mängder mineralkväve översteg Jordbruksverkets rekommendationer i slutet av försöksperioden vid Lönnstorp.

Som ovan nämnts mättes inte avkastningen i denna studie, vilket medför att det inte går att avgöra i vilken mån kvävegödslingen varit optimal. Lantbrukarnas förväntade avkastning varierade mellan 3 och 4,5 ton per hektar. Samtliga kvävegivor till höstrapsen på våren var inom rekommenderade gränser, undantaget ett fält som gödslades med 10 kg N utöver rekommenderad giva till en viss förväntad avkastning. I Jordbruksverkets *Riktlinjer för gödsling och kalkning* från 1998 rekommenderades tillförsel av 115-130 kg N/ha på våren vid en skördenivå motsvarande 3,0 till 3,5 ton rapsfrö per ha. Överdriven N-gödsling i relation till den erhållna skördenivån kan av detta skäl kan knappast ha förekommit.

Höstgödsling med kväve

Som mycket riktigt också påpekats av Hessel et al. (1998) har säkert den i början av Lönnstorpsförsöket tillförda höstgivan om 40 kg N/ha vid etableringen av höstrapsen (endast de tre första åren) medverkat till större utlakning under vinterhalvåret efter sådd av höstraps än efter sådd av höstvet och rågvete i försöket. Det samlade resultatet av genomgången litteratur om kvävegödsling till höstraps på hösten är att så länge sådden sker tidigt, etableringen blir god och plantorna utvecklas ordentligt, kan höstrapsen ta hand om de kvävemängder som vanligen tillförs i samband med sådden, om förfrukten varit stråsäd eller träda. Ibland finns det dock med största sannolikhet anledning att ordentligt fundera igenom om höstgödsling alls är motiverad, både ur ett ekonomiskt perspektiv och ur en miljömässig synvinkel. Variationerna i höstrapsens kväveupptag på hösten beror, såsom framkommit i försök som beskrivits ovan, på faktorer som allmänt styr tillväxten såsom såtid, växtnäringstillstånd och jordstruktur. Augustinussen (1994) konstaterade exempelvis att sådd så sent som den 5 september medförde att rapsplantorna hade sämre förutsättning att ta upp allt tillfört handelsgödselkväve. De år då höstrapsplantorna sås tidigt kan plantorna, även utan kvävetillförsel, bli tillräckligt stora för att överleva vinterns påfrestningar (Mendham et al., 1981). Vid sen sådd eller dålig etablering blir risken för utlakning av tillfört gödselkväve stor under vinterhalvåret efter höstraps sådden. De höstrapsfält som ingick i denna undersökning såddes alla före den 11 augusti 1997. Detta innebär i princip att tillväxten och kväveupptaget under hösten bör ha blivit bra.

Kvävegödsling på våren och kväveupptag under växtsäsongen

När det gäller kvävegödslingen på våren är det flera parametrar att ta hänsyn till för att kunna beräkna en optimal gödselgiva. Hit hör tillväxt och kväveupptag under hösten dessförinnan samt som nämnts förväntad skörd. Nilsson (1992) och Bengtsson & Cedell (1993) konstaterade i sina studier att höstraps kunde ta upp stora mängder kväve under hösten om den utvecklades kraftigt efter sådden, vilket också innebär att kvävegivan på våren kunde sänkas 10-20 kg/ha. Förutom att uppskatta avkastningen och anpassa vårkvävegivan därefter borde beståndets utveckling på våren följas, vilket i högre grad kan påverka nivån på den senare av vårens två givor. Yngveson (2001) framhåller emellertid behovet av att förnya och utveckla gödslingsrekommendationerna till höstraps.

Beträffande höstrapsens totala upptag av kväve under växtsäsongen är situationen mera komplicerad. Den under växtsäsongen producerade torrsubstansmängden inverkar på mängden upptaget kväve, se Holmes (1980), som dock menar att det procentuella kväveinnehållet visar likvärdiga resultat i flertalet undersökningar, oavsett ts-mängd i beståndet. Som förut nämnts förekommer mycket skiftande uppgifter om hur mycket kväve höstrapsen kan ta upp under vår och sommar; variationer mellan 104 och 257 kg/ha har redovisats (Holmes, 1980). En god höstrapsgröda har således förmåga att ta upp mer kväve än den mängd som tillförts genom gödsling, vilket innebär att övervintrande mineralkväve och kväve som mineraliserats under växtsäsongen också kan tas tillvara. Dessa skilda och varierande förhållanden påverkar självklart den mängd kväve som blir kvar på åkern i någon form – organisk eller oorganisk – efter skörd av höstrapsgrödan.

Då höstrapsrötternas biologi tycks vara obetydligt undersökt kan det finnas ytterligare förklaringar till större mineralkvävemängder efter höstraps än efter stråsäd.

6.2 Inverkan av höstrapshalm och andra växtrester på kväveomsättningen i jorden

Halmens egenskaper och omsättning i jord

Resultatet av inkubationsstudien visar att höstrapshalmen hade en kol/kväveknot liknande spannmålshalmens. Kvävehalten i höstrapshalmen var inte högre än i havrehalmen. Litteraturuppgifter anger siffror mellan 0,4 och 0,7 % av ts, och i denna studie uppmättes höstrapshalmens totalkväveinnehåll till 0,5 och 0,6 % av ts, beroende på fraktion (fin respektive grovhalm). Att kvävehalten i höstrapshalmen generellt inte brukar vara högre förklaras bl.a. av Holmes (1980) med den translokation av kväve som sker från blad och stjälk (halmdeklar) till fröna i samband med och efter blomningen. Motsvarande värde för spannmålshalm i STANK (Jordbruksverket) anges till 0,5 % av ts, således samma som den i inkubationsstudien använda havrehalmen.

Den genomförda inkubationsstudien visar att höstrapshalmens båda fraktioner, i likhet med havrehalmen, immobiliserade kväve under hösten efter inblandning i jord. Provtagningen i november månad visade t.o.m. att i leden med inblandning av grov och fin halmfraktion fanns mindre återstående mineralkväve än i ledet med inblandning av havrehalm. Det kan konstateras att det rådde likheter i hur den samlade mineraliseringsprocessen fortlöp efter inblandning av höstraps- och havrehalm i jord, trots att rapsjorden innehöll större mängder mineralkväve utan halminblandning, liksom i fältförsöken. Mängderna fritt mineralkväve blev små med både höstraps- och havrehalm.

Det har diskuterats hur länge det dröjer innan det immobiliserade kväve kan förväntas bli återmineraliserat och växttillgängligt. Enligt Stevenson (1986) blir endast en mindre andel av det fastlagda kvävet åter tillgängligt för grödan under efterföljande växtsäsong. Stevenson menar att mindre än 15 % av det mikrobiella kvävet återmineraliseras första året för att under kommande säsonger sjunka till ca 2 % årligen. Höstrapshalmen inverkar således i mycket ringa omfattning på den större kväveefterverkan man vanligen får efter höstraps än efter stråsäd.

Då halmens partikelstorlek enligt Jensen & Ambus (2000) påverkar den mikrobiella nedbrytningsprocessens förlopp under den första tiden efter nedbrukning i matjorden, är det ej förvånande att det i ledet med fin höstrapshalm uppkom kraftigare immobilisering. Små halm-partiklar medför att mikroorganismerna lättare kommer åt kolet (liksom kvävet) i materialet och kan därmed snabbare immobilisera kväve från den omkringliggande jorden.

Inblandningen av halmen i matjordslagret inverkar således på nedbrytningsprocessen i den meningen att ett jämnt fördelat material i större utsträckning underlättar immobiliseringen av kväve än om materialet är ojämnt fördelat i jorden, vilket oftast är fallet i praktiken (Jensen & Ambus, 2000). Enligt författarna var immobiliseringen mindre där halmen hamnat klumpvis i matjorden efter inbrukning. I led med homogen halminblandning återfanns mindre mineralkvävemängder.

Oavsett om det plöjs eller sker en lättare bearbetning med kultivator eller liknande medger inte dessa behandlingar jämn inblandning av skörderester i matjorden. Det som skiljer inkubationsstudien från den praktiska odlingen är alltså halmens inblandning i matjordslagret efter tröskning. Detta innebär att den kraftiga immobilisering som erhöles i inkubationsstudien inte kan förväntas ske ute i fält med dagens jordbearbetningsmetoder.

Även om höstrapshalmen i praktiken inte blandas med matjorden så ingående som i den redovisade inkubationsstudien, är det emellertid rimligt att anta att denna halm i alla fall inte bidrar till ökade tillskott av mineralkväve under hösten efter skörd av höstraps och ej heller förbättrar den efterföljande grödans kväveförsörjning. Som ovan nämnts är det vanligt förekommande att höstrapsens skörderester betraktas som kväverika eftersom utnyttjandegraden för tillfört kväve är låg, omkring 50 % av tillfört kväve. Den genomförda inkubationsstudien visar emellertid att höstrapshalmen varken är kväverik eller lättmineraliserad under hösten efter skörd. Med detta som bakgrund kvarstår det diskuterade bladavfallet, de efter skörd kvarlämnade höstrapsrötterna och den längre kväve-mineraliseringsperioden efter höstrapsens mognad som faktorer som bidrar till höstrapsens goda förfruktswärde med avseende på kväve.

Andra växtrester från höstrapsen

Av figur 1 framgår det ganska klart att det bladavfall som dokumenterats i flera studier (Andersson et al., 1959; Razoux Schultz, 1972; Augustinussen, 1987) utgjort en betydande andel av höstrapsens gröna växtmassa under sommaren. Dock vissnar dessa blad och faller till marken. Trots att det pågår en omfattande omfördelning av kväveinnehållet från blad och stjälk till frön i hela plantan under denna period bör ett stort bladavfall under sommaren medföra att lättmineraliserade växtrester hamnar på marken och troligen snabbt börjar brytas ned. Kol/kväveknoten hos detta färska växtmaterial borde vara lägre än hos den mogna halmen, vilket skulle leda till snabbare frigörelse och mineralisering av det ingående kvävet än vad inkubationsstudien visar för den mogna rapshalmen. Det har uppenbarligen inte genomförts några undersökningar där det klart dokumenterats hur stora mängder kväve det egentligen

handlar om. Genom den studie som Razoux Schultz (1972) utförde får man dock uppfattningen att det kan röra sig om flera tiotals kg kväve per hektar.

Även fröspill i samband med höstrapskörden har diskuterats som en av flera tänkbara orsaker till höstrapsens goda förfruktsvärde. Bestämningar av mängden frö och halm före och efter tröskning (Engström, opublicerat) visar att det sker ett stort spill av frön i samband med tröskningen av höstraps. Engströms studier antyder att frön med innehåll av kväve i storleksordningen 30–40 kg N/ha blir kvar på åkern. För att detta kväve ska bli tillgängligt måste det först mineraliseras, något som dock först sker efter det att spillfröet grott och de uppkomna plantorna vissnat. Det är därför inte troligt att spillfröets kväveinnehåll påverkar mineralkvävemängderna i marken på hösten efter rappskörden.

6.3 Åtgärder för att minska risken för kväveutlakning vid odling av höstraps

Höstrapsen har en mycket viktig funktion att fylla i dagens spannmålsdominerade växtföljder, och därför är det viktigt att den bibehålls som en ekonomiskt och miljömässigt betydelsefull gröda i praktisk odling. En utmaning framåt blir att försöka minimera de mineralkvävemängder som återfinns i markprofilen på hösten, både efter sådd och efter skörd av höstraps. Eftersom det i många fall kan konstateras att odling av höstraps är ett bra val ur växtföljdsperspektiv gäller det att även forskningen kring ny odlingsteknik fortgår. En anpassning och utveckling av dagens kvävegödslingsrekommendationer är dessutom nödvändig för att ta hänsyn till de forskningsresultat som finns kring riskerna med utlakning vid odling av höstraps.

6.3.1 Åtgärder i samband med sådd av höstraps

De nya hybridsorterna sås ju senare än de konventionella sorterna, vilket kan betyda att kvävegödslingsnivån på hösten till dessa bör diskuteras. Som beskrivits ovan inträffar höstrapsens optimala såtidpunkt oftast mellan 10 och 25 augusti. Det kan vara besvärligt att hinna genomföra en bra såbäddsberedning om förfrukten först ska skördas. Jorden kan även vara alltför torr för att optimala gröningsbetingelser ska infinna sig. Av dessa skäl kan det vara intressant att fundera på om rapsen skulle kunna etableras redan på våren i en annan gröda. Etableringen av höstrapsen har en mycket stor betydelse för dess förmåga att ta upp stora mängder kväve under hösten efter sådd. En bra etablering blir av detta skäl mycket viktig för att undvika att utlakningsbart kväve går förlorat de år etableringen av höstrapsen är besvärlig. Stenberg et al (1998) testade i försök insådd av olika bottengrödor i höstraps, vilket kan vara en teknik som borde utvecklas för att minska riskerna för utlakning under hösten efter sådd av höstrapsen.

Augustinussen (1994) utförde försök där höstraps såddes tillsammans med vårkorn på våren. Försöken syftade till att undersöka om en säker etablering av höstrapsen kunde innebära att den direkt i samband med tröskningen av kornet ”var beredd” att ta upp stora mängder kväve under hösten. Resultaten visade att den höstraps som såddes med kornet tog upp något större mängder mineralkväve än höstraps som såddes i augusti. Flera faktorer såsom konkurrens om ljus och växtnäring, brist på markfukt och ogräsbekämpning påverkar de båda grödorna negativt, vilket innebär att insåning av raps i vårkorn inte är helt problemfri. Liknande funderingar har även beskrivits av Ebbersten (1981).

6.3.2 Åtgärder under vår och sommar

Då torrsubstansproduktionen påverkar det totala höstrapsbeståndets förmåga att ta upp kväve under växtsäsongen, borde denna parameter i större utsträckning finnas med vid beräkning av optimal kvävegiva på våren.

6.3.3 Åtgärder efter skörd av höstraps

Då jorden innehåller större mineralkvävemängder på sensommaren efter odling av höstraps än efter stråsäd, gäller det att undvika alltför kraftig jordbearbetning inför sådd av höstsäd, vilket skulle stimulera kväve mineraliseringen ytterligare. Halmens utmärkta, men de facto outnyttjade förmåga att immobilisera kväve bör tas tillvara bättre genom att bruka in den ytligt (5-10 cm) i matjorden för att förhindra eller minska den merutlakning som kan uppkomma. För att kunna få halmen jämnt fördelad i detta ytliga jordlager och därmed lättare tillgänglig för mikrobiell nedbrytning skulle det krävas att halmresterna söndersmulades, t.ex. med en betesputs utrustad med slagor, för att därefter med en lätt jordbearbetning blanda växtresterna med matjorden. Det är viktigt att låta matjorden därunder vara orörd för att inte bidra till ökad frigörelse av kväve i markprofilen i övrigt.

Även insådd av fånggröda i höstraps bör diskuteras. Undersökningar av detta slag pågår (Lindén, pers. medd.). Odling av fånggröda innebär alltid en merkostnad för lantbrukaren. Insådd på våren i ett etablerat höstrapsbestånd är inte otänkbar även om den inför sådd av t.ex. höstvetete skulle få en kortvarig tillväxttid. För att utveckla en höstrapsodling med låga risker för kväveutlakning kanske ett speciellt stöd för insådd av fånggröda i denna gröda vore intressant. Forskning framöver borde även ta sikte på att studera bladavfallets omfattning och rötternas bidrag till anhopningen av mineraliserat kväve i marken och till höstrapsens goda fruktsvärde.

7. SUMMARY

Winter oilseed rape (*Brassica napus*) is highly valued in practical agriculture for several reasons, for instance as a break crop reducing pathogen attacks in cropping systems with cereals and due its loosening taproot and its positive residual nitrogen effect. The aim of the present study was to describe nitrogen dynamics in soil after the harvest of winter oilseed rape. These processes influence the residual nitrogen effect and the risk of leaching following cultivation of this crop. The investigation included a field study with periodical determinations of mineral nitrogen in the soil. Sampling was carried out on seven farms in the western part of the Skaraborg region in west Sweden in 1998/99. Moreover, an experiment with incubation of winter oil seed rape straw was conducted under field conditions at Lanna, also in west Sweden. Furthermore, a literature review was performed to describe the state of art as regards nitrogen dynamics in crop and soil during the cultivation of winter oilseed rape.

On each of the seven farms, plots (20 x 20 m) were selected in August 1998 on two fields: one with winter oilseed rape and one with oats. The intention of the farmers was to sow winter wheat on all fourteen fields after the harvest of both crops. On three occasions during the autumn, from August to November, and in April in the following spring soil samples were taken out for the determination of mineral nitrogen (ammonium and nitrate N). The sampling was carried out in three layers: 0-30, 30-60 and 60-90 cm. In connection with the soil sampling in November, the over-ground biomass of the winter wheat was sampled within an area of 1.0 m per plot for the determination of its nitrogen uptake during the autumn.

The incubation experiment was performed in order to study how the straw of winter oilseed rape, compared to oat straw, affects nitrogen mineralization and immobilization in the soil after harvest. Straw of winter oilseed rape and oats, cut to a length of 2 cm, was mixed with soil in small plastic pots. These were placed in the topsoil on a field at Lanna, with the bottom at a depth of 15 cm, and were then covered with soil. Rape straw of different kinds was applied in each of two treatments: "fine straw" and "coarse straw". The influence of the winter oilseed rape and the oat straw on mineralization-immobilization, determined as the contents of soil mineral nitrogen, was compared with the net accumulation of mineral nitrogen in soil without straw incorporation. Sampling was carried out at three occasions during the autumn and thereafter the contents of ammonium and nitrate N were determined.

The contents of mineral nitrogen in the soil profile (0-90 cm) at the investigated sites were, on average, somewhat larger (+1...+7 kg N/ha) after winter oilseed rape than after oats. The amounts of mineral nitrogen, irrespective of the preceding crop, were in the order of 6-39 kg N per ha. Compared to results from long-term field experiments in the region, the amounts of mineral nitrogen were small. Generally, soil nitrogen dynamics in the autumn of 1998 had probably been affected by the heavy precipitation in late summer and in the autumn in this year. The very wet conditions during the autumn probably imply that, in addition to nitrogen leaching, large losses due to denitrification occurred in the investigated fields, all having clay loams or clay soils. This could probably also be one of the explanations for the small differences in mineral nitrogen found in this investigation between the fields with winter oilseed rape and oats as preceding crops.

Earlier investigations indicate that more mineral nitrogen generally accumulates in the soil profile during the autumn after winter oilseed rape than after oats. An explanation for this could be that the uptake of nitrogen by the winter oilseed rape crop is ceasing much earlier in the summer than for cereals, and therefore mineralization leads to the accumulation of more

mineral nitrogen in the soil after winter oilseed rape than after oats. Moreover, leaves and other easily mineralized parts from the winter oilseed rape plants drops to the ground during the summer. The decomposition of this material should also lead to increased nitrogen release and larger accumulation of mineralized nitrogen in soil. Since the biology of winter oilseed rape roots seems to be incompletely investigated there could be additional explanations of the larger amounts of mineral nitrogen after winter oilseed rape than after cereals.

The winter wheat sown at most sites following the winter oilseed rape and the oats (average sowing date: 30 September) had only taken up, on average, 5 kg N/ha in the above-ground plant parts until late autumn. This indicates that, under weather conditions as in the present investigation, winter wheat cannot be regarded as an autumn-sown crop with a satisfactory ability to reduce nitrogen leaching during autumn and winter.

The results of the incubation study showed that the straw of winter oilseed rape had a high C/N ratio ($C/N = 88$) and should therefore be comparable with cereal straw concerning its properties in the decomposition and mineralization processes in soil. The investigation also indicates that straw of winter oilseed rape has a low nitrogen concentration (fine straw 0.5 % and coarse straw 0.6 % N of DM). Consequently, it cannot contribute to the accumulation of mineralized nitrogen after harvest. Similar to oat straw, the decomposition of the winter oilseed rape straw obviously leads to nitrogen immobilization. Therefore a uniform incorporation of rape straw in the topsoil would have the potential to immobilize mineral nitrogen released and accumulated in soil during the ripening of the winter oilseed rape and during the subsequent autumn.

Even if the straw of winter oilseed rape in practise is not as evenly incorporated into the soil as in the present study, it is realistic to assume that the straw *per se* does not contribute to increased levels of mineral nitrogen during the autumn after the harvest of winter oilseed rape nor increases the nitrogen supply to the subsequent crop. In the light of these facts, the leave fall discussed above and the roots left behind as well as the long period from the cease of nitrogen uptake to the autumn, with increased accumulation of mineralized nitrogen as a consequence, remain as factors contributing to the good properties of winter oilseed rape as a crop preceding cereals but also to the risk of enhanced nitrogen leaching during autumn and winter.

The results of the investigation indicate that the immobilization capacity of the straw of winter oilseed rape straw could be used to reduce the risk of nitrogen leaching after this crop. Chopping the straw and subsequent shallow incorporation into the soil could lead to more effective immobilization than current practise. A shallow incorporation should primarily not influence nitrogen dynamics in the underlying topsoil and thus should not stimulate nitrogen mineralization in this layer during the autumn.

8. REFERENSER

- Alexander, M. 1964. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, Inc. New York, London.
- Andersson, G., Olered, R. & Olsson, G. 1959. Zur Nährstoffaufnahme des Winterraps. Zeitschrift für Acker- und Pflanzbau 107. 171-178.
- Andersson, R. 1986. Förluster av kväve och fosfor från åkermark i Sverige. Omfattning, orsaker och förslag till åtgärder. Doktorsavhandling. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Augustinussen, E. 1987. Kvælstofgødskningens indflydelse på vækst og udvikling af vinterraps. Tidsskr. Planteavl 91, 301-311.
- Augustinussen, E. 1994. Kvælstofoptagelse hos vinterraps i efterårsperioden. Slutrapport under forskningsprogrammet "Grønne marker". SP rapport nr. 21, 2. årgang, 4-16.
- Bengtsson, A. 1992. The response of winter oilseed rape to seed rate and seedbed nitrogen fertilizing at direct drilling. Swedish J. agric. Res. 22, 97-102.
- Bengtsson, A. & Cedell, T. 1993. Kvävegödsling till höstraps. Svensk Frötidning. Årsredovisning 1991/92. Sid 9-11.
- Björklund, C. M. & Wahlgren, A. 1955. Erfarenheter och resultat från försök med oljeväxter. Meddelande från Sveriges Oljeväxtodlares Centralförenings försökskommitté år 1955.
- Bremner, J. M. & Keeney, D. R. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. Soil Science Society of America Proceedings 30, 577-582.
- Christensen, B.T. 2000. Organic matter in soil-structure, function and turnover. Danish Institute of Agricultural Sciences. Plant Production, No 30. Dias Report.
- Ebbersten, S. 1981. Växtföljdsfrågor med anknytning till oljeväxtodlingen. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift, nr 4, 187-197.
- Engström, L. 1998. Höstrapsförsök OS5-200: Såtid, ogräsbekämpning och övervintring i Mellansverige. Svensk Frötidning 67, nr 5, 17-23.
- Engström, L. 2001. Odlar oljeväxter och minska kvävetillförseln i efterkommande gröda. Svensk Frötidning 70, nr 7, 4-6.
- Engström, L. & Gruvaeus, I. 1998. Optimal kvävegödsling till höstvet, analys av 160 försök från 1980 till 1997. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 3, serie B Mark och växter.
- Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige. Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 7, Serie B, Mark och växter.

- Frostgård, G. 1999. Gödsling till höstoljeväxter. Svensk Frötidning 68, nr 9, 6-8.
- Fågelfors, H. 2001. Växtproduktion i jordbruket. Natur och Kultur/LTs förlag, 167-182.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B. Stenberg, M., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1998. Höstgrödor – Fånggrödor - Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättna i Skåne. Avd för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Ekohydrologi 46.
- Holmes, M.R.J. 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, London.
- Jansson, S.L. 1958b. Tracer studies on nitrogen transformation in soil with special attention to mineralisation-immobilization relationships. Kungl. Lantbr.högsk. Annlr. 24, 101-361.
- Jensen, E.S. & Ambus, P. 2000. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralisation-immobilisation in soil. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift, nr 8, årg. 139, 25-39.
- Jordbruk och boskapsskötsel. 1952. SCB.
- Jordbruksstatistisk årsbok. 1991. SCB.
- Jordbruksstatistisk årsbok. 1996. SCB.
- Jordbruksstatistisk årsbok. 2002. SCB.
- Jordbruksverket. 1993. Riktlinjer för gödsling och kalkning. Rapport 1992:35.
- Jordbruksverket. 1997. Riktlinjer för gödsling och kalkning. Rapport 1996:15.
- Jordbruksverket. 1998. Riktlinjer för gödsling och kalkning. Rapport 1997:22.
- Jordbruksverket. 2002. Riktlinjer för gödsling och kalkning. Rapport 2001:17.
- Jordbruksverket. 2002. STANK, ett dataprogram för växtnäringsberäkningar. Version 4.21
- Jordbruksverket. 2003. Åkerarealens användning 2003. www.sjv.se.
- Knudsen, L., Østergaard, H. & Schultz, E. 2000. Gødskning med kvælstof. Kvælstof - et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets rådgivningscenter. Landskontoret for Planteavl, Århus, Danmark, 39-76.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddecke, P., Strauss, R., Weber, E. & Witzinger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. Ann. Appl. Biol. 119, 561-601.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 112.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida

N-prognoser. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 120.

Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. Avd. för Växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 132.

Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markernas mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens rapporter, nr 5, 67-123.

Lindén, B. 1986. Trädans inverkan på kväveutlakningsrisken och efterföljande grödas gödselkvävebehov. Föredrag vid Södra Jordbruksförsöksdistriktets växtodlingsdag den 10 december i Växjö. Medd. från Södra jordbruksförsöksdistriktet, nr 28, 41-50.

Lindén, B. 1987a. Kvävemineralisering vid olika driftsformer – djurhållningens och stallgödsels inverkan. I: Husdyrgödsels virkningar på jord og avling. NJF-seminarium nr 113, NJF-utredning/rapport nr 39, 78-94.

Lindén, B. 1987b. Mineralkväve i markprofilen och kvävemineralisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsäd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Redovisning av konferens den 4 februari 1987 anordnad av Stiftelsen Växtnäringsforskning. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport nr 24, 23-46.

Lindén, B., Aronsson, H., Gustafsson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lersjordsförsök i Västergötland. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avdelningen för vatten- vårdslära. Ekohydrologi 33.

Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafsson, A., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årtider och utlakning på en mojord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insädd fånggröda. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Avdelningen för vattenvårdslära. Ekohydrologi 51.

Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Aronsson, H. 1994. Kvävet i markprofilen: Betydelsen av höst- och vintermineraliseringen för kväveutlakningen och grödornas kväveförsörjning. I: Alvens roll för växtproduktionen. Konferens den 9 mars 1994 anordnad av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift, 133 , 71-83.

Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søegaard, K. & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineralization during the growing season. 1. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22, 3-12.

Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søegaard, K. & Kjellerup, K. 1992b. Nitrogen mineralization during the growing season. 2. Influence of soli organic matter content, and effekt on optimum nitrogen fertilization of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22, 49-60.

Lindén, B., Roland, J., & Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 5, serie B Mark och växter.

Lindén, B. & Wallgren, B. 1988. Kväveanrikning på träda - utlakningsrisker och motåtgärder. Konsulentavdelningens rapporter, Sveriges Lantbruksuniversitet. Allmänt 136, 139-151.

Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early and late autumn. Swedish L. Agric. Res. 23, 77-89.

Lynch, J.M. Straw residues as substrates for growth and product formation by soil microorganisms. In: Straw decay and its effect on disposal and utilization (ed. E. Grossbard), 47-56. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Toronto.

Mellqvist, E. 2002. Sköt om höstrapsen i vår. Svensk Frötidning 71, nr 2, 10-11.

Mendham, N.J., Shipway, P.A., Scott, R.K., 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oil-seed rape (*Brassica napus*). J. agric. Sci., Camb. 96, 417-428.

Nilsson, G. 1987. Växtföljdsförsök med höstoljeväxter. Resultat från försöksserierna R4-2802 och R4-2803. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för växtodling. Rapport 170.

Nilsson, H. 1992. Kväveoptimum till höstvet och höstraps. Val av N-gödselmedel. Meddelande från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 39. Avsnitt 7:0.

Nordestgaard, A. 1977. Forsøg i vinterraps med stigende mængder efterårs- og forårsudbragt kvælstof kombineret med 2 såtidpunkter for vinterrapsen 1971-76. Tidsskr. Planteavl 81, 365-373.

Nyberg, A. & Lindén, B. 2000. Dokumentation av ekologiska växtodlingsgårdar i västra Sverige 1996-98. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 6, serie B Mark och växter.

Nömmik, H. 1955. Biologisk fastläggning av oorganiskt kväve vid nedbrytning av halm. Preliminära resultat från kärlförsök. Växtnäringsnytt 11, häfte 2, 42-45.

Ogilvy, S.E. 1984. The influence of seed rate on population, structure and yield of winter oil-seed rape. Aspects of Applied Biology 6, 59-66.

Persson, J. 1982. Halmen i markvårdens tjänst- en litteratursammanställning. Naturvårdsverket Rapport 1559.

Rassadi, F. & Amberger, A. 1975. Veränderungen organischer Stoffgruppen im Verlaufe der Verrottung von Weizenstroh. Landwirtschaftl. Forschung 28:2, 102-115.

Razoux Schultz, J.E., 1972. Undersøgelser af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofproduktion og næringsstofoptagelse gennem vækstperioden. Tidsskrift for Planteavl, 76, 415-435.

Simán, G. & Jansson, S.L. 1977. Undersökning av olika kornsorters respons för kvävetillgång i jorden. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära. Sveriges Lantbruksuniversitet, nr 113.

Springer, U. & Lehner, A. 1952. Stoffabbau und Humusaufbau bei der aeroben Zersetzung landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich wichtiger organischer Stoffe. II. Zeitschr. Pflanzenern. Düngung Bodenk 59, 1-27.

Stenberg, M., Bergkvist, G. & Aronsson, H. 1998. Jordbearbetningsstrategi och etableringsteknik till höstraps för att minska risken för kväveläckage. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 95.

Stevenson, F.J. 1986. Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley & Sons.

Svanberg, O. 1971. De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäring. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium, Med. 37.

Sveriges Oljeväxtodlares Centralförening. 1966. Erfarenheter och resultat från försök med oljeväxter 1954-1964. Meddelande från Sveriges Oljeväxtodlares Centralförenings försökskommitté år 1966.

Sörensen, H. 1957. Microbial decomposition of xylan. Acta Agriculturae Scandinavica. Suppl. 1.

Yngveson, N. 2001. Kvävegödsling till höstraps. Svensk Frötidning 70, nr 9, 5-8.

Wallgren, B. & Rådberg, E-L. 1989. Växtföljder med och utan vall. Resultat från försöksserien R4-1103. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för växtodlingslära. Växtodling 13.

Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.

9. PERSONLIGA MEDDELANDEN

Engström, Lena. Institutionen för jordbruksvetenskap, SLU, 532 23 Skara

Lindén, Börje. Institutionen för jordbruksvetenskap, SLU, 532 23 Skara

Stjerndahl, Erik. HIR, Hushållningssällskapet Malmöhus, 237 91 Bjärred.

Förteckning över rapporter i serien *Examens- och seminariearbeten* utgivna vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara:

1. Lindgren, L. 1998. Fältmetoder för bedömning av behovet av tilläggsgödsling med kväve till höst- och vårvete. *Field methods for estimation of the need for nitrogen top-dressing to winter and spring wheat*
2. Hessle, A. 1999. Parasitstatus och kontroll av betesburna parasitinfektioner i ekologiska mjölkko-besättningar. *Parasite status and control of parasite infections on pasture in organic dairy herds*
3. Bergman, N. 2000. Effekter av KRAV-godkända gödselmedel på skörd och proteinhalt hos vår- och höst-vete. *Effects of commercial organic fertilizers, certified in Sweden for organic farming, on yield and protein contents of spring and winter wheat*
4. Löf, A. 2001. Tidiga och sena höstvetesorters kväveutnyttjande och innehåll av kväve i olika växtdelar. *Nitrogen utilisation of early and late winter wheat varieties and nitrogen contents in different plant parts*
5. Olausson, J. 2002. Tidigarelagd brytning av EU-träda före höstrapsådd. *Ploughing at different times of a stubble set-aside field before sowing winter oilseed rape*
6. Petersson, K-J. 2002.Utfodring med helsädesensilage till växande ungnöt. *Feeding whole-crop cereal silage to growing cattle*
7. Bengtsson, J. 2002. Uppfödning av charolaiskvigor med utnyttjande av naturbetesmarker. *Beef production with Charolais heifers using seminatural grasslands*
8. Bengtsson, J. 2002. Hull hos mjölkkor – en studie utförd på åtta ekologiska gårdar i västra Sverige
9. Hallgren, S. 2003. Mineralkväve i marken efter höstraps och efter havre - en fältstudie samt ett inkubationsförsök avseende inverkan av höstraps- och havrehalm på kväveförhållandena i jorden. *Residual mineral nitrogen in the soil after winter oilseed rape and after oats - a field study, and an incubation experiment concerning the effect of oilseed and oat straw on mineral nitrogen in soil*

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, som är en temainstitution med mark/växt- och husdjurskompetens, bedriver tillämpad, tvärvetenskaplig forskning. Detta sker bl.a. på försöksstationerna Lanna och Götala samt på gårdar i olika slag av fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra avkastning och kvalitet hos våra jordbruksprodukter och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

I serien ***Examens- och seminariearbeten*** publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) och seminariearbeten (motsvarande 5 poäng i agronomexamen) vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara eller i samarbete med andra organisationer.

Examens- och seminariearbetena kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga publikationer i institutionens olika rapportserier erhålles kostnadsfritt. Rapporterna finns också tillgängliga på nedanstående internetadress.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-67000, fax 0511-67268, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se
Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)