

Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång - en litteraturöversikt



Börje Lindén

Avdelningen för precisionsodling

*Division of precision agriculture
Swedish University of Agricultural Sciences*

**Rapport 14
Skara 2008**

Report 14

ISSN 1652-2788
ISBN 978-91-85911-26-4

FÖRORD

I gödslingsrådgivningen är det angeläget att ta hänsyn till effekterna av olika förfrukter, dels genom deras inverkan på den efterföljande grödans avkastningsnivå och dels genom ökad kvävetillgång i marken efter vissa grödslag. Efterverkan av grödor såsom vall, oljeväxter och trindsäd med avseende på en efterföljande spannmålsgröda brukar relateras till effekten på en stråsådesgröda. Olika förfrukters efterverkan jämfört med en sådan "referensgröda" har studerats i en mångfald försök och med skilda metoder. Vanligast var tidigare att enbart beskriva effekter på eftergrödans skörd, i vissa försöksserier ofta vid tillförsel av stigande mängder mineralgödselkväve till denna och i ekologiska undersökningar utan någon kvävegödsling.

I försök där efterverkan bland annat (eller enbart) studerats i försöksled utan tillförsel av gödselkväve får man ett i det närmaste "renodlat" uttryck för *kväveeffekten*, i det att eftergrödan (spannmål) då nästan helt försörjts med växttillgängligt jord- och förfruktskväve. Med "jordkväve" avses här kväve som frigjorts vid nedbrytning av ursprungligt markkväve (främst i mull), medan "förfruktskväve" syftar på kväve som härstammar från förfruktens växtrester och dess inverkan på jorden. Normalt har man i försökssammanhang bara möjlighet att bestämma den N-mängd som eftergrödan i fråga har tagit upp och innehåller i de ovanjordiska växtdelarna. Med väl grundade antaganden om rötternas innehåll av kväve i eftergrödan kan man emellertid uppskatta hela mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve. För tillämpning i gödslingsrådgivningen gäller det sedan att omvandla försöksresultat av sådant slag till ekvivalenta mängder mineralgödselkväve. För detta måste gödselkvävet verkningsgrad beaktas och uppskattas. Sådant kväve är ju alltid utsatt för förluster av olika slag, medan man vid bestämning av en grödas kväveupptag som mått på dess N-tillgång automatiskt har tagit hänsyn till förekommande N-förluster i marken.

I föreliggande rapport beskrivs litteraturuppgifter avseende olika förfrukters inverkan på efterföljande grödas avkastning och/eller kväveupptag. För beräkning av N-efterverkan, dels i form av utnyttjbart jord- och förfruktskväve samt dels som ekvivalent mängd mineralgödselkväve, har beräkningar av ovan nämnda slag gjorts på basis av uppgifter om eftergrödans N-innehåll i de ovanjordiska växtdelarna. I vissa fall har dock redan gjorda beräkningar av kvävemängden i hela grödan (inkl. rötterna) funnits att tillgå i försöksrapporterna.

I vissa rapporter finner man emellertid "bara" uppgifter om hur förfrukterna påverkat den efterföljande stråsådesgrödans kärnskörd och ofta även N-innehållet i kärnan. Man måste då göra antaganden om N-innehållet i både halm och rötter hos eftergrödan. Sådana beräkningar, på basis av skördedata från icke N-gödslade försöksled, har här gjorts med målet att beskriva mängderna utnyttjbart jord- och förfruktskväve, men självfallet blir då resultaten osäkrare. Det är emellertid angeläget att även kunna utnyttja försök med enbart uppgifter om kärnskördar och deras N-innehåll och omvandla sådana resultat till data som kan användas i N-gödslingsrådgivningen. Det vore en förlust om värdefulla undersökningar av dessa slag lämnas obeaktade i strävan att beskriva förfrukters inverkan på gödselkvävebehovet.

Ansvar för de i denna rapport gjorda beräkningarna av ovan nämnda slag åvilar författaren. För att tillgodose läsarens behov av studier av motsvarande grunddata i de utnyttjade publikationerna finns alltid referenser angivna.

Skara i december 2007

Författaren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	3
INLEDNING	7
METODER FÖR UNDERSÖKNING AV REN KVÄVEEFTERVERKAN	7
Växttillgängligt eller utnyttjbart jord- och förfruktskväve - undersökningar i ON-rutor	8
Ekvivalent gödselkvävemängd eller gödselvärde	9
Mineralkväve i marken	9
Kvävemineralisering under växtsäsongen	9
Utnyttjbart jord- och förfruktskväve samt ekvivalent gödselkvävemängd i relation till gödselkvävetets verkningsgrad	10
N-GÖDSLINGSBEHOV I RELATION TILL AVKASTNINGSNIVÅ OCH TILLGÅNG PÅ UTNYTTJBART JORD- OCH FÖRFRUKTSKVÄVE	11
Kvävegödslingsmodell	11
Inverkan av skördenivån vid optimal kvävegödsling på N-gödslingsbehovet	12
SKÖRDAR AV GRÖDOR EFTER OLIKA FÖRFRUKTER	12
Efterverkans effekter vid ensidig stråsådesodling	12
OLIKA FÖRFRUKTERS KVÄVEEFTERVERKAN OCH DESS BETYDELSE FÖR EFTERGRÖDANS AVKASTNING OCH KVÄVEGÖDSLINGSBEHOV	15
Efterverkan av vallar	15
Efterverkan av ärter odlade till mognad	20
Efterverkan av åkerbönor	26
Kväveefterverkan av höstraps	28
Optimal kvävegödsling till höstvetete efter höstraps, vårrys och ärter	28
Efterverkan av sockerbetor	32
<i>Betydelsen av sockerbetsblastens kväveinnehåll</i>	32
<i>Skördeutbyte, N-efterverkan och ekonomiskt optimal N-gödsling vid odling av stråsåd efter sockerbetor</i>	33
Efterverkan av potatis	35
Danska undersökningar av efterverkan av olika huvudgrödor	37
Efterverkan av fältmässigt odlade grönsaker	39
Efterverkan av fånggrödor eller mellangrödor insådda på våren i vårsådda huvudgrödor – för minskad utlakning eller för grüngödslingsändamål	41
<i>Tvååriga försök med odling av fånggrödor - effekter av en fånggröda odlad något enstaka år i växtföljden</i>	42
<i>Försök med årlig odling av fånggrödor under en följd av år</i>	44
<i>Danska erfarenheter av N-efterverkan av fånggrödor</i>	46
<i>Fånggrödors kväveefterverkan – slutsatser</i>	46
Efterverkan av grüngödslingsgrödor och träda	48
<i>Grüngödslingsgrödor</i>	48
<i>Efterverkan av träda och vårsådda, ettåriga grüngödslingsgrödor sådda utan skyddssäd</i>	53
<i>Grüngödslingsgrödors och trädors kväveefterverkan – slutsatser</i>	55
SAMMANFATTANDE ÖVERSIKT ÖVER FÖRFRUKTSEFFEKTER	56
Kvävegödslingsmodell för stråsåd – anpassning till olika förfrukter	56
Tillämpning av gödslingsmodellen vid odling av stråsåd efter skilda förfrukter	57
LITTERATUR	59
PERSONLIGA MEDDELANDEN	64

INLEDNING

Växtföljdens inriktning och valet av enskilda grödor inom denna påverkar markens avkastningsförmåga dels kortsiktigt och dels långsiktigt. Det kortsiktiga perspektivet innefattar det första årets och i förekommande fall även det andra årets efterverkan av olika förfrukter. Effekterna på längre sikt avser de i allmänhet ganska långsamma förändringar av mullhalt, markstruktur, kvävemineriseringsförmåga, ogräsförekomst m.m., som uppkommer genom grödvalet och som först efter ett antal år blir mer påtagliga.

Den kortsiktiga effekten har att göra med dels renodlad kväveefterverkan (t.ex. efter baljväxter) vid odling av eftergrödan och dels renodlad inverkan på den senare grödans avkastningsförmåga genom effekter på skadegörare, allmänt växtnäringstillstånd (genom gödslingen till förfrukten) m.m. Exempelvis gödslar man starkare med fosfor och kalium till potatis än till stråsäd, och denna växtnäringstillförsel kan komma eftergrödan till godo. Genom att en ensidig stråsädesväxtföljd avbryts med en omväxlingsgröda av ett helt annat slag, motverkas skadegörare såsom stråbassjukdomar. I de mer kortsiktiga efterverkans effekterna kan det också ingå struktureffekter såsom en djuprotad grödas inverkan på upptorkning och sprickbildning i alven.

Avsikten med föreliggande rapport är främst att belysa kortsiktiga effekter (ettårseffekter) av olika förfrukter till stråsäd. I många försöksrapporter beskrivs sådan efterverkan som effekter på eftergrödans avkastning, utan uppdelning på de komponenter denna inverkan består av. I sådana summaeffekter ingår då som diskuterats ren inverkan på avkastningsförmågan och renodlad N-efterverkan. Innebär exempelvis påverkan på avkastningspotentialen ökad skörd, kräver denna tilltagande tillväxt i sig mer kväve vid optimal skörd och gödsling. Medför i sin tur kväveefterverkan större tillgång för grödan på utnyttjbart kväve från marken, så behövs mindre gödselkväve. Dessa effekter kan i vissa fall ta ut varandra, så att nettobehovet av gödselkväve inte ändras, medan N-efterverkan kan överväga i andra odlingssituationer, så att N-gödslingen kan minskas.

De finns emellertid få undersökningar, där efterverkan delats upp på de båda nämnda komponenterna. Utöver de fall där enbart skördeinverkan beskrivits, finns undersökningar där egentligen bara renodlad kväveefterverkan studerats och uttryckts i kg N/ha. Om detta har undersökts i försöksled utan kvävegödsling (se nedan) och inte kompletterats med led med stigande N-givor samt beräkning av optimal N-gödsling, kan N-effekten inte tolkas som en uppgift om hur mycket gödselkvävebehovet påverkats. Man måste nämligen också räkna med gödselkvävetets verkningsgrad, eftersom det vid N-gödsling alltid uppkommer större eller mindre kväveförluster från markvätskan genom kväveimmobilisering, denitrifikation, ammoniakavgång (främst från icke nedbrukad stallgödsel, urin m.m.) och eventuell utlakning under växtsäsongen (se nedan).

METODER FÖR UNDERSÖKNING AV REN KVÄVEEFTERVERKAN

Det fordras fältförsök för att beskriva N-efterverkan i praktisk odling. Variationerna i resultaten mellan försöksplatserna blir då dessvärre ofta stora, varför medeltalssiffror beräknade på basis av t.ex. skörden av eftergrödan kan medföra vissa osäkerheter vid tillämpning i rådgivningen. Ojämnheterna i resultaten kan naturligtvis förklaras av skiftande odlingsförhållanden på försöksplatserna, men de behöver därför inte alltid betraktas som "försöksfel", utan de avspeglar ofta faktiska situationer. I fältförsök kan dock förklaringarna ofta inte utredas.

Man skulle kunna tänka sig att komma ifrån en del av sådana ”störningar” genom efterverkansundersökningar under mer kontrollerade betingelser såsom kärlförsök (försök i odlingskär) eller laboratorieförsök, särskilt för utredningar av kväveeffekter. Resultaten av sådana studier förklarar visserligen bättre bakomliggande faktorerers inverkan men ger normalt inte data som direkt kan överföras till praktiska odlingsrekommendationer. Istället har utvecklingen av metodik för undersökningar i fältförsök gett användbara metoder. Detta beskrivs i närmast följande avsnitt. Litteratur med tillämpning av metoderna redovisas i avsnitten nedan med beskrivning av efterverkans effekter.

Växttillgängligt eller utnyttjbart jord- och förfruktskväve - undersökningar i 0N-rutor

I fältförsök undersöks kväveefterverkan renodlat i försöksled utan kvävegödsling till eftergrödan (s.k. 0N-rutor) under det studerade efterverkansåret. Jämförs exempelvis foderarter kväveefterverkan med havrens vid odling av korn, utnyttjas försöksrutor med dessa förfrukter i ett och samma försök men utan N-gödsling under efterverkansåret. Korngrödan kommer i dessa led uteslutande att livnära sig på kväve som härstammar från marken (och nedfall från luften) samt från förfrukterna. Bestäms den upptagna kvävemängden i kornet efter de olika förgrödorna, kommer differensen i N-innehållen att beskriva skillnaden i kväveefterverkan. Sådana undersökningar i icke N-gödslade led kommer inte att störas av att tillfört gödselkväve kan drabbas av förluster, som skulle försvåra tolkningen mycket starkt.

För bestämning av kväveinnehållet provtas lämpligen eftergrödan vid avslutad kväveupptagning under sensommaren, vilket för stråsåd bör motsvara gulmognadsstadiet (stadium DC 87). Senare provtagning kan medföra kväveförluster från grödan genom bortfall av döda växtdelar eller nedbrytning av dem. Grödan klipps av alldeles i markytan så att inte stubben med dess N-innehåll lämnas kvar. Efter provtagningen torkas grödproverna, varefter dessa ”tröskas” vid provberedningen, med uppdelning på kärna och halm (inkl. boss och stubb). Sedan bestäms mängden torrsbstans och totalkväveinnehållet (% av ts) i dessa växtdelar. Procentandelen totalkväve multiplicerad med torrsbstansmängden (uttryckt i kg/ha) ger kväveinnehållet (kg N/ha) i växtmaterialet.

I normalfall kan man av praktiska och ekonomiska skäl bara provta eftergrödans ovanjordiska växtdelar i fältförsöken. För att beräkna hur mycket kväve hela grödan tagit upp från marken, eller rättare sagt innehåller vid provtagningen, måste man korrigera kväveinnehållet ovan jord med en uppskattad andel kväve i rötterna. För stråsådesgrödor brukar man i detta sammanhang (vid gulmognad) räkna med att rötterna innehåller 25 % av kvävemängden i hela grödan, vilket avser icke N-gödslade försöksled (jmf. Hansson et al., 1987)). Mängden för grödan utnyttjbart jord- och förfruktskväve kan därmed definieras på följande sätt:

$$N_{um} = N_{ovan} * 100 / (100 - 25) = N_{ovan} / 0,75 \quad (\text{ekv. 1})$$

där N_{um} = utnyttjbart jord- och förfruktskväve under växtsäsongen (tidig vår – gulmognad)

N_{ovan} = totalkväve i grödans ovanjordiska delar vid gulmognad

I flera av de refererade undersökningarna nedan har beräkningar av detta slag gjorts. I andra fall, där försöksled utan N-gödsling ingått, har bara kvävemängden i grödornas (stråsåds) ovanjordiska växtdelar redovisats. Författaren har då beräknat mängderna utnyttjbart jord- och förfruktskväve enligt ekvation 1.

Ekvivalent gödselkvävemängd eller gödselvärde

Ett annat sätt att bestämma kväveverkan av en viss förfrukt eller av växtrester (såsom blast) är att tillföra eftergrödan stigande mängder mineralgödselkväve i "kontroll-led" med en annan förgröda respektive led där växtresterna är bortförda. Man undersöker då hur mycket gödselkväve det behövs för att få samma skörd som efter det förstnämnda växtslaget eller med växtresterna. Metoden används uppenbarligen mycket sällan i Sverige men har utnyttjats för bestämning av efterverkan av betblast (Bjelke-Holtermann, 1964 och 1965) och av ärter (Svensson, 1988). Förfarandet har vidare använts av Dragland et al. (1995) och Riley (2002) för att beskriva kväveefterverkan av grönsaksgrödor, i jämförelse med en spannmålsförfrukt och med stigande N-givor till en efterföljande stråsådesgröda.

Mineralkväve i marken

Det växttillgängliga mark- och förfruktskvävet, som ju kan bestämmas som det kväve som grödan tagit upp i försöksled utan tillförsel av gödselkväve under året i fråga, kan sägas bestå av följande komponenter: 1) utnyttjbart övervintrande mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) inom rotzonen tidigt på våren och 2) tillskott av mineraliserat kväve under växtsäsongen därefter fram till dess att grödans kväveupptagning upphör (Lindén et al., 1992a).

Det mineralkväve som betecknas som utnyttjbart kan bestämmas genom provtagning av markprofilen tidigt på våren, innan någon gröda på platsen börjat ta upp detta. I försöksverksamheten bör marken då normalt provtas till 90 cm djup. Allt mineralkväve inom detta djup är emellertid inte upptagbart för grödan, vare sig i ytligare eller djupare delskikt, och vid avslutat N-upptagning på sensommaren återstår en outnyttjbar rest, som vanligen uppgår till 10-25 kg N/ha inom 0-90 cm djup, där marken inte tillförts gödselkväve till årets gröda. Antar man att inga förluster av mineralkväve ägt rum under växtsäsongen, kan differensen mellan mineralkväveförrådet på våren och den outnyttjbara resten betecknas som utnyttjbart mineralkväve. Rent räknemässigt kan förekommande N-förluster i sammanhanget istället "belasta" en beräkning av kvävemineraliseringen under växtsäsongen (se nedan).

Kvävemineralisering under växtsäsongen

I allmänhet härstammar det växttillgängliga jord- och förfruktskvävet under växtsäsongen bara till en mindre del från mineralkväveförrådet på våren. Huvuddelen utgörs istället av kväve som mineraliserats under växtsäsongen (Lindén et al., 1992a; Lindén & Engström, 2006). På basis av dels totalkväveinnehållet i grödan (fastställt genom provtagning av denna vid avslutad kväveupptagning i 0N-rutor, dvs. utan N-gödsling under året i fråga) och dels bestämning av mineralkvävemängderna tidigt på våren och vid avslutad kväveupptagning kan man beräkna kvävemineraliseringstillskottet under växtsäsongen (synbarlig nettomineralisering av kväve, eng. *apparent net mineralisation*). Detta kan vid odling av stråså göras enligt följande formel (jmf. Lindén et al., 1992a):

$$N_{net} = N_{um} + N_{mg} - N_m \quad (\text{ekv. 2})$$

där N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under växtsäsongen (tidig vår – gultmognad, stadium DC 87)

N_{um} = Kväve i grödan vid gultmognad = utnyttjbart jord- och förfruktskväve under växtsäsongen, inkl. beräknat innehåll i rötterna (ekv. 1)

N_{mg} = Mineralkväve i marken (0-90 cm) vid gultmognad

N_m = Mineralkväve i marken (0-90 cm) tidigt på våren

Denna synbarliga nettomineralisering av kväve innefattar N-tillskott från marken och luften till systemet markvätska-gröda med avdrag för förluster av kväve från systemet till följd av kväveimmobilisering, ammoniakavgång, utlakning och denitrifikation. Beräkningssättet åskådliggör den faktiska N-tillgången för grödan under rådande förhållanden i fält.

I flera av de refererade undersökningarna nedan har beräkningar av detta slag gjorts. I andra rapporter har bara kvävemängden i stråsådesgrödors ovanjordiska växtdelar i försöksled utan N-gödsling samt mineralkväve i marken tidigt på våren och vid mognad redovisats. Författaren har då beräknat mängden utnyttjbar jord- och förfruktskväve enligt ekvation 1 och i något fall även nettomineraliseringen av kväve enligt ekvation 2.

Utnyttjbar jord- och förfruktskväve samt ekvivalent gödselkvävemängd i relation till gödselkvävet verkningsgrad

Det utnyttjbara kvävet från jord och förfrukt har ovan definierats som kväve som fastställts i den odlade grödan ifråga. Förluster av kväve från markvätskan under växtperioden är då som nämnts automatiskt beaktade. En viss tillförd mängd mineralgödselkväve kan emellertid inte utan vidare sägas motsvara samma antal kg/ha utnyttjat jord- och förfruktskväve. Gödselkvävet drabbas ju av förluster av olika slag innan det tagits upp av grödan såsom kväveimmobilisering, denitrifikation och eventuellt även utlakning under växtsäsongen. Man måste därför ta hänsyn till gödselkvävet utnyttjandegrad eller verkningsgrad.

Gödselkvävet verkningsgrad definieras olika i skilda sammanhang. I vissa fall beaktas enbart det kväve som fastställts i kärn- eller fröskörd i relation till N-givans storlek. För jämförelse med det av en gröda utnyttjade jord- och förfruktskvävet kan beräkningen i försökssammanhang baseras på kväveinnehållet i hela grödan dels i N-gödslat och dels i icke N-gödslat led enligt följande:

$$V = \frac{100(N_{cg} - N_{co})}{N_g} \quad (\text{Ekv. 3})$$

där V = Gödselkvävet verkningsgrad (%)
 N_{cg} = Totalkväve i grödan i N-gödslat försöksled (kg N/ha)
 N_{co} = Totalkväve i grödan i icke N-gödslat försöksled (kg N/ha)
 N_g = Tillfört gödselkväve (kg N/ha)

Även i detta fall måste en skattning av andelen N i rötter göras. På basis av undersökningar av Hansson et al. (1987) kan man anta att rötterna i stråsådesgrödor innehåller 25 och 20 % av kvävet i hela grödan i icke N-gödslat led respektive normalt N-gödslat led. Beroende på odlingssituation kan den så beräknade verkningsgraden variera i stor utsträckning, exempelvis från omkring 55 % till ca 75 % för vårsådesgrödor (Lindén et al., 1993a, 1993b, 1999, 2006a). På basis av undersökningar i höstvetete (Lindén et al., 2006b) erhöles verkningsgrader för gödselkväve på 55-80 %, med ett medeltal på ca 65 %. Beräkningar på basis av data erhållna från Delin (pers. medd.) avseende fältförsök på Ribbingsberg i Västergötland med höstvetete år 1998 (5 försök, N-giva = 160 kg N/ha), vårkorn 1999 (fem försök, 100 kg N/ha) och höstvetete 2000 (fem försök, 170 kg N/ha) visar, att verkningsgraderna för gödselkvävet i medeltal uppgick till 96, 57 respektive 87 %. För sockerbetor fann Lindén (1987b) en verkningsgrad på i medeltal 75 % (med stora variationer) av tillfört gödselkväve vid optimal N-gödsling (i medeltal 120 kg N/ha), avseende gödselkväve utnyttjat av grödan (i blast och betor, dock ej

finrötter). Som ett grovt medeltal för stråsäd kan man på basis av de refererade undersökningar sätta verkningsgraden till 75 %, om man även tar hänsyn till att grödorna med modern odlingsteknik (i form av nyare sorter, förbättrat växtskydd m.m.) uppenbarligen utnyttjar gödselkvävet bättre än tidigare. Finner man exempelvis att en viss förfrukt ger en ren kväveefterverkan till stråsäd på 30 kg N/ha, så bör man minska N-gödslingen med en N-giva som även beaktar gödselkvävet verkningsgrad. Antas denna vara 75 % i en viss odlingssituation, blir den ekvivalenta mineralgödselkvävemängden = $30/0,75 = 40$ kg N/ha. Beroende på den aktuella väderleken, som ju påverkar N-förlusternas storlek, kan andra verkningsgrader än 75 % sättas in för beräkning av kvävegödslingens storlek.

N-GÖDSLINGSBEHOV I RELATION TILL AVKASTNINGSNIVÅ OCH TILLGÅNG PÅ UTNYTTJTBART JORD- OCH FÖRFRUKTSKVÄVE

Kvävegödslingsmodell

Den ekonomiskt optimala kvävegivan till en stråsädesgröda ökar med den uppnådda kärnskorde (avkastningsnivån) och med kärnans kväveinnehåll vid optimum (se t.ex. Østergaard et al., 1985). Mängden utnyttjbart, växttillgängligt kväve i jorden kan dock ersätta en del av gödselkvävet och minskar i princip det optimala N-gödslingsbehovet (Lindén, 1987a). Dessa faktorerers samlade inverkan kan för stråsäd beskrivas schematiskt med följande N-gödslingsmodell (jmf. Lindén et al., 1992b), där likhetstecknet uttyds som "är en funktion av":

<i>Optimal N-giva</i>	=	<i>Behov av gödselkväve för uppnådd kärnskörd och proteinhalt i kärnan vid optimum</i>	minus	<i>Utnyttjbart, växttillgängligt jord- och förfruktskväve*</i>
-----------------------	---	--	-------	--

* Består av 1) den utnyttjbara delen av mineralkväveförrådet i marken på våren och 2) kvävemineraltillskott under den efterföljande växtsäsongen.

Ändras grödans avkastning och dess tillgång på kväve från marken genom en viss förfrukt, förändras det optimala N-gödslingsbehovet, vilket kan uttryckas på följande vis:

<i>Ändringen av den optimala N-givan</i>	=	<i>Ändring i behovet av gödselkväve genom förfruktens inverkan på skördenivå och proteinhalt vid optimum</i>	minus	<i>Ändring i den utnyttjbara mängden jord- och förfruktskväve efter förfrukten</i>
--	---	--	-------	--

Olika förfrukters inverkan på en efterföljande stråsädesgrödans avkastningspotential och på dess kvävetillgång beskrivs nedan. Det utnyttjbara jord- och förfruktskvävet motsvaras som ovan diskuterats dock inte av samma mängd gödselkväve uttryckt i kg N/ha, utan man måste ta hänsyn till hur gödselkvävet verkningsgrad inverkar på gödselgivans storlek.

Frågan är dessutom, hur mycket mer gödselkväve grödan behöver när avkastningspotentialen vid optimum stiger, vilket som nämnts också kan vara en effekt av en förfrukt. Detta kvävebehov (uttryckt som kg N per ton ökad kärnskörd vid optimum) belyses i närmast följande avsnitt.

Inverkan av skördenivån vid optimal kvävegödning på N-gödslingsbehovet

Under 1980-talet började man inom västeuropeisk höstveteodling allt mer beakta det av avkastningsnivån betingade N-upptagningsbehovet (se bl.a. Remy & Viaux, 1982; Østergaard et al., 1985). Dilz i Nederländerna (pers. medd.) menade, att det vid optimal tillväxt hos höstvete fordrades 25-30 kg N per 1000 kg kärnskörd. Remy & Viaux (1982) angav ett medeltal på 30 kg N/ton. Med förbättrad odlingsteknik, som lett till högre avkastningspotential och bättre kväveutnyttjande, har uppenbarligen gödselkvävebehovet per ton producerad spannmål vid optimal N-gödning minskat med åren. Detta kan uttydas av olika svenska fältförsöksserier. Mattsson & Kjellquist (1992) anger ett kvävebehovstal på 13-22 kg N per ton höstvete vid optimal N-gödning och vid skördenivåer på 4-8 ton/ha i fältförsöksserier genomförda 1977-88. Engström & Gruvaeus (1998) fastställde ett behov av ca 15 kg N per 1000 kg höstvete-kärna vid avkastningsnivåer på i medeltal 6-7 ton/ha i försök 1980-84 och 1989-97. Lindén & Engström (2006) fann att den optimala N-givan till höstvete i försök i södra Skåne steg med 14-15 kg N per ton kärna, vilket gällde vid skördenivåer på i medeltal över 9 ton/ha. Delin et al. (2005) fann dock i totalt 15 fältförsök i treåriga studier på ett och samma fält i Västergötland, att 24 kg N/ha behövdes för en ökning av kärnskörd med 1000 kg/ha vid ekonomiskt optimal N-gödning. I dessa undersökningar utgjorde höstvete grödan i tio av försöken, medan vårkorn odlades i fem av dem. De optimala höstveteskördarna uppgick till 6-8 ton/ha och för vårkornet till ca 5-6 ton/ha.

I undersökningar i fältförsök med vårkorn i Mellansverige 1982-84 fann Lindén (1986), att det behövdes närmare 30 kg N/ha vid optimum för höjning av kärnskörd med 1000 kg/ha. I en annan utvärdering av kornförsök i Mellansverige (Lindén, 1987a) krävdes det 25 kg N per ton kärna vid optimum och vid skördenivåer på 4-7 ton/ha. I en nordisk försöksserie genomförd 1984-86 (Lindén et al., 1992b) blev motsvarande kvävebehovstal 24 kg N/ha, där skördarna vid optimum uppgick till 3-6 ton/ha. I 45 försök i Skåne 1999-2007 med stigande N-givor till malkorn i serien L3-2275, sammanställda av M. Olsson (pers. medd.), blev kvävebehovstalet 26 kg N per ton kärna vid optimum. Skördenivåerna vid optimum varierade från ca 4 till som högst omkring 9 ton per ha.

Denna sammanställning av gödselkvävebehovet för en skördeökning med 1000 kg/ha vid optimal N-gödning tyder på lägre kvävebehovstal för höstvete (15-20 kg N/ha per ton kärna) än för korn (omkring 25 kg N/ha per ton). Skillnaden kan delvis tänkas bero på olikheter i de båda grödornas avkastningsförmåga. I den svenska gödslingsrådgivningen har det sedan slutet av 1980-talet angivits, att det för höjning av kärnskörd hos stråsåd med 1000 kg/ha vid optimal N-gödning behövs 20 kg N/ha. Denna kvävemängd har under en längre period också varit standard i rådgivningssammanhang, men vid högre avkastningsnivåer anges 15 kg N/ha i ökat N-behov (Statens Jordbruksverk, 2007).

SKÖRDAR AV GRÖDOR EFTER OLIKA FÖRFRUKTER

Efterverkans effekter vid ensidig stråsådesodling

Vid Avdelningen för växtföljder vid den tidigare Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet genomfördes främst under 1960-, 1970- och 1980-talen omfattande fältförsök med olika förfrukter till skilda grödor. I tabell 1 återges en sammanställning av olika grödors värde som förfrukt till skilda stråsådesgrödor och våroljeväxter vid ensidig stråsådesodling (Ohlander, 1988). Utfallet av en viss förfrukt under ett enskilt år påverkas emellertid av en rad faktorer. Grödornas förfruktseffekter varierar beroende på klimat, jordart, årsmån,

förekomst av nematoder, kvävegödslingsintensitet, ogräsbekämpning och bekämpning av växtskadegörare m.m. Ohlander (1988) anser därför, att det är svårt att fastställa generella värden för de olika grödornas förfruktseffekter. Avvikelserna från medeltalet kan också bli stora. Tabell 1 grundas dock på resultat från många försöksserier och årsmåner. Därför menar Ohlander (1988), att storleksordningen på förfruktseffekterna kan betraktas som säker, om man ser till det resultat som i medeltal kan förväntas under en följd av år.

Tabell 1. Förfruktseffekter i form av merskördar (kg/ha) efter olika grödor vid ettåriga avbrott i ensidig stråsädesodling (korn eller höstvetete i 2-3 år) i jämförelse med när grödan odlas efter sig själv (Ohlander, 1988). De understrukna siffrorna visar medelskörden i samtliga ingående försök, när respektive gröda odlas efter sig själv. Andra året efter en ettårig avbrottsgröda blev merskörden i regel ca 200 kg per ha (ej angivet i tabellen). En del av de uppgifter som redovisas i tabellen bygger på ett begränsat antal försök.

Merskörd av grödorna, kg per ha						
Förfrukt	Höstvetete	Vårvete		Korn	Havre	Våroljeväxt
		Ne0	Ne+			
Höstvetete	<u>4200</u>	-	-	-	-	+150
Vårvete	+100	<u>3800</u>	<u>3000</u>	+100	+150	+250
Korn	+300	+300	+450	<u>3700</u>	+200	+250
Råg	+100	+100	-	-	-	+200
Havre	+700	+400	+200	Ne0 = +200 Ne+ = 0	<u>3500</u>	+200
Våroljeväxt	+1000	+500	+1000	+500	+300	<u>1900</u>
Höstoljeväxt	+1100	-	-	+400	-	-
Ärter	+1000	+700	+700	+550	+400	+300
Åkerbönor	-	+200	+950	+550	-	-
Potatis	-	-	-	+1000	+800	-
Sockerbetor	-	+650	+900	+550	+600	-
Svartträda	+500	-	-	-	-	+300

Ne+, Ne0 = förekomst respektive ingen förekomst av havrecystnematod.

- = försöksresultat saknas.

Av tabell 1 framgår, att de grödor som är helt obesläktade med stråsäd – oljevaxter, trindsäd, potatis och sockerbetor – ger bäst förfruktsverkan, när stråsäd odlas som eftergröda. Som andra exempel kan nämnas, att i 46 tvååriga fältförsök 1984-88, redovisade av Olofsson (1993), gav varraybs och ärter som förfrukter till höstvetete en skördeökning hos vetet på drygt 1200 kg/ha jämfört med höst- eller vårvete som förgrödor. Efter havre erhöles ca 800 kg/ha högre höstveteskörd än med höst- eller vårvete som förfrukter. Efter korn gav höstvetet i medeltal 350 kg/ha i merskörd.

Av stråsädesgrödorna ger höstvetete och även höstråg den största skördeökningen efter en god förfrukt, och därefter kommer vårvete, speciellt vid nematodförekomst. Ohlander (1988) förklarar detta med den korta tiden mellan skörden av förfrukten och sadden av höstvetet. Om höstvetete eller råg sås efter vete, råg eller korn, överförs smittsamma svampsjukdomar, såsom stråknäckare och rotdödare men också många andra, i stor utsträckning till den nya grödan.

Det framgår av tabell 1 och av Olofssons (1993) resultat, att avkastningen alltid blir sämst när en gröda odlas efter sig själv. Det är vidare uppenbart, att havre är en förhållandevis god för-

frukt till vete och även till korn, om nematoder inte finns i marken. Detta hänger enligt Ohlander (1988) med all sannolikhet samman med att havre sällan angrips av eller uppförökar rotdödare och stråknäckare. Havrens sanerande inverkan i växtföljden belyses av Olofsson (1993), som fann lika små angrepp av rotdödare på höstvete efter havre som efter vårrybs och ärter men större förekomst när vete och korn var förfrukter till höstvetet. Mindre angrepp av rotdödare och bättre skörd av vårvete redovisas av Wallenhammar & Pettersson (2003) med bl.a. havre, vårraps eller vitsenap än med korn som förfrukt. Havren var i dessa avseenden lika effektiv som de nämnda oljeväxterna. Nilsson (1969) fann att havre var resistent mot flertalet funna stammar av rotdödare i Sverige.

Ohlander (1988) visar på basis av undersökningar redovisade av Olofsson & Wallgren (1984), att de merskördar av höstvete som olika förfrukter ger upphov till ofta inte avtar med stigande N-gödsling till vetet. Olofssons & Wallgrens (1984) resultat avser bl.a. havre och våroljeväxter jämfört med andra stråsädesslag som förfrukter. Liknande exempel visas av Lindén & Engström (2006) i försök i södra Skåne med höstvete, där höstveteskördarna efter höstraps och foderarter blev i storleksordningen 1000 kg kärna per ha större än efter havre, i stort sett oberoende av N-gödslingens storlek (0-240 kg N/ha), se nedan. Den ekonomiskt optimala N-gödslingsnivån blev efter höstraps och ärter 124 respektive 132 kg N/ha, jämfört med 149 kg N/ha efter havre (se även avsnittet nedan om efterverkan av höstraps). Kärnskördarna vid optimal N-gödsling motsvarade 9.610, 9.620 respektive 8.950 kg/ha. Även vid den högsta N-gödslingsnivån (240 kg N/ha) kvarstod en betydande skördeskillnad. Man kunde här således inte kompensera skördeeffekterna av en dålig förfrukt genom större N-gödsling. Vidare redovisar M. Olsson (pers. medd.) och J. Blomquist (pers. medd.) omkring 1000 kg/ha i skördeökning för malkorn i stort sett oberoende av N-gödslingsnivå i försök där sockerbetor utgjorde förfrukt i jämförelse med försök med spannmål som förfrukt till malkornet (se nedan).

Den högre skördenivå som erhålls efter en god förfrukt innebär att grödan bättre utnyttjar tillgänglig växtnäring i marken än med en dålig förfrukt, även om gödslingen är densamma. Även den mindre positiva skördeeffekt, som andra stråsädesslag (främst havre) har som förfrukt jämfört med en förfrukt av samma växtslag som det innevarande årets stråsädesgröda, bör innebära att grödan kan utnyttja mer kväve än om skördeökningen inte funnits.

I trindsädens förfruktsvärde kan, utöver sanerande effekter med avseende på sjukdomsförekomsten, givetvis en påtaglig kväveefterverkan ingå. Samma gäller uppenbarligen höstraps (Lindén och Engström, 2006). N-efterverkan av sockerbetor påverkas i viss mån av om blasten plöjs ned eller skördas (se nedan). Potatis efterlämnar inga större mängder skörderester, som vid nedbrytning kan leverera kväve, men andra faktorer kan tänkas bidra till att en viss positiv N-efterverkan ingår i det förfruktsvärde som redovisats i den tidigare Växtföljsavdelningens undersökningar enligt Ohlander (1988). Hit hör större mineralkvävemängder efter skörden på hösten, som delvis kan övervintra inom rotzonen. En annan faktor är att potatisblastens nedbrytning efter blastdödning och skörd inte kan förväntas leda till någon nämnvärd kväveimmobilisering. Skillnaden i jämförelse med stråsäd innebär således att man efter nedbrukning av potatisblast i marken inte behöver räkna med den påtagliga N-immobilisering som följer efter inbrukning av stråsädeshalm. En del av denna N-immobilisering efter stråsäd fortgår under den efterföljande växtsäsongen, men omfattningen påverkas av tidpunkt och slag av jordbearbetning. Med förfrukter som potatis och sockerbetor "slipper" man en sådan, eftersläpande N-fastläggning in på den efterföljande odlingsäsongen. Kväveefterverkan av potatis och i viss mån även sockerbetor är dock dålig belyst här landet.

OLIKA FÖRFRUKTERS KVÄVEEFTERVERKAN OCH DESS BETYDELSE FÖR EFTERGRÖDANS AVKASTNING OCH KVÄVEGÖDSLINGSBEHOV

Frågan är i vilken utsträckning *tillgången på växttillgängligt kväve* i marken påverkas *efter skilda förfrukter*. Olika grödors kväveefterverkan vid odling av stråsäd som eftergröda beskrivs i de följande avsnitten. Stråsäd som förfrukt till stråsäd får här betraktas som "referens", med värdet 0 kg N/ha i kväveefterverkansvärde. Framställningen har gjorts grödviss, varvid det för helhetens skull även tagits med vissa försöksrapporter som "bara" beskriver skördeeffekter m.m. och ej renodlat beskriver förfruktskvävet betydelse i sammanhanget.

Efterverkan av vallar

Till vallodlingens positiva effekter hör förbättring av markens struktur samt att den bevarar eller förbättrar mullhalten. Vidare har baljväxt- och blandvallar en sanerande inverkan i stråsädesdominerande växtföljder. Detta framgår av undersökningar utförda av Jordbruksverkets växtskyddscentraler och redovisade av Hansson et al. (2007), där det visade sig att förekomsten av bladfläckar på höstvetete blev betydligt mindre när förfrukten utgjordes av vall än när höstvetete såtts efter höstvetete. Effekter som dessa genom vallodling kan sägas öka en efterföljande spannmålsgrödans avkastningspotential jämfört med stråsäd som förfrukt till stråsäd. Ohlander (1988) anger att den skördeökande effekten av kortvariga baljväxtvallar som förfrukt till vete och korn är av samma storleksordning som förfruktseffekten av andra avbrottsgrödor som inte hör till gräsarterna (se tabell 2 i jämförelse med tabell 1). Resultaten avser en försöksserie 1974-85, som slutredovisats av Andersson & Wivstad (1992). Till dessa effekter på avkastningspotentialen kommer varierande kväveefterverkan av vallar, vilket också ingår i de skördeutslag som visas i tabell 2.

Den något sämre effekten av treårig baljväxtvall under det första efterverkansåret sammanhänger troligen med att ogräsinslaget i sådan vall lätt blir stort, medan klöverandelen minskar på grund av utvintringsskador på klöver (Ohlander, 1988). Effekten under andra året efter baljväxtvallen, dvs. för-förfruktseffekten, är för de fleråriga vallarna större än efter ärter och oljeväxter (enligt andra försök, se tabell 1). Detta beror sannolikt på frigörelse av kväve som fixerats i vallen. Rena gräsvallar har ofta en relativt svag förfruktseffekt, medan för-förfruktseffekten av fleråriga gräsvallar ofta är större. Detta kan dels vara en strukturpåverkan och dels ha samband med att kväve, som bundits i grässets stubb och rötter, då börjat frigöras. Blandvallars förfruktseffekt beror främst på deras baljväxtinslag. När detta är stort, kommer efterverkan att likna baljväxtvallens, men är det litet närmar effekten sig gräsvallarnas (Ohlander, 1988).

Efterverkan under det tredje året efter vallbrott undersöktes vid odling av korn i de nämnda försök som redovisats av Andersson & Wivstad (1992). Med stigande ålder hos vallarna blev efterverkan under detta år allt bättre, med svagast verkan efter ettåriga vallar och bästa skördeutslag efter de treåriga. Den största effekten fastställdes efter gräsvall. Skillnaderna i kornskörd gällde dock bara 100-200 kg kärna per ha. Vid stigande kvävegivor blev effekten av vallåldern ganska liten både två och tre år efter vallbrott.

Den sämre efterverkan under det första året efter gräsvall belyses även av Wallgren & Rådberg (1989), som redovisade undersökningar av efterverkan av tvååriga slättervallar i fem långvariga fältförsök. Effekterna i olika växtföljder beskrevs: växtföljd A med baljväxt-gräsvall och växtföljd B med gräsvall, vilka jämfördes med växtföljd C med ensidig stråsädes-

odling och med vårvete istället för vall I och svartträda istället för vall II. Efter vall eller svartträda följde höstoljeväxter. I del-led utan N-gödsling blev skörden av höstoljeväxterna sämst i växtföljd B med gräsvall som förfrukt. Skillnaderna i oljeväxtskörden utjämnades dock i hög grad genom stigande N-gödsling, men även vid en kvävetillförsel på 180 kg N/ha till oljeväxterna kvarstod en något lägre fröskörd efter tvåårig gräsvall än efter blandvall. Efter gräsvallen blev oljeväxtskörden också klart sämre än efter svartträdan, och även vid den största N-givan kvarstod en viss försämrade efterverkan. Året därpå, dvs. under det andra efterverkansåret, odlades höstvete. Detta gav efter blandvall i medeltal en kärnskörd, som var omkring 600 kg/ha större än efter gräsvall och 700 kg N/ha högre än i växtföljd C med i stort sett ensidig stråsädesodling. Gräsvallen hade således en svagt positiv efterverkan (+100 kg/ha) i jämförelse med växtföljd C, där det istället för vall varit vårvete och svartträda. Dessa resultat gäller led helt utan N-gödsling, medan efterverkans-effekterna praktiskt taget utjämnades vid stigande N-givor upp till 135 kg N/ha till höstvetet. Wallgren & Rådberg (1989) ansåg att det i huvudsak tycktes vara baljväxtvallarnas kvävelevererande förmåga som påverkade skördarna, eftersom inga säkra skördeskillnader erhöles vid högre kvävegivor. En slutsats som kan dras är, att en god förfrukt inte alltid har någon betydelsefull patologiskt sanerande inverkan på den efterföljande grödan och ger därmed ej heller i och för sig ökad avkastningsförmåga hos denna.

Tabell 2. Merskördar av stråsäd efter vallar av olika ålder och sammansättning, uttryckt som det första och det andra årets efterverkan efter vall, dvs. förfrukts- respektive för-förfrukts-effekter (Ohlander, 1988). Året efter vällen odlades höstvete, vårvete eller korn för studier av första årets efterverkan. För att belysa andra årets efterverkan vid odling av höst- och vårvete odlades korn under mellanåret efter vallarna, och vid odling av korn under det andra efterverkansåret odlades höstvete under mellanåret.

År efter vallbrott	Gröda, kärnskörd i kg/ha					
	Höstvete		Vårvete		Korn	
	1:a året	2:a året	1:a året	2:a året	1:a året	2:a året
Förfrukt:						
Referensgröda:						
Korn*	4460	4030	3650	3870	3600	3540
1-årig						
baljväxtvall	+1000	+250	+500	+400	+300	+150
gräsvall	+500	+200	+250	+350	-100	+200
2-årig						
baljväxtvall	+1000	+450	+650	+400	+400	+500
gräsvall	+300	+700	+100	+250	+200	+400
3-årig						
baljväxtvall	+700	+750	+400	+450	+350	+350
gräsvall	+300	+850	+250	+300	+250	+450

*) Korn odlat samma år som vallbrottsåret.

Ett försök till beräkning av höstvetets upptag av kväve från marken (dvs. utnyttjbart jord- och förfruktskväve) görs här på basis av Wallgrens och Rådbergs (1989) resultat, som avser kärnskördar. Det antas härvid att höstvetekärnan i icke N-gödslat led hade ett kväveinnehåll motsvarande 70 % av den samlade N-mängden i de ovanjordiska växtdelarna, och halmen således 30 %, samt att rötternas kväveandel uppgick till 25 % av kvävet i hela grödan. Resultatet visar att andra årets kväveefterverkan av blandvallen uppgick till i medeltal 23 kg N/ha och gräsvallens till 4 kg N/ha mer än vid ensidig stråsådesodling såsom i växtföljd C. En del av utslagen kan dock avse långsiktiga effekter, eftersom försöken pågick i ca 20 år. Den icke N-gödslade gräsvallen liksom stråsåden i leden utan N-gödsling bör ha varit tärande på jordens kväveförråd under försöksperioden. Detta kan delvis förklara den svaga N-effekten av gräsvallen.

Tidpunkten för vallbrott har betydelse för N-effterverkan. Efter tidigt vallbrott påbörjas vallmaterialets nedbrytning samt mineraliseringen av kväve i jorden och växtresterna tidigare än efter sen brytning av vallen. Tidigt vallbrott kan därför medföra större kväveförluster till grund- och ytvatten, särskilt efter rena klövervallar eller klöverrika vallar. Efter sen brytning av vallar, särskilt efter vårplöjning, hinner däremot kanske inte mineraliseringen av kvävet i växtresterna fortskrida så långt, att önskvärt stor N-effterverkan uppnås (se nedan). Detta torde vara särskilt påtagligt efter gräsvallar, där tidigt eller relativt tidigt vallbrott kan behövas för att nedbrytningen av växtresterna skall hinna ske i tillräckligt stor utsträckning. Vallbrottstidpunktens betydelse har bl.a. belysts av Lindén & Wallgren (1993) i fältförsök i Göta- och Svealand efter brytning av vall av olika slag, dels i augusti-september inför sådd av höstvete och dels på senhösten, varefter vårkorn såddes (tabell 3).

Av tabell 3 framgår, att gräsvall inte gav något ökat skördeutbyte av höstvete och korn i jämförelse med förfrukt havre. Efter rödklöver- och klövergräsvall blev höstveteskörden drygt 1000 kg/ha respektive närmare 1000 kg/ha större än efter havre, dock något lägre efter tillförsel av 90 kg N/ha än utan kvävegödsling. Korn utan N-gödsling uppvisade minst samma avkastningsökning. Merskörden av korn blev dock betydligt mindre efter en N-giva på 90 kg N/ha (drygt 300 kg/ha efter gräsvall och ca 500 kg/ha efter klövergräsvall), vilket torde bero på kornets lägre skördepotential. Skördeökningarna för höstvete efter rödklöver- och blandvall liknar dem som redovisats av Ohlander (1988) för baljväxtvallar men blev sämre för gräsvall, där Ohlander anger en viss positiv effekt (+300 kg vetekärna per ha). För korn som gröda efter baljväxtvallar redovisar Ohlander (1988) en efterverkan som liknar effekten av en sådan vall vid en N-giva på 90 kg/ha till korn enligt Lindéns & Wallgrens (1993) studier (tabell 3).

Skördeutfallen efter vallgrödorna tycks i mycket hög grad hänga samman med tillgången på utnyttjbart jord- och förfruktskväve (tabell 3). Efter gräsvall blev denna kvävetillgång ungefär lika stor som efter havre. Med klöver eller klövergräs som förfrukt fanns en mermängd kväve i storleksordningen 35-40 respektive ca 30 kg N/ha tillgänglig för höstvetet och kornet. Huvuddelen av dessa N-tillskott avser ökad N-mineralisering från vår till mognad hos stråsåden. Den relativt sett tidiga höstplöjningen inför höstvetesådden ökade N-frigörelsen under hösten, särskilt efter klöver- och klövergräsvall. En del av detta mineraliserade kväve tycktes gå förlorat under vintern. Efter senhöstplöjning försköts uppenbarligen N-frigörelsen tydligt från hösten till växtsäsongen året därpå, med mer utnyttjbart jord- och förfruktskväve som följd. Plöjning på senhösten förefaller därför medföra bättre kvävehushållning. Efter gräsvall fanns dock en tendens till sämre N-försörjning efter plöjning på senhösten än efter tidigare plöjning.

Tabell 3. Kvävemineralisering (kg N/ha) och mineralkväve (kg N/ha, 0-90 cm djup) i marken samt kärnskördar (kg/ha) av höstvetet och vårkorn som grödor året efter brytning av andra- och tredjeårs gräs-, rödklöver- och klövergräsvallar, i jämförelse med havre som förfrukt till vetet och kornet (Lindén & Wallgren, 1993). Vallbrott ägde rum dels inför sådden av höstvetet (augusti-september) och dels på senhösten, i månadsskiftet oktober-november (följt av sådd av korn på våren). Medeltal för angivet antal tvååriga fältförsök utförda 1988/89 eller 1989/90.

Antal försök	Förfrukt (gröda år 1)			
	Havre	Gräsvall	Klövervall	Klövergräsvall
Mineralkväve omedelbart före plöjning i augusti-september år 1				
11	34	22	29	25
Mineralkväve på senhösten år 1 (månadsskiftet oktober-november)				
<i>Efter plöjning i aug.-sept.</i>				
10	40	31	58	44
<i>Ännu oplöjd mark, före senhöstplöjning</i>				
10	27	16	27	17
Mineralkväve tidigt på våren år 2				
<i>Efter plöjning i aug.-sept.</i>				
10	27	28	41	35
<i>Efter senhöstplöjning</i>				
10	34	26	48	36
Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen år 2, fram till höstvetets och kornets gulmognad				
<i>Efter plöjning i aug.-sept.</i>				
10	63	64	83	86
<i>Efter senhöstplöjning</i>				
10	70	79	100	105
Utnyttjbart jord- och förfruktskväve år 2 (utnyttjat mineralkväve i marken på våren och N-mineraliseringsstillskott under växtsäsongen därefter)				
<i>Efter plöjning i aug.-sept.</i>				
10	66	69 (+3)	102 (+36)	97 (+31)
<i>Efter senhöstplöjning</i>				
10	80	76 (-4)	120 (+40)	111 (+31)
Kärnskördar år 2, efter tillförsel av 0 eller 90 kg N/ha på våren				
Höstvetet, efter plöjning i aug.-sept., 11 försök				
0 kg N/ha	2380	2310 (-70)	3560 (+1180)	3370 (+990)
90 kg N/ha	4630	4720 (+90)	5610 (+980)	5500 (+870)
Korn, efter senhöstplöjning, 11 försök				
0 kg N/ha	2780	2520 (-260)	4390 (+1610)	3800 (+1020)
90 kg N/ha	4340	4350 (+10)	4690 (+350)	4870 (+530)

Plöjning sent på hösten gav i ett fältförsök på lerjord i Uppland 1989/90 mycket god kväve-efterverkan av ettåriga rödklöver- och klövergräsvallar, som plöjdes upp i början av november 1989, varefter korn odlades som eftergröda 1990, se tabell 4 (Lindén, opublicerat). Rutorna delades under kornåret i två delar: en utan tillförsel av gödsel-N (0N) och en med en N-giva på 80 kg N/ha (80N). Både rödklöver- och klövergräsvallen ökade kornskörden med drygt 3000 kg kärna per ha i leden utan kväve till kornet (0N) och med ca 2500 kg/ha i leden med

80 kg N/ha. Mängderna mineralkväve inom 0-90 cm djup tilltog från hösten till våren, men N-utlakningen torde ha blivit liten. En stor del av kväveefterverkan i leden med förfrukterna klöver- och klövergräsvall härrörde från mineralkväve som anhopats i marken från hösten till våren. Den samlade tillgången på utnyttjbart jord- och förfruktskväve (inkl. N-mineralisering under växtsäsongen) blev efter klöver och klövergräs omkring 70 kg N/ha större än med havre som förfrukt till kornet. Efter ren gräsvall blev N-tillgången 15 kg N/ha större än efter havren.

Tabell 4. Efterverkan av ettåriga vallar (rödklöver-, gräs- och klövergräsvallar) i jämförelse havre vid odling av korn som eftergröda på en lerjord i Uppland (Lindén, opublicerat): kärnskördar av kornet, mineralkväve i marken, kvävemineralisering under kornets växtsäsong och kväve i korngrödan utan N-gödsling (0N). Kvävet i kornet (inkl. skattad N-mängd i rötterna) kan anses motsvara summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve

Förfrukt (1989)	Kärnskörd av korn 1990, kg/ha, 15% vattenhalt		Mineralkväve, kg/ha, 0-90 cm				N-mine- ralisering under kornets växtsäsong kg N/ha	N i korn- grödan i 0N vid gulmog- nad* kg N/ha
	0N	80N	Senhöst	Vår	Gulmog- nad hos kornet	Utnyttjbart mineral-N, 22.3.90- 30.7.90		
Havre	1920	3620	28	36	14	22	37	59
Vall I, rödklöver	5080	6130	40	66	15	+29	+43	+73
Vall I, gräs	2490	3710	18	37	14	+2	+13	+15
Vall I, klövergräs	5130	6080	-	74	13	+39	+29	+68

*) Inkl. N-innehåll i rötterna under antagande att detta utgjorde 25 % av kvävemängden i hela grödan.

Tabell 5. Inverkan av tidpunkten för vallbrott (under hösten och våren) på mineralkväveföråden (kg N/ha, 0-90 cm) på senhösten (november) och tidigt på våren (april), beräknad nettomineralisering av kväve (kg/ha) under växtsäsongen år 2, kväve (kg/ha) i hela grödan år 2 (dvs. kväve som utnyttjats av eftergrödan, vårmete eller korn) och kärnskörd (kg/ha). Efter Gruvaeus (pers. medd.). Ledbeteckningar: A. plöjning ca 20 oktober, B. plöjning under tidig vår, med tiltpackare och C. stubbearbetning ca 20-25 september samt plöjning under tidig vår, med tiltpackare.

Försöks- led	Mineralkväve		Mognad, stad. 87	Utnyttjbart mineral-N	N i korn- grödan, ovan jord	N i hela korngrödan, beräknat*	N-minera- lisering, växtsäsongen år 2**	Kärn- skörd av kor- net
	Novem- ber	April						
A	42	41	31	10	79	105	95	3260
B	22	19	30	-11	78	104	116	2970
C	46	35	26	9	75	100	91	3050
Antal försök	5	5	7		6			6

*) Under antagande att rötterna innehöll 25 % av kvävet i hela grödan. Talen motsvarar summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve. **) Beräkning utförd av författaren.

Vårplöjning av vall kan vara ett alternativ till plöjning på senhösten inför sådd av t.ex. vårsäd. Genom vårplöjningen kan man generellt minska N-utlakningsrisken och skjuta upp den ökade

N-frigörelse, som jordbearbetningen orsakar, till den efterföljande växtsäsongen. En sådan studie med vallbrott har utförts av Gruvaeus (pers. medd.) i åtta tvååriga försök 1998-2000 med andra- och tredjeårs ekologiska blandvallar i Östergötland, Bohuslän, Värmland och f.d. Södra Älvsborgs län (tabell 5). Vallen bröts vid tre olika tidpunkter: A. plöjning ca 20 oktober, B. plöjning under tidig vår, med tiltpackare och C. stubbearbetning ca 20-25 september samt plöjning under tidig vår, med tiltpackare. Efterverkan av vallen studerades vid odling av vårvete (i två försök korn) under året efter vallen (år 2). Av resultaten (tabell 5) framgår att mineralkväveförråden på senhösten blev större där jorden bearbetats tidigare under denna årstid (led A och C). På våren fanns vid tiden för vårplöjningen fortfarande minst mineralkväve där vallen låg kvar orörd. Vårplöjningen gav dock uppenbarligen upphov till större N-mineralisering under den efterföljande växtsäsongen än i leden med jordbearbetning på hösten. Denna N-frigörelse kompenserade i stort sett de små mineralkvävemängderna på våren, vad gäller eftergrödans kväveförsörjning. De samlade mängderna växttillgängligt jord- och förfruktskväve som vårvetet eller kornet kunde utnyttja blev härigenom ganska lika efter alla tre behandlingarna. Kärnskördarna blev också i stort sett lika och utan statistiskt signifikanta skillnader. En slutsats är att vallbrottstidpunkten på blandvallar spelar liten roll för eftergrödans kväveförsörjning och för skördarna, men höstbearbetning torde ge upphov till större kväveförluster under vinterhalvåret. Det kan dock ur avkastningssynpunkt tänkas vara olämpligt att vårplöja rena gräsvallar till följd av risk för otillräckligt stor kvävemineralisering under den efterföljande växtsäsongen. Istället kan man plöja gräsvall på hösten utan påtagligt ökad kväveutlakningsrisk (Lindén & Wallgren, 1993).

Slutsatser. Baljväxtvallar och blandvallar kan höja skörden av en efterföljande stråsädesgröda med i storleksordningen 1000 kg kärna per ha, utan N-gödsling till denna eftergröda. Efter ren gräsvall blir däremot skördeökningen liten (några 100 kg kärna per ha) eller ingen alls. Andra året efter vallbrott erhålls relativt sett bättre efterverkan av gräsvallar, och effekten under detta år stiger med tilltagande ålder hos den tidigare vallen.

Efterverkan av vallar tycks huvudsakligen vara en kväveeffekt genom frigörelse av kväve som varit bundet i växtmaterialet. Tidpunkten för vallbrott (sensommar-förhöst, senhöst eller vår) påverkar tidsförloppet för denna kvävemineralisering, med ökad risk för N-förluster under vinterhalvåret efter tidigt vallbrott. Efter vårplöjning uppkommer ökad N-frigörelse först under den efterföljande växtsäsongen. Medan man efter två- eller treårig klövervall och blandvall kan räkna med 35-40 respektive 30 kg N/ha i ökad N-efterverkan i jämförelse med stråsäd som förfrukt, blir N-efterverkan av gräsvall liten (0-15 kg N/ha) p.g.a. N-fastläggning i samband med växtresternas nedbrytning efter nedplöjning av vallen. Ettårig klöver- och klövergräsvall kan ge ännu större N-efterverkan än motsvarande 2-3-årsvallar. Gräsvall kan uppenbarligen plöjas tidigt på hösten utan nämnvärt ökad N-utlakning. Rena gräsvallar bör inte vårplöjas p.g.a. av risk för kvävefastläggning och därmed sämre N-tillgång för eftergrödan.

Efterverkan av ärter odlade till mognad

Mattsson (2006) visade i en sammanställning av försök med stigande N-givor till korn i olika landsdelar, att kornets skördenivå var i storleksordningen 1000 kg/ha större efter trindsäd (12 försök) än efter stråsäd (754 försök). Ökningen av kornskörden var i stort sett oberoende av N-gödslingnivån, från 0 kg N/ha till omkring 100 kg N/ha. Den optimala N-givan till kornet i försöken med förfrukt stråsäd blev i medeltal 83 kg N/ha och efter trindsäd 64 kg N/ha, dvs. en skillnad på 19 kg N/ha.

Svensson (1988) redovisar jämförande undersökningar i tvååriga fältförsök 1980-1986, där det i varje försök ingick både ärter och havre som förfrukter till korn och höstvetete (vårvetete där höstvetetet utvintrade). De kärnskördar och det N-innehåll i kärnan hos eftergrödorna korn och vete, som i medeltal erhöles i led utan gödselkväve till dessa eftergrödor, visas i tabell 6. Det blev högre skördar av korn och vete och större N-innehåll i kärnskördarna efter ärter än med havre som förfrukt. Med stigande N-givor minskade emellertid skillnaderna i skördeutbyttet påtagligt och i viss mån även när det gäller N-mängden i kärnskördarna (Svensson, 1988).

Tabell 6. Kärnskördar (15 % vattenhalt, kg/ha) och kväveinnehåll i kärna (kg N/ha) i korn och vete i led utan N-gödsling efter förfrukterna ärter och havre i försök i serien R4-3002. Efter Svensson (1988).

Förfrukt	Vårkorn		Höstvetete		Vårvetete	
	Kärnskörd	Kväve i kärna	Kärnskörd	Kväve i kärna	Kärnskörd	Kväve i kärna
Ärter	3330	46,9	4040	58,3	2940	49,6
Havre	2520	34,9	2950	42,0	2580	41,4

På basis av Svenssons (1988) resultat görs här ett försök att beräkna det samlade kväveupptaget i hela korn- och vetegrödorna i leden utan N-gödsling under efterverkansåret. Avsikten är att belysa de mängder kväve från marken som eftergrödorna utnyttjat, dvs. utnyttjbart jord- och förfruktskväve. Det antas härvid att korn- och vetekärna i icke N-gödslat led hade ett kväveinnehåll motsvarande 70 % av den samlade N-mängden i de ovanjordiska växtdelarna, och halmen således 30 %, samt att rötternas kväveandel uppgick till 25 % av kvävet i hela grödan. Resultatet visar att kväveefterverkan av ärterna i jämförelse med havren uppgick till 23 kg N/ha vid odling av korn, 31 kg N/ha för höstvetete och 16 kg N/ha för vårvetete. En orsak till bättre kväveefterverkan av ärterna vid odling av höstvetete än för korn och vårvetete kan vara att höstvetets normalt djupare rotsystem tagit upp mineralkväve efter ärterna, vilket under vinterhalvåret vaskats djupare ned i alven. En annan förklaring kan vara att en höstvetegröda, som såtts i rätt tid, tagit tillvara en del ärt- och jordkväve under hösten. Höstvetete måste dock ha hunnit bestocka sig under hösten för att kunna ta upp omkring 20 kg N/ha eller mer under denna årstid (Lindén et al., 2000). Större kvävetillgång kan emellertid tänkas gynna bildning av skott eller skottanlag under hösten, vilket bör ge förutsättningar för bättre skörd.

På basis av skörderesultat efter stigande N-givor till korn, höstvetete och vårvetete i de försök som redovisats av Svensson (1988) har de ekonomiskt optimala N-givorna beräknats vid pris-kvot 6, 8 och 10. För korn blev N-optimum efter ärter 20-22 kg N/ha lägre än efter havre, för höstvetete 25-28 kg N/ha lägre (med "proteinbetalning" 30-33 kg N/ha) och för vårvetete 6-9 kg mindre (utan "proteinbetalning"). Minskningarna av de optimala N-givorna till grödorna efter ärter i jämförelse med havre, räknade i kg N/ha, blev något mindre än förbättringarna i N-efterverkan enligt ovan. Det borde ha varit tvärtom, eftersom gödselkvävetets verkningsgrad inverkar, så att mer kväve fordras i form mineralgödsel än som finns som utnyttjbart jordkväve. Saken förklaras inte nämnvärt av högre avkastning efter ärter än efter havre. För korn och vårvetete blev kärnskördarna vid optimum bara ca 100 respektive 300 kg/ha större efter ärter än med havre som förfrukt. En förklaring kan vara att försöken genomfördes för så länge sedan som 1980-86, med äldre sortmaterial och äldre odlingsteknik i övrigt. Det kan ha medfört att skördeutslagen för en viss kvävetillgång blev mindre än nuförtiden, och detta bör då även ha inverkat på de beräknade optimala N-givorna.

Efter ökad N-gödsling (givor upp till 120 kg N/ha till korn och 180 kg N/ha till höst- och vårvetete) i dessa försök utjämnades de tydliga skördeskillnader som orsakats av förfrukterna, både

utan kvävegödning (tabell 6) och vid mindre N-givor. Vid ekonomiskt optimal N-gödning blev härigenom skördarna efter den "sämre" förfrukten havre som nämnts bara något eller några hundratal kg/ha mindre än efter ärterna. Detta kan tyda på att sjukdomstrycket var mindre även efter havren och att ärternas sanerande effekt inte hade någon egentlig betydelse för skördeutfallen i jämförelse med förfrukt havre, som ju också anses vara en sanerande gröda. Stämmer detta resonemang, skulle ärternas förfruktsverkan här huvudsakligen ha varit en kväveeffekt. Undersökningar av Lindén & Engström (2006) visar emellertid merskördar av höstvetete efter ärter i jämförelse med havre som förfrukt även vid höga N-givor till höstvetet, vilket tyder på en sanerande inverkan av ärterna som förfrukt (se nedan). Detta kan jämföras med växtföljdsförsök redovisade av Olofsson & Wallgren (1984), där skördeskillnaderna för höstvetete mellan å ena sidan dåliga stråsädesförfrukter (korn, vete, råg) och bättre förfrukter (havre och våroljevaxter) inte avtog med stigande N-givor. Förklaringen kan helt enkelt vara att dessa förfrukter inte hade någon positiv N-efterverkan, vilket ju ärter har.

Där ärter odlats finner man mer mineralkväve i marken redan vid skörden och under hösten därefter än efter stråsåd (tabell 7). I den utsträckning dessa större kvävemängder övervintrar inom markens rotzon, utgör det ett tillskott till den efterföljande grödans kväveförsörjning (tabell 7).

Tabell 7. Förändring av mineralkväveförråden inom 0-90 cm djup efter foderrärter, höstraps och havre i nio tvååriga fältförsök i södra Skåne 1999-2003 (Lindén & Engström, 2006).

	Efter ärter	Efter höstraps	Efter havre
Vid skörd (medeldatum: 9/8)	45	53	29
På senhösten (medeldatum: 9/11)	64	68	45
Tidigt på våren (medeldatum: 16/3)	39	43	33
Tidigt på våren: härav utnyttjbart vid odling av höstvetete som eftergröda	19 (+6)	19 (+6)	13

Tabell 8. Jordkvävetillgång (kg N/ha) vid odling av vårstråsåd efter ärter (kok- eller foderärter) i jämförelse med havre som förfrukt. Resultat från försök 1983-85 i Mellansverige, totalt 18 jämförelser (Lindén, 1987a).

	Övervintrande mineralkväve, 0-90 cm	N-mineralisering under växtsäsongen	Summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve
Förfrukt ärter			
Medeltal	72	68	112
Lägsta värde	24	22	51
Högsta värde	126	126	201
Förfrukt havre			
Medeltal	49	63	87
Lägsta värde	20	22	31
Högsta värde	98	119	152
Differens			
Medeltal	+23	+4	+25
Lägsta värde	+2	-17	-2
Högsta värde	+59	+26	+78

I 18 försök 1983-85 i Mellansverige med foder- eller kokärter i jämförelse med havre som förfrukt till stråsäd fann Lindén (1987a) i genomsnitt 23 kg/ha mer mineralkväve inom 0-90 cm djup på våren efter ärterna men med variationer från 0 till drygt 50 kg N/ha mer (tabell 8). Däremot tycktes nettomineraliseringen av kväve under den efterföljande växtsäsongen föga påverkas av ärtgrödan. Om ärterna ej tröskas synes dock N-frigörelsen under nästkommande odlingssäsong kunna förstärkas.

Den samlade mängden utnyttjbart kväve, som efterföljande vårsädesgrödor kunde ta upp året efter ärterna, var i dessa försök i genomsnitt 25 kg N/ha större än efter havre, med variationer från nästan ingen skillnad till 78 kg N/ha mer efter ärterna (tabell 8). Då variationsbredden här som synes utgjorde ca 80 kg N/ha, huvudsakligen beroende på skillnader i övervintrande mineralkväve, tyder dessa försök på att bestämning av mängden sådant kväve på våren efter ärtodling kan ge värdefull vägledning om kvävegödslingsbehovet. I undersökningar våren 1984-86 inom Vara-Grästorpsområdet i Västergötland, finansierade av Norsk Hydro, konstaterades inom 60 cm markdjup i medeltal 44 kg mineralkväve per ha (lägsta värde: 23 kg, högsta värde 120 kg) på 78 åkerfält med förfrukt ärter jämfört med i genomsnitt 24 kg N/ha (min. 13 kg, max. 46 kg) inom 74 fält med stråsäd som förfrukt (Lindén, 1987a).

I två ekologiska fältförsök på Götala försöksgård i Västergötland 2003-2005 odlades bl.a. foderärter och havre som förfrukter till vårkorn (tabell 9). Med ärthalm tillfördes bara 35-45 kg N/ha till marken (Nyberg & Lindén, 2008). Denna halm hade en C/N-kvot omkring 40, vilket får anses medföra N-immobilisering (jmf. Persson, 2003). På senhösten under förfruktsåret fanns trots detta betydligt mer mineralkväve efter ärterna än efter havren (tabell 9), vilket stämmer med äldre undersökningar (Lindén, 1984). Efter ärterna minskade dock mängderna kraftigt fram till våren, då det bara återfanns något mer mineralkväve efter dem än efter havren. Beräkningar visade att det under den efterföljande växtsäsongen inte blev någon ökad N-mineralisering efter ärterna i det ena av de båda försöken i jämförelse med förfrukt havre. Detta överensstämmer med ovan redovisade resultat från studier av ärternas efterverkan vid odling av vårsäd som eftergröda i försök i Mellansverige (tabell 8; Lindén, 1987a). I det andra försöket ökade N-mineraliseringen med 17 kg N/ha under växtsäsongen efter ärterna jämfört med havre som förfrukt. Kväveefterverkan i de båda försöken på Götala blev enligt Nyberg & Lindén (2008) i medeltal 29 kg N/ha större efter ärterna än efter havren (tabell 9). Resultaten tyder på att N-förluster under vintern kan ha avgörande betydelse för N-efterverkan av ärter.

Inkubationsstudier med jord med inblandning av ärthalm (inkl. stubb och ärtbaljor) utförda av Lindén & Engström (2006) och Nyberg & Lindén (2008) under temperaturbetingelser som i matjorden under fältförhållanden visar, att det vanligen uppkommer en kväveimmobiliseringsfas under hösten i samband med ärthalmens nedbrytning. Det är därför inte troligt att kväve härstammande från halm och övriga ovanjordiska växtrester, som brukats ned i marken, bidrar till de ökade mineralkvävemängderna på hösten efter ärter i jämförelse med havre. Mycket av mermängden mineralkväve efter ärterna finns i marken redan vid grödans mognad och skörd (Lindén & Engström, 2006; Nyberg & Lindén, 2008), se även tabell 7.

Lindén & Engström (2006) fann i nio tvååriga försök i Skåne 1999-2004 med höstvetet efter förfrukterna foderärter, höstraps och havre, att höstvetet efter ärterna i medeltal kunde utnyttja drygt 20 kg/ha mer jord- och förfruktskväve än med förfrukt havre (tabell 10). Huvuddelen av detta (+14 kg N/ha) kunde hänföras till ökad N-mineralisering under växtsäsongen (från våren till höstvetets gulmognad), medan mineralkväveförrådet på våren efter ärterna bidrag med 6 kg/ha mer utnyttjbart kväve (jmf. tabell 7). Detta skiljer sig från försöken i Mellansverige

(tabell 8), där istället de större mineralkväveförråden på våren mest bidrog till ärternas bättre N-efterverkan i jämförelse med havre som förfrukt.

Tabell 9. Efterverkan av foderärter i jämförelse med havre i relation till dessa grödors N-innehåll i två ekologiska fältförsök på Götala i Västergötland (efter Nyberg & Lindén, 2008). Korn odlades under efterverkansåret. Havreförfrukten tillfördes ca 75 kg N/ha som ammoniumkväve i nötflytgödsel. Ärterna gödslades inte alls.

Förfrukt	Kväve i förfrukterna, kg /ha		Mineral-N, 0-90 cm, kg/ha			N-mineralisering under kornets växtsäsong, kg N/ha	Utnyttjbart jord- och för- fruktskväve, kg N/ha
	Kärna	Halm	C/N- kvot	Senhöst	Tidig vår		
<i>Götala 1 (2003-2004)</i>							
Havre	67	21	92	66	66	58	81
Ärter	155	46	41	123	71	75	112 (+31)
<i>Götala 2 (2004-2005)</i>							
Havre	64	23	90	40	36	106	113
Ärter	83	34	37	103	63	103	139 (+26)

Tabell 10. Jordkvävetillgång (kg N/ha) vid odling av höstvetete efter foderärter och höstraps i jämförelse med havre som förfrukt. Resultat från nio tvååriga försök i serien SSO-560 i södra Skåne 1999-2004 (Lindén & Engström, 2006). Siffror inom parentes = ökning jämfört med havre.

	Övervintrande mineralkväve, 0-90 cm	N-mineralisering under växtsäsongen	Summa utnyttjbart jord- och förfrukts- kväve
Förfrukt ärter			
Medeltal	39 (+6)*	94 (+14)	112 (+21)
Lägsta värde	24	58	81
Högsta värde	57	116	130
Förfrukt höstraps			
Medeltal	43 (+10)	100 (+20)	118 (+26)
Lägsta värde	69	67	88
Högsta värde	23	127	140
Förfrukt havre			
Medeltal	33*	79	92
Lägsta värde	20	48	62
Högsta värde	59	111	116

*) Jämför tabell 7.

Som framgått av tabell 8 och 9, där efterverkan av ärter undersökts vid odling av vårsäd som eftergröda, uppkom i allmänhet inte någon ökning av N-mineraliseringen under eftergrödans växtsäsong. Däremot fastställdes i höstveteförsöken i tabell 10 (Lindén & Engström, 2006) som nämnts i medeltal 14 kg N/ha i mermineralisering i jämförelse med förfrukt havre. En förklaring till ökad kvävefrigörelse under höstvetets växtsäsong året efter ärterna kan vara den

tidiga jordbearbetningen med nedbrukning av växtresterna som gjordes inför höstvetesådden. Däremot ägde plöjningen rum först på senhösten i försöken i Mellansverige (inkl. Götala i Västergötland), där eftergrödan var vårstråsäd. Den tidigare jordbearbetningen i höstveteförsöken kan ha stimulerat nedbrytningen av växtresterna (inkl. rötterna) efter ärterna redan relativt tidigt under hösten, medan nedbrytningen kom igång betydligt senare efter nedplöjning på senhösten. De kallare vintrar som ännu rådde i Mellansverige under början av 1980-talet kan också ha medverkat till att nedbrytningen mer eller mindre avbröts under vintern och fortsatte i större utsträckning först under våren och sommaren därefter, med mindre nettomineralisering av kväve under detta år som följd efter ärterna än i försöken med höstvete i Skåne. De kallare vintrarna i försöken i Mellansverige medförde troligen också mindre kväveförluster under denna årstid.

Det är troligt att de större mineralkväveförråden efter ärter än efter stråsäd (havre) beror på att ärterna utnyttjar befintligt mineralkväve i marken sämre än stråsäd (Lindén, 1984). Härtill kommer s.k. rhizodeposition, dvs. förluster av organiska föreningar från rotsystemet under ärtgrödans tillväxt under växtsäsongen (Jensen, 1996). På basis av uppgifter från Köhnlein & Vetter (1953) kan slutsatsen dras, att ärternas rötter jämfört med havrens är så pass kväverika vid skördemognad, att nettomineralisering av kväve bör uppkomma, när ärtrötterna börjar brytas ned på sensommaren och hösten. Detta bekräftas av inkubationsstudier i fält redovisade av Lindén & Engström (2006) och Nyberg & Lindén (2008), där det framgår att i jord från försöksled med ärter (och med ärternas finrötterna kvarlämnade i jorden) i allmänhet frigjordes mer mineraliserat kväve under hösten än i jord från havrerutor med kvarlämnade finrötter från havren. Dessa inkubationsstudier visade å andra sidan, att nedbrytning av ärthalmen (med ett innehåll av 20-50 kg N/ha) efter nedbrukning i marken inte ledde till nettomineralisering av kväve och anhopning av mineralkväve i jorden under hösten. Detta förklaras av att kolkvävekvoterna i ärthalmen var höga (C/N i medeltal = ca 50 respektive ca 40).

Slutsatser. Vid odling av foderärter (till mogen skörd) finns det redan vid tiden för mognaden och skörden mer mineralkväve i marken än efter stråsäd. Under den efterföljande hösten ökar sedan mineralkväveförrådets betydligt genom frigörelse av kväve från mull m.m. och i viss mån även från ärternas rötter. Nedbrytningen av ärthalmen (och övriga ovanjordiska växt-delar) i marken medger dock inte något ytterligare kvävetillskott under denna årstid p.g.a. jämförelsevis hög C/N-kvot i växtmaterialet. I den mån de större mineralkväveförråden på hösten efter ärter övervintrar inom rotzonen, bidrar de till den efterföljande grödans kväveförsörjning. Härtill kommer ytterligare N-tillskott efter ärter i jämförelse med stråsäd som förfrukt genom större mineralisering av kväve under den efterföljande växtsäsongen, i varje fall där höstvete odlas som eftergröda. Däremot tycks kvävemineraliseringen under denna växtsäsong i allmänhet inte öka efter ärter, där deras växtrester plöjts ned på senhösten och vårsäd sedan sås. Foderärter synes ge en samlad N-efterverkan på 20-30 kg N/ha i jämförelse med havre som förfrukt. Kväveeffekten tycks vara något större vid odling av höstvete än med vårsäd som eftergröda. Det avgörande för N-verkan är dock, i vilken utsträckning mineralkvävet i marken finns kvar på våren.

I jämförelse med en stråsådesförfrukt ökar foderärter en efterföljande spannmålsgrödans avkastning med i storleksordningen 1000 kg kärna per ha vid ekonomiskt optimal N-gödsling. Sannolikt är detta delvis en effekt av ärternas sanerande verkan i spannmålsdominerade växtföljder. I vissa fall synes det emellertid närmast vara fråga om kväveefterverkan, med avtagande merskörd vid stigande N-gödsling till eftergrödan.

Efterverkan av åkerbönor

Åkerbönor är aktuella att odla främst i ekologiskt jordbruk. Erfarenheter från konventionell odling kan dock ge viss information även för ekologisk odling. I 10 konventionella försök redovisade av Wallgren (1986) blev skördarna av korn efter åkerbönor i medeltal 400 kg per ha större än efter korn och vårvete. Dessutom förbättrades proteinhalten i kärnskördarna med ca 0,5 procentenheter. Kornet under efterverkansåret hade här gödslats med 100 kg N/ha. I norska undersökningar med åkerbönor gav denna gröda skördeökningar hos eftergrödorna havre och höstvetete på 10 % som medeltal för sex försök (Stabbetorp, 1984). Med utgångspunkt från alla dittills genomförda relevanta, konventionella norska försök (fram till 1984) menade Stabbetorp (1984), att en rimlig skördeökning hos stråsäd efter åkerbönor var 10 till 12 % jämfört med ensidig stråsädesodling.

I jämförelse med dessa mer måttliga skördeökningar av åkerbönor framhåller Eltun et al. (2001) i Norge, att denna gröda med sin stora produktion av halm och rötter är en mycket god förfrukt till stråsäd, vilken i försök 1998-2000 i ekologisk odling gav en genomsnittlig merskörd på 1000 kg spannmål (korn och havre) per ha. I försök belägna på ekologiska växtodlingsgårdar (med få eller inga djur) blev merutbytet i jämförelse med stråsäd i medeltal så mycket som 1200 kg/ha, medan merskörden i försök på gårdar med allsidig drift (med djur) ”bara” blev 600 kg/ha. Orsaken ansågs vara, att växtnäringstillståndet i jorden troligen var bättre på djurgårdarna, och att effekten av baljväxter som förgröda härigenom blev mindre.

I en undersökning 2002-2006 av åkerböners efterverkan i jämförelse med havre i ekologisk odling (Nyberg & Lindén, 2008) ingick åtta treåriga fältförsök med följande led år 1: A. havre (tillförd ca 75 kg N/ha som nötflytgödsel), B. åkerbönor som skördetröskades vid mognad och C. åkerbönor som inte skördades (för att studera efterverkan i sådana fall då sen mognad och/eller dåligt väder omöjliggör skördetröskning), se tabell 11a. I led C plöjdes hela åkerbönogrödan ned på hösten. År 2 och 3 odlades korn respektive havre, som ej gödslades, för bestämning av efterverkningarna. Kärnsköörden av kornet år 2 blev efter havre i medeltal 2980 kg/ha, efter skördade åkerbönor 3630 kg/ha och efter oskördade åkerbönor 4490 kg/ha. Under det andra efterverkansåret (försöksår 3) gav havre efter förförfrukt havre i genomsnitt 2280 kg/ha, efter förförfrukt skördade åkerbönor 2210 kg/ha samt efter oskördade åkerbönor 2420 kg/ha.

Med skördade och oskördade åkerbönor som förfrukt till korn erhöles således ett merutbyte på i medeltal 650 respektive 1500 kg kärna per ha under det första efterverkansåret jämfört med förfrukt havre. I studierna av andra årets efterverkan av dessa grödor (således som förförfrukter) kunde som framgått inga nämnvärda skillnader i avkastningen fastställas. Uppenbarligen hade då efterverkan i stort sett ebbat ut. I dessa försök undersöktes vidare förfrukternas inverkan på kvävetillgången i marken (tabell 11a och 11b).

Tabell 11a visar att det redan vid åkerbönnornas mognad och skörd fanns mer mineralkväve i marken än efter havre, vilket liknar förhållandena efter ärter till mogen skörd (se tabell 7). Mängderna ökade under hösten (jämför norska resultat redovisade av Eltun et al., 2001) och fram till våren, även om N-förluster måste ha ägt rum under vinterhalvåret. Där åkerbönnorna plöjts ned oskördade, fastställdes tidigt på våren mer mineralkväve i marken än där de skördats. De större mineralkväveförråden på hösten efter åkerbönor liksom efter ärter måste innebära ökad kväveutlakningsrisk.

Tabell 11a. Inverkan av havre och åkerbönor på mineralkväveförråden i marken (0-90 cm djup, kg N/ha) vid olika tidpunkter från skörden och fram till eftergrödans mognad. Medeltal av åtta fältförsök (Nyberg & Lindén, 2008).

Gröda	Vid skörd	På senhösten efter skörden	Tidigt på våren år 2	Vid mognad hos efter- grödan korn, år 2
A. Havre	26	29	40	22
B. Åkerbönor, skördetröskade	40	46	58	24
C. Åkerbönor, oskördade	-	55	69	32

Tabell 11b. Inverkan av havre och åkerbönor som förfrukter och förförfrukter på eftergrödornas kvävetillgång uttryckt som summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve (här = summa utnyttjbart N, kg/ha) år 2 och 3 och den del därav som utgjordes av nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under växtsäsongen år 2. Medeltal av åtta fältförsök (Nyberg & Lindén, 2008).

Gröda	År 2 (korn)		År 3 (havre)
	Summa utnyttjbart N	N-mineralisering	Summa utnyttjbart N
A. Havre	74	57	59
B. Åkerbönor, skördetröskade	94 (+20)	60 (+3)	59 (±0)
C. Åkerbönor, oskördade	119 (+45)	83 (+26)	63 (+4)

Med åkerbönshalmen tillfördes i genomsnitt bara 38 kg/ha till marken efter det att bönskörden tröskats. Denna halm hade en C/N-kvot på i medeltal 36 (Nyberg & Lindén, 2008), vilket i princip leder till kväveimmobilisering efter nedbrukning i marken. Inkubationsstudier utförda av Nyberg & Lindén (2008) visar, att det efter inblandning av åkerbönshalm i jord uppkom N-fastläggning. Det torde således inte ha varit frigörelse av kväve från åkerbönshalm som gav upphov till de större mineralkvävemängderna i marken under hösten, utan detta mineralkväve fanns i hög grad redan vid skörden. Detta liknar förhållandena efter ärter (Lindén & Engström, 2006).

Av tabell 11b framgår att de åkerbönor som skördetröskats gav en kväveefterverkan (vid odling av korn år 2) på i medeltal 20 kg N/ha, vilket är i samma storleksordning eller något mindre än för foderärter (se ovan). Detta kvävetillskott till kornet synes närmast helt ha härrört från de större mängderna övervintrande mineralkväve i marken, medan det förvånansvärt nog inte uppkom något nämnvärt nettotillskott av mineraliserat kväve under kornets växtsäsong (tabell 11b). Detta liknar förhållandena efter foderärter, där marken plöjts på senhösten (tabell 10). En förklaring till denna oväntade effekt av åkerbönorna kan vara, att i kontroll-ledet (med havre som förfrukt) tillfördes som nämnts nötflytgödsel vid sådden av havren år 1, vilket kan ha gett en viss N-efterverkan, som kom kornet till del år 2. Under det andra efterverkansåret (dvs. år 3) blev N-efterverkan lika stor efter de skördade åkerbönorna som efter förförfrukt havre.

Där åkerbönskörden plöjts ned uppkom ett tillskott på i medeltal 45 kg utnyttjbart jord- och förfruktskväve per ha, till drygt hälften orsakat av ökad N-frigörelse under kornets växtsäsong. Den nedplöjda bönskörden förstärkte således N-efterverkan med 25 kg N/ha, vilket i genomsnitt motsvarade 18 % av totalkvävemängden i bönorna. Under det andra efterverkansåret var emellertid denna ökade N-efterverkan i stort sett försvunnen.

Slutsatser. Åkerbönnornas kväveefterverkan uppgick i åtta redovisade fältförsök till i medeltal 20 kg N/ha, där bönskörden tagits tillvara. Även om studierna av ärter (i föregående avsnitt) och av åkerbönor (i detta avsnitt) inte utförts i samma försök, tyder de redovisade svenska undersökningarna på att åkerbönnornas N-efterverkan i det närmaste är lika stor som ärternas, som uppgår till 20-30 kg N/ha. Redan vid skörden av åkerbönnorna fanns mer mineralkväve i marken än efter stråsäd (havre), varefter mängderna tilltog under höstens lopp. De större mineralkväveförråden på hösten efter åkerbönor, liksom efter ärter, måste innebära ökad kväveutlakningsrisk. Även om en åkerbönsgröda kan innehålla mer än 200 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna vid mognad, tillförs med halm och övriga ovanjordiska växtdelar bara omkring 30-60 kg kväve per ha till marken (Nyberg & Lindén, 2000; Engström et al., 2003; Nyberg & Lindén, 2008). Dessutom är kol-kväveknoten i detta material ganska hög, vilket ger upphov till kväveimmobilisering efter nedbrukning i marken på hösten (Nyberg & Lindén, 2008). Kvävet i halmen kan därför knappast bidra till den ökade N-utlakningsrisken under vinterhalvåret efter åkerbönor.

Åkerbönor gav inte upphov till nämnvärt ökad kväve mineralisering under det efterföljande årets växtsäsong, då korn odlades. N-efterverkan är uppenbarligen i stor utsträckning är avhängig av, i vilken utsträckning det under hösten anhopade mineralkvävet efter åkerbönnorna finns kvar inom rotzonen efter vintern, vilket som nämnts också gäller efter ärter.

Kväveefterverkan av höstraps

Liksom vid odling av ärter och åkerbönor till mogen skörd finner man efter höstraps större mineralkvävemängder på hösten än efter stråsäd (havre), se tabell 7. En del av detta mineralkväve övervintrar inom rotzonen och bidrar till den efterföljande grödans kväveförsörjning (tabell 7). I de ovan nämnda försöken i södra Skåne (Lindén & Engström, 2006) visade det sig, att höstraps liksom ärter gav upphov till ökad kväve mineralisering under växtsäsongen därpå, då höstvet odlades. Höstvet efter höstraps hade i dessa försök i medeltal tillgång till 26 kg N/ha mer jord- och förfruktskväve än med havre som förfrukt. Av detta härrörde i genomsnitt 20 kg N/ha från större N-mineralisering från våren till höstvetets gulmognad, medan bara 6 kg N/ha kunde anses härstamma från de större övervintrande mineralkväveförråden än efter havre.

Optimal kvävegödsling till höstvet efter höstraps, vårrys och ärter

Engström & Gruvaeus (1998) sammanställde resultat från höstveteförsök med stigande N-gödsling placerade på platser med olika förfrukter och odlingsbakgrunder i övrigt, bl.a. med och utan stallgödsetillgång på gårdarna (tabell 12). Vid ekonomiskt optimal N-gödsling i försöken på gårdar utan stallgödsetillgång blev höstveteskördarna i medeltal drygt 1000 kg kärna per ha större efter höstraps än efter stråsäd och 700 kg/ha högre efter vårrys än efter stråsäd. Detta kan jämföras med förfruktsförsök 1972-79 redovisade av Wallgren (1986), där skördeökningar på drygt 800 kg höstvet per ha erhöles efter våroljevaxter jämfört med höstvet efter höstvet, i stort sett oberoende av N-gödslingsnivåer (70, 120 och 170 kg N/ha). I de av Engström & Gruvaeus (1998) redovisade försöken medgav höstraps och vårrys en

sänkning av den ekonomiskt optimala N-givan med i genomsnitt 34 respektive 14 kg N/ha i jämförelse med förfrukt stråsäd. Resultaten kan emellertid i viss mån vara påverkade av försöksplatsernas placering i olika landsdelar och på olika jordar.

Engström & Gruvaeus (1998) fann i försöken på gårdar utan stallgödselföretag, att för varje ton/ha i merskörd vid ekonomiskt optimal N-gödning steg den optimala N-givan till höstvetete med 16 och 14 kg N/ha efter förfrukterna stråsäd respektive höstraps. Förfrukt höstraps gav vid optimal N-gödning en meravkastning på 1.070 kg/ha i jämförelse med förfrukt stråsäd. Detta krävde således i princip ca 15 kg mer gödselkväve per ha.

Samtidigt kunde som nämnts den optimala N-givan till höstvetete efter höstraps sänkas med 34 kg N/ha i jämförelse med förfrukt stråsäd. En genomsnittlig mermängd kväve motsvarande $15+34 = 49$ kg/ha i form av mineralgödselfväve kan därför förmodas ha stått till höstvetets förfogande. Antas gödselkvävet i dessa äldre försök ha haft en verkningsgrad på 65 % (se ovan), motsvarar det $0,65 \cdot 49 = 32$ kg utnyttjbart jord- och förfruktskväve per ha. Efter höstraps skulle således höstvetetet ha haft tillgång till 32 kg/ha mer kväve från mark och förfrukt än efter stråsäd. Detta kan jämföras med att Lindén & Engström (2006) i försök i Skåne fastställde en ökning av mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve med i medeltal 26 kg N/ha efter höstraps i jämförelse med förfrukt havre (se nedan).

Tabell 12. Kärnskördar av höstvetete utan kvävegödning samt kärnskördar och proteinhalter i kärna vid ekonomiskt optimal N-gödning till höstvetete odlat efter olika förfrukter: stråsäd, höstraps, vârrybs och vall (Engström & Gruvaeus, 1998). Resultaten avser medeltal för totalt omkring 160 försök i olika landsdelar åren 1980-84 och 1989-97, som ställts till förfogande av Hydro Agri (numera Yara AB). Materialet är uppdelat på gårdar med och utan stallgödsel.

Förfrukt	Skörd (kg/ha) vid 0 kg N/ha	Optimal kvävegiva, kg/ha	Skörd (kg/ha) vid optimal kvävegiva	Proteinhalten (%) vid optimal kvävegiva
Försök på gårdar utan stallgödsel				
Stråsäd	2870	120	6130	11,1
Höstraps	4970	86	7200	10,8
Vârrybs	3560	106	6830	10,7
Försök på gårdar med stallgödsel				
Höstraps	4440	91	6410	10,8
Vall	3990	84	5740	11,3

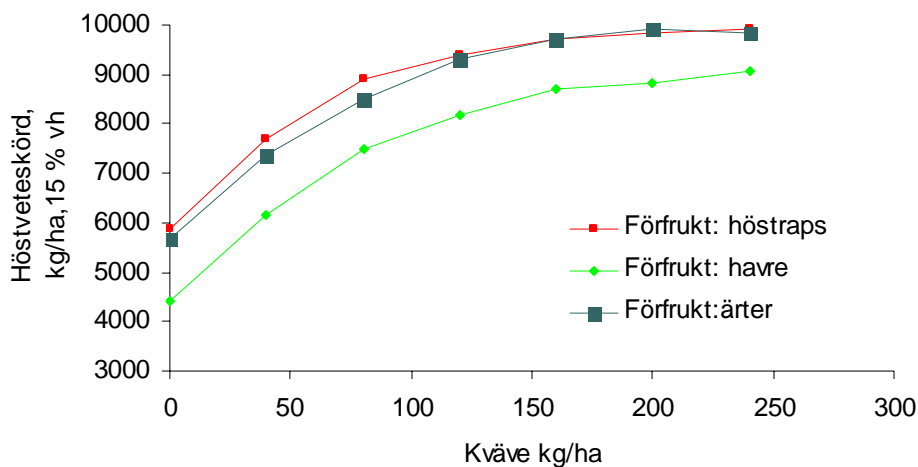
Görs samma beräkning för effekterna av vârrybs i de av Engström & Gruvaeus (1998) redovisade höstveteförsöken och antas ett merbehov av 15 kg N/ha per ton i merskörd vid optimum, finner man att den nämnda skördeökningen på 700 kg kärna per ha efter vârrybs i jämförelse med förfrukt stråsäd medförde ett merbehov av gödselkväve motsvarande $0,7 \cdot 15 =$ ca 10 kg N/ha. Samtidigt blev den ekonomiskt optimala N-givan 14 kg N/ha mindre än efter stråsäd. Detta innebär en ökad kvävetillgång motsvarande $10+14 = 24$ kg mineralgödselfväve per ha. Med 65 % verkningsgrad för mineralgödselfvävet kan detta anses motsvara $0,65 \cdot 24 =$ ca 15 kg N/ha mer än efter stråsäd i form av utnyttjbart jord- och förfruktskväve.

I de ovan nämnda försöken i Skåne, med efterverkan av höstraps och foderarter i jämförelse med förfrukt havre (Lindén & Engström, 2006) gav höstvetetet efter höstraps och arter 1.210 respektive 1.030 kg kärna per ha i merutbyte jämfört med havre som förfrukt som medeltal för alla gödslingsled (0-240 kg N/ha till höstvetetet), se tabell 13 och figur 1. Stigande N-givor

kunde knappast alls kompensera för de mindre skördar som erhöles efter den sämre förfrukten havre (figur 1). De ekonomiskt optimala N-givorna efter höstraps, ärter och havre uppgick till i medeltal 124, 132 respektive 149 kg N/ha vid priskvot 10 (tabell 13).

Tabell 13. Inverkan av förfrukterna höstraps, havre och ärter samt stigande N-givor på kärn-skördarna av höstvetete (kg/ha, 15 % vattenhalt) och på proteinhalten (% av ts) i kärnan. Medeltal för nio försök 2001-2004 i södra Skåne (Lindén & Engström, 2006).

N-giva till höstvetet		Höstveteskörd efter:			Proteinhalt		
kg/ha		Höstraps	Havre	Ärter	Höstraps	Havre	Ärter
	0	5880	4400	5540	8,9	8,9	9,1
	40	7680	6150	7380	9,2	8,9	8,9
	80	8900	7480	8510	9,9	9,6	9,6
	120	9410	8200	9310	10,6	10,8	10,5
	160	9730	8700	9540	11,3	11,0	11,4
	200	9820	8820	9930	12,1	11,9	12,0
	240	9930	9080	9850	12,6	12,6	12,6
Medelgiva	120	8760	7550	8580	10,6	10,5	10,6
Högsta skörd vid N-giva, kg/ha		10060	9170	10000			
Optimal N-giva:					Optimal skörd:		
Medeltal		124	149	132	9610	8950	9620
Minsta värde		80	77	105	6550	5670	6570
Högsta värde		156	202	181	13360	13750	13730
Standardavvikelse					1870	2200	2090



Figur 1. Inverkan av stigande kvävegivor på höstveteskördarna efter förfrukterna höstraps, havre och foderärter. Medeltal för nio fältförsök år 2001-2004 (Lindén & Engström, 2006).

Tabell 14. Samband mellan å ena sidan ekonomiskt optimala kvävegivor (kg N/ha) till höstvetete som beroende variabel och å den andra skördenivå (kg/ha) och växttillgängligt jord- och förfruktskväve (kg N/ha) eller nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under växtsäsongen som oberoende variabler. Sambanden uttrycks som justerade R^2 -värden (R_a^2) och med deras ekvationer (multipel linjär regression). Källa: Lindén & Engström (2006).

Samband mellan optimala N-givor (y) och...	R_a^2	Ekvation
1 ...Kärnskörd (x_1) samt växttillgängligt jord- och förfruktskväve (x_2)	0,69***	$y = 129 + 0,014 x_1 - 1,14 x_2$
2 ...Kärnskörd (x_1) och nettomineralisering av N (x_3)	0,69***	$y = 104 + 0,015 x_1 - 1,24 x_3$

*** $p < 0,001$.

Av regressionsanalys (tabell 14) framgår, att variationerna i de ekonomiskt optimala N-givorna till 69 % kunde förklaras av variationerna dels i höstvetets skördenivå vid optimum och dels i mängderna växttillgängligt kväve härstammande från jord och förfrukter (ekvation 1) eller i kvävemineraliseringstillskotten under växtsäsongen (ekvation 2). Båda ekvationerna visar, att en merskörd på 1.000 kg kärna per ha skulle kräva en ökning av N-givan med ca 15 kg N/ha. Samtidigt skulle ett tillskott av 20 kg/ha växttillgängligt kväve från mark och förfrukt i ett tänkt fall minska det optimala gödselkvävebehovet med 23 kg N/ha.

I dessa försök blev mängden växttillgängligt jord- och förfruktskväve efter höstraps och ärter 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havre (Lindén & Engström, 2006). I enlighet med ekvation 1 i tabell 14 motsvaras dessa mängder av minskningar av de optimala N-givorna med 30 respektive 23 kg N/ha jämfört med förfrukt havre. Som framgår av tabell 13 blev emellertid de optimala N-givorna efter höstraps och ärter "bara" 25 respektive 17 kg N/ha lägre än efter havre. Skillnaderna synes i princip kunna förklaras av att de högre skördenivåerna vid optimum efter höstraps och ärter (+700 kg/ha) krävde större kvävetillgång.

På två av försöksplatserna avvek de beräknade optimala N-givorna påtagligt från de övriga nio försöken. I de övriga sju försöken medförde förfrukt höstraps och ärter i medeltal optimala N-givor till höstvetet på 37 kg N/ha (7 obs.) respektive 29 kg N/ha (7 obs.). Detta N-optimum efter höstraps stämmer väl med resultat redovisade av Knudsen et al. (2002) i Danmark (se nedan) och Engström & Gruvaeus (1998) i Sverige (se ovan). För höstvetete anger Knudsen et al. (2002) 40 och 28 kg N/ha mindre gödselkvävebehov efter höstraps respektive ärter än efter stråsäd (se nedan).

Slutsatser. Liksom vid odling av ärter och åkerbönor till mogen skörd finner man efter höstraps större mineralkvävemängder på hösten än efter stråsäd (havre). En del av detta mineralkväve övervintrar inom rotzonen och bidrar till den efterföljande grödans kväveförsörjning (tabell 7). Höstvetete efter höstraps hade i de nio försöken i Skåne (Lindén & Engström, 2006) i medeltal tillgång till 26 kg mer kväve per ha (jord- och förfruktskväve) än med havre som förfrukt. Av detta härrörde i genomsnitt 20 kg N/ha från större N-mineralisering från våren till höstvetets gulmognad. Vårrys tycks genom N-efterverkan öka en efterföljande höstvetegrödans kvävetillgång med i storleksordningen 15 kg N/ha i jämförelse med förfrukt stråsäd.

Vid ekonomiskt optimal N-gödsling synes höstveteskördarna i medeltal bli upp till omkring 1000 kg/ha större efter höstraps och ca 700 kg/ha högre efter vårrys än efter stråsäd, bland annat genom dessa oljeväxternas sanerande inverkan i växtföljden. En ökning av kärnskördens av höstvetete med 1000 kg/ha vid optimal N-gödsling, bl.a. genom den förbättrade avkastnings-

potentialen med oljeväxter som förfrukt, förefaller kräva ca 15 kg/ha i ökad N-gödsling. Genom höstrapsens och vårrybsens N-efterverkan tycks emellertid de ekonomiskt optimala N-givorna till höstvetet kunna sänkas med 25-35 kg N/ha respektive 15 kg N/ha efter dessa grödor, trots bättre kärnskörd än med stråsäd som förfrukt.

Efterverkan av sockerbetor

Betydelsen av sockerbetsblastens kväveinnehåll

Vid optimal N-gödsling till sockerbetor, beräknad till 120 kg N/ha, innehåller blasten 110-160 kg N/ha av ett totalt innehåll i betor och blast på 200-250 kg N/ha vid skörd (Lindén, 1987b, Bramstorp, 1993). Betornas N-upptagning fortsätter ofta långt in på hösten, ända fram till tidpunkten för skörden (Lindén, 1981 och 1987b). Särskilt om sockerbetsgrödan skördats sent på hösten finns det därför bara små mängder mineralkväve i marken (0-90 cm djup) vid denna tid (Lindén, 1981; Aronsson & Torstensson, 2003).

Efterverkan av sockerbetor vid odling av en efterföljande stråsädesgröda blir då beroende av N-mineraliseringens storlek under vinterhalvåret och under den efterföljande växtsäsongen. Har blasten lämnats kvar på fältet kommer den att brytas ned ganska snabbt p.g.a. låg kolkvävekvot, ca 15 (Lindén, opublicerat) eller 17 (Aronsson & Torstensson, 2003). En del av blastkvävet kan gå förlorat genom ammoniakavgång, om blasten legat kvar onedbrukat på markytan en längre tid. I ett modellförsök i fält i Danmark fann man, att i medeltal 42 % av kvävet i blasten gick förlorat, där blasten legat kvar på marken i 39 dagar (Nielsen, 1993). Denitrifikation kan också uppkomma, särskilt om skörden ägt rum under våta förhållanden (Bramstorp, 1993). Kväveprofilprovtagningar, som utfördes i april före sådd av en vårgröda efter sockerbetor, visade att det bara efter sen skörd och efter plöjning i november fanns tydligt ökade mängder mineralkväve i marken orsakade av nedbrukat blast. Den motsvarande effekten av blasten var sämre efter skörd och nedplöjning i september (Bramstorp, 1993).

Ännu under 1960- och 1970-talen skedde upptagningen av sockerbetorna ofta för hand eller med små maskiner, vilket var gynnsamt för markstrukturen och medförde att plöjningen utfördes relativt sent (R. Olsson, pers. medd.). Skörden tog jämförelsevis lång tid på det enskilda fältet. Numera startar den allmänna betskörden redan i september och pågår t.o.m. november. Ett och samma fält skördas på någon dag. Detta påverkar därmed mer tydligt än förr blastkvävet omsättning och öde. Tidig skörd medför tidigare nedbrytning av blasten med ökad risk för N-förluster, men dessa torde i viss mån kunna motverkas genom sådd av höstvetet (R. Olsson, pers. medd.). Sen skörd ger å andra sidan lätt upphov till strukturskador. Av alla dessa olika skäl kan äldre uppgifter om sockerbetornas N-efterverkan, med och utan nedplöjning av blasten, vara inaktuella.

Pawlak (1985) i Tyskland redovisar en efterverkan av sockerbetor vid odling av vårvetet på "bara" 280-400 kg kärna per ha efter nedplöjning av 7,5 ton ts betblast per ha. Denna torrsubstansmängd torde vid en antagen ts-halt på 14,5 % (R. Olsson, pers. medd.) motsvara omkring 50 ton färsk blast per ha, vilket är alltför mycket blast i jämförelse med nutida, praktiska förhållanden.

Av äldre undersökningar (Bjelke-Holtermann, 1963 och 1964) framgår att 20-30 ton betblast per ha hade en efterverkan motsvarande högst 30 kg N/ha som kalksalpeter vid odling av vår-säd efter sockerbetorna. Betblasten gav där en skördestegring motsvarande ca 600 kg kärna per ha. Bjelke-Holtermann (1963 och 1964) anger inte hur blasten hanterats i försöksrutorna

eller när den sedan brukats ned. Det är därför svårt att överföra resultaten till nutida förhållanden, med varierande tid för skörd och nedbrukning av blasten och med skiftande N-förluster som följd. Det är vidare att märka, att vid normalt nutida skördesätt förs bara ca 2/3 av betblasten bort, om den skördas (R. Olsson, pers. medd.). Det finns alltså en icke försumbar mängd blast kvar på fältet, även om denna skördas. Härtill inverkar tidpunkten för skörden på mängden blast (R. Olsson, pers. medd.). I ett normalbestånd med i storleksordningen 80.000 plantor per ha och med blast som fortfarande är grön i mitten av september väger blasten då 400-450 g per planta, vilket ger en blastmängd på drygt 30 till 35 ton blast per ha. Senare under hösten minskar blastmängden helt naturligt, och i mitten av november kan i storleksordningen 165 g blast per planta återstå. Detta innebär en minskning till 16-17 ton blast per ha.

Bramstorp (1993) fann att ett kväveinnehåll i betblast på 100 kg N/ha som mest resulterade i 6-7 kg N/ha större kväveupptag hos en efterföljande korngröda än om blasten helt bortförts. Härtill kommer naturligtvis effekten av sockerbetsgrödan i sig som förfrukt i jämförelse med stråsäd, vilket ej undersöktes av Bramstorp (1993). Som nämnts startar numera skörden av betorna redan i mitten av september, varefter höstvetete kan sås. Vid sen skörd blir eftergrödan vanligen vårkorn. Detta måste också inverka på sockerbetsgrödans förfruktsvärde. R. Olsson (pers. medd.) anger att man i olika undersökningar funnit, att en vårsådd spannmålsgröda efter förfrukt sockerbetor normalt utnyttjar omkring 10 kg N/ha som kan sägas härstamma från sockerbetorna, medan höststråsäd kan utnyttja 20 kg/ha sådant kväve. Enligt R. Olsson (pers. medd.) finns det emellertid inga moderna, systematiska undersökningar i Sverige av efterverkan av sockerbetor i jämförelse med andra förfrukter. De svenska studier som ändå hittats redovisas i följande avsnitt.

Skördeutbyte, N-efterverkan och ekonomiskt optimal N-gödsling vid odling av stråsäd efter sockerbetor

Under 1960- och 1970-talen undersöktes i en serie växtföljdsförsök i Sverige, vad sockerbetor som förfrukt betydde för skörden av en efterföljande stråsädesgröda (Agerberg, 1965; Kornher, 1976). Författarna till dessa rapporter anger dock ej hur sockerbetsblasten hanterats i försöken. Resultaten visade, att korn efter sockerbetor gav en merskörd på ca 15 % jämfört med korn som odlats efter korn, havre eller vårvete. Antar man att det vid en skörd på 4.000 eller 5.000 kg korn per ha blir 15 % merutbyte, uppgår detta till 600 respektive 750 kg/ha, vilket ungefärligen stämmer överens med Ohlanders (1988) uppgifter (merskördar av vårsäd på 550-650-(900) kg/ha, se tabell 1).

Aronsson & Torstenson (2003) fann i undersökningar i två växtföljder i ett utlakningsförsök vid Lönnstorp nära Lund, att vårkorn efter sockerbetor (med nedbrukning av blasten) gav en kärnskörd som var omkring 600 kg/ha större än korn efter sockerbetor, där blasten bortförts. Jämförelsen är dock något osäker, bl.a. av den orsaken att det i det senare fallet såtts in en rajgräsfånggröda i kornet. I samma försök förekom vårkorn två gånger i en och samma växtföljd (havre – höstvetete – vårkorn, med insådd – sockerbetor, med bortförsl av blasten – vårkorn, med insådd), således dels efter höstvetetet och del efter sockerbetsgrödan. Förfrukt sockerbetor (med bortförsl av blasten) gav i detta fall i medeltal ”bara” drygt 200 kg/ha i ökad kärnskörd hos kornet jämfört med förfrukt höstvetete. Det ringa merutbytet kan delvis vara en följd av att blasten bortförts. Det kan dessutom antas att växtföljden var så pass varierande, att sockerbetorna inte utövade någon större sanerande verkan med avseende på växtföljdssjukdomar, som kunde ha drabbat kornet.

I ett försöksmaterial omfattande totalt över 1000 kornförsök med stigande N-givor, varav i södra Götaland 246 försök med förfrukt stråsäd och 245 med förfrukt sockerbetor, fastställde

Mattsson (2006) skördeökningar hos korn på ca 1000 kg kärna per ha efter sockerbetor i jämförelse med försök med stråsäd som förfrukt, även om skillnaderna minskade vid högre N-givor än ca 100 kg N/ha. De ekonomiskt optimala N-givorna till kornet efter sockerbetor och efter stråsäd uppgick till 65 respektive 83 kg N/ha i genomsnitt för samtliga försök, där emellertid ett mycket stort antal försök i andra landsdelar med stråsäd som förfrukt ingick i medeltalet. I detta material blev den ekonomiskt optimala kvävegivan efter sockerbetor således 18 kg N/ha mindre än med stråsäd som förfrukt. Det blev samma skillnad i ekonomiskt optimum mellan stråsäd och sockerbetor som förfrukter oavsett om hela försöksmaterialet betraktades eller enbart försöken i södra Götaland studerades.

Sockerbetornas förmåga att öka avkastningspotentialen hos en efterföljande korngröda i jämförelse med stråsäd som förfrukt till kornet framgår av försök i serien L3-2275, med stigande N-givor till malkorn, sammanställda och redovisade av M. Olsson (pers. medd.) och J. Blomquist (pers. medd.). År 1999-2007 genomfördes 45 försök, varav 18 med spannmål och 27 med sockerbetor som förfrukt till malkornet. Försöken låg på skilda platser med endera av förfrukterna, vilket i viss mån kan ha inverkat på utslagen. Sockerbetsblasten brukades ned i marken. Resultaten tydde på att sockerbetsgrödan vid samtliga N-gödslingsnivåer till kornet (0-175 kg N/ha) var överlägsen spannmål som förfrukt till kornet. Skillnaderna i kornets avkastningsnivå efter de båda förfrukterna förändrades ganska lite med tilltagande N-givor och uppgick till drygt 1000 kg kärna per ha som medeltal för alla N-gödslingsstegen, alltså även vid normala N-mängder till kornet. Detta är betydligt större merutbyten än i de redovisade äldre försöken, med merskördar som nämnts i storleksordningen 600 kg kärna per ha. Skörde-skillnaderna – oavsett N-gödslingsnivå – kan förmodas bero på sanerande inverknings av sockerbetsförfrukten, men risk finns att valet av försöksplatser med skilda förfrukter i viss mån inverkat. M. Olsson (pers. medd.) beräknade de ekonomiskt optimala kvävegivorna till i medeltal ca 99 kg N/ha oberoende av förfrukt. Skördenivån vid optimum var dock högre efter sockerbetor än med spannmålsförfrukt. Den större kornskörden efter sockerbetor trots samma ekonomiskt optimala N-giva som efter spannmål tyder på positiv N-efterverkan av sockerbetorna.

Ett försök att beräkna kväveefterverkan i dessa försök i form av mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve görs här på basis av kärnskördarna och deras totalkvävehalter i det icke N-gödslade ledet (med endera av de båda förfrukterna). Utan gödsel-N blev kornets kärnskörd (14 % vattenhalt) 3240 och 4310 kg/ha efter spannmål respektive sockerbetor (M. Olsson, pers. medd.). Totalkvävehalten i kärnan uppgick till 1,54 respektive 1,60 % av ts, vilket innebär totalkvävemängder på 43 och 59 kg N/ha i kornkärnan efter spannmål respektive sockerbetor. Under antagande att halmen innehöll 30 % av N-upptaget i korngrödans ovanjordiska växtdelar och att rötternas N-innehåll utgjorde 25 % hela grödans, blir korngrödans samlade N-innehåll utan N-gödsling 83 kg N/ha med spannmålsförfrukt och 113 kg N/ha efter sockerbetor. Skillnaden, ca 30 kg N/ha, tyder på större N-efterverkan av sockerbetorna (jämfört med en spannmålsförfrukt) än man annars har räknat med (se ovan).

Av nedan refererade *danska* undersökningar (Knudsen et al., 2002) framgår också att korn kan ge en betydande merskörd efter sockerbetor i jämförelse med stråsäd som förfrukt. Skillnaden i försöken krympte dock något vid stigande N-givor. Trots ett merutbyte av korn på ca 1000 kg kärna per ha i dessa danska försök blev den optimala N-gödslingen till vårkorn efter sockerbetor i medeltal 23 kg N/ha lägre än till korn efter stråsäd (försök 1993-2002). I ett annat material (försök 1997-2001) blev N-optimum ”bara” 7 kg N/ha lägre trots ett merutbyte av korn på ca 1200 kg kärna per ha.

Slutsatser. Trots i storleksordningen 100-150 kg N/ha i sockerbetsblasten vid skörden på hösten tycks N-efterverkan av blasten i allmänhet bara uppgå till 6-7 kg kväve per 100 kg blastkväve p.g.a. betydande N-förluster. Om man enligt ovan likväl utgår ifrån att sockerbeter efter nedbrukning av blasten ger en total N-efterverkan motsvarande 10-30 kg utnyttjbart jord- och förfruktskväve per ha, och förmodas gödselkvävet utnyttjandegrad vara 75 % vid odling av en efterföljande stråsädesgröda, motsvarar detta ca 13-40 kg gödselkväve per ha. Vid en jämförelse med förfrukt stråsäd kan man som en bidragande förklaring beakta, att betblasten vid sin nedbrytning inte fastlägger kväve, medan det efter nedbrukning av stråsädeshalm uppkommer en betydande N-immobilisering (i storleksordningen 7 kg N per ton nedbrukad halm, se Persson, 2003). Stråsädeshalmens nedbrytning fortsätter i viss mån även under efterverkansåret, vilket innebär mindre nettomineralisering av kväve från jorden under detta år än efter en förgröda som sockerbeter.

Samtidigt bör sockerbetornas sanerande verkan i många fall medföra större skörd genom ökad avkastningspotential hos en efterföljande stråsädesgröda, vilket i sig ökar grödans N-upptagningsbehov. Om stråsäd dominerar växtföljden, kan sockerbetornas sanerande inverkan förmodas bli större, men effekten bör bli mindre om grödvalet är mer omväxlande. Utgår man ifrån både svenska och danska försöksresultat och påräknar 500-1000 kg/ha i högre spannmålsskörd efter sockerbeter, borde detta kräva en ökad gödselkvävetillgång på 13-25 kg N/ha för en korngröda, om man då också antar att det fordras 25 kg N/ha* för en ökning av kärnsköörden med 1000 kg/ha vid ekonomiskt optimal gödsling. Motsvarar sedan N-efterverkan av sockerbeter som nämnts ca 13-40 kg gödselkväve per ha, fås som netto ett optimalt gödselkvävebehov som teoretiskt är i storleksordningen 0-25 kg N/ha mindre än med förfrukt stråsäd. De ovan nämnda försöken med malkorn efter förfrukterna sockerbeter och spannmål tyder dock på att det för skördeökningen (ca 1000 kg kärna per ha) behövliga kvävet tar ut den ökade N-efterverkningen. För att bättre beskriva hur N-optimum till höst- eller vårsäd efter sockerbeter påverkas i jämförelse med förfrukt stråsäd under nutida förhållanden behövs förfruktsförsök med båda förfrukterna på samma plats och med stigande N-givor till grödan efter bägge.

**) Uppgifter avseende vårkorn baserade på data från bl.a. försöken i serien L3-2275 i Skåne (M. Olsson, pers. medd.), se s. 12.*

Efterverkan av potatis

Utöver äldre undersökningar av efterverkan av potatis redovisade av Ohlander (1988) finns det knappast några studier av detta slag i Sverige från senare år med stråsäd som eftergröda. En mindre undersökning ingående i ett potatisprojekt i Halland har emellertid redovisats av Lindgren et al. (2007).

Detta gäller två försök (2003-2004 och 2004-2005) på försöksgården Lilla Böslid i södra Halland med olika potatisled (A-H avseende skilda kvävegödslings- och kupningsåtgärder), där kväveutlakningen studerades i jämförelse med vårvete (led I). Efterverkan av potatisen och vårvetet undersöktes vid odling av vårkorn året därpå. Potatisgrödan hade i flertalet led tillförts 130 kg N/ha och vårvetet lika mycket. Kornet året efter gödslades med 80 kg N/ha, men i ett potatisled (E) och i vårveteledet (I) delades varje parcell i två delar: en kvävegödslad delruta och en ON-ruta (utan N-gödsling till kornet). I ON-rutorna provtogs korngrödan vid mognad för bestämning av kväveupptaget och beräkning av utnyttjbart jord- och förfruktskväve efter de båda förfrukterna (tabell 15).

Med kvävegödning (80 kg N/ha) blev kornskörden betydligt större efter potatis än efter vårvete (tabell 15). Utan N-gödning var emellertid skillnaderna i kornskördarna obetydliga förfrukterna emellan. Den goda avkastningen efter N-gödning bör kunna förklaras av att potatisen fungerat som avbrottsgröda och haft en sanerande effekt (Lindgren et al., 2007).

Tabell 15. Efterverkan av potatis i jämförelse med vårvete i två utlakningsförsök vid Lilla Böslid i södra Halland (efter Lindgren et al., 2007). I försök 1 och 2 var 2004 respektive 2005 efterverkansår. Beräkningarna baseras på hittills ej publicerade grunddata.

Förfrukter odlade 2003 (försök 1) och 2004 (försök 2)	Utnyttjbart jord- och förfruktskväve, kg N/ha*		Kärnskörd, kg/ha, utan N-gödning till kornet		Kärnskörd, kg/ha, efter tillförsel av 80 kg N/ha till kornet	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Vårvete (led I)	49	28	2120	1640	4450	3730
Potatis (led E)	53	25	2520	1430	5470 (+1020)**	4600 (+870)**

*) Uppskattat på basis av grödprovtagning genom klippning av grödan i mindre rutor.

***) Medelskörd av korn i alla tidigare potatisled (A-H): försök 1: 5090 kg/ha (+640) och i försök 2: 4710 kg/ha (+980).

Att denna verkan knappast kom till uttryck, när kornet odlades utan kvävegödning, tycks kunna bero på kvävebrist i marken, särskilt under växtsäsongen 2005. Under efterverkansåren 2004 och 2005 i respektive försök fanns bara i storleksordningen 50 och 25 kg jord- och förfruktskväve per ha som kornet kunde utnyttja (tabell 15), utan påtagliga skillnader beroende på förfrukt. De små mängderna utnyttjbart jord- och förfruktskväve kan jämföras med generella värden baserade på undersökningar på djur- och växtodlingsgårdar: omkring 80 respektive 60 kg N/ha i form av växttillgängligt kväve från marken (Lindén, 1987a).

Resultaten från dessa båda försök tyder som framgått på att potatis inte skulle ha bättre N-efterverkan än stråsäd. En förklaring kan vara att potatisblasten redan vid tiden för blastdödning bara innehöll i storleksordningen 10-20 kg N/ha (Lindgren et al., 2007) och att blasten får anses vara lättnedbrytbar. Detta bör ha lett till att frigjort kväve efter potatisen i stor utsträckning kan ha förlorats under vinterhalvåret genom utlakning och andra förluster, eller i vart fall i hög grad vaskats ned under rot djup och därmed blivit oåtkomligt för kornet.

Detta kan avspegla förhållandena i ett mildt kustklimat med hög nederbörd som på Lilla Böslid i Halland. Det är annars känt att de övervintrande mineralkväveförråden efter potatis ofta är större än efter stråsäd (se t.ex. Lindén et al., 1999). Är då vintrarna också kallare och jorden frusen under längre vinterperioder, stannar mer av detta kväve kvar inom rotzonen fram till våren. Längre norrut i landet bör man därför kunna få en mer positiv kväveefterverkan av potatis. Detta torde dock inte vara undersökt. Enligt Arne Ljungars, Hushållningssällskapet Kristianstad, finns det ej heller några andra moderna undersökningar av efterverkan av potatis i Sydsverige.

Danska undersökningar (Knudsen et al., 2002, se nedan) visar inga större skillnader i optimala N-givor till stråsäd efter potatis i jämförelse med förfrukt stråsäd. Resultaten i två av Knudsen et al. (2002) redovisade försökssammanställningar divergerar dock, dels -11 kg N/ha och dels +11 kg N/ha i ändrad optimal N-gödning.

Slutsatser. Undersökningarna vid Lilla Böslid i Halland tyder på att potatis som förfrukt till vårkorn kan ge skördeökningar på 600-1000 kg kärna per ha vid adekvat N-gödning till kornet (Lindgren et al., 2007). Detta överensstämmer väl med äldre svenska undersökningar (Ohlander, 1988), där merskördarna av stråsäd blev 800-1000 kg/ha större än med förfrukt stråsäd. Eftersom potatisen däremot inte hade någon positiv N-efterverkan i jämförelse med förfrukt vårmete, bör den skördeökande effekten kunna tillskrivas en sanerande verkan i växtföljden. Vanligen är emellertid de outnyttjade mineralkväveförråden i marken efter skörd av potatis större än efter stråsäd. I ett mildt klimat som i sydvästra Götaland utlakas detta kväve lätt, medan det även på sandjord kan finnas kvar mer mineralkväve i rotzonen på våren i landsdelar med kallare vintrar och mindre vinternederbörd. Sådant övervintrande mineralkväve bör då bidra till bättre N-efterverkan efter potatis än efter stråsäd. För att beskriva hur N-optimum till vårsäd efter potatis påverkas jämfört med förfrukt stråsäd i olika landsdelar behövs nya förfruktsförsök med båda förfrukterna och med stigande N-givor efter bäge.

Danska undersökningar av efterverkan av olika huvudgrödor

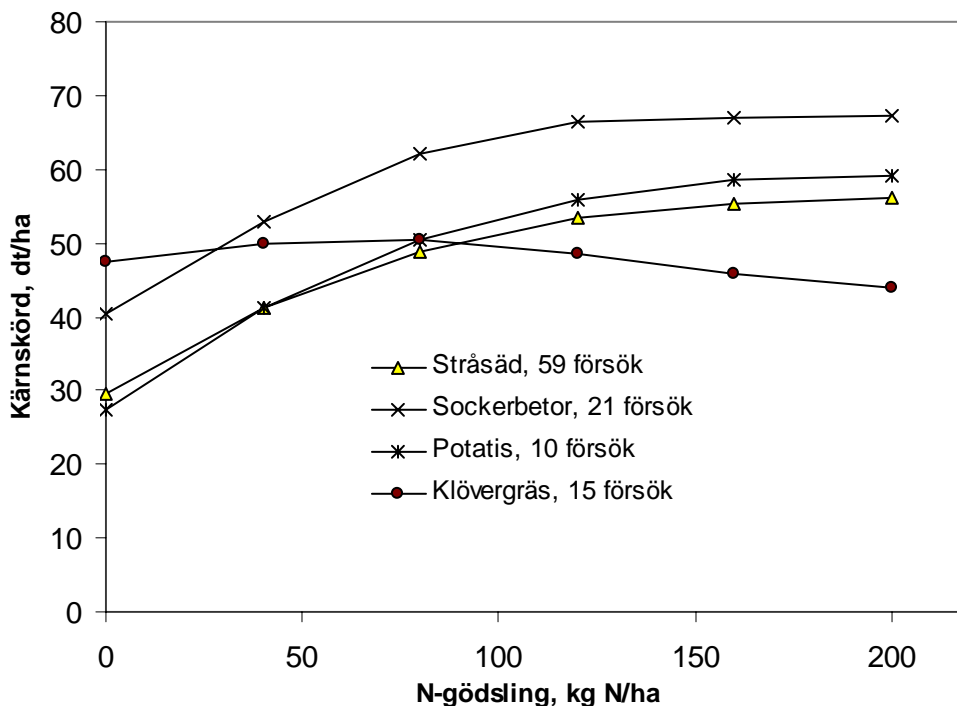
Försök 1997-2001 i Danmark med stigande N-givor till vårkorn redovisas i figur 2. Det framgår av resultaten (Knudsen et al., 2002), att de skördeskillnader som fanns för korn efter de olika förfrukterna stråsäd, sockerbetor och potatis i stort sett blev oförändrade vid stigande N-givor upp till 200 kg N/ha till kornet. Detta tyder på att förfruktseffekterna efter sockerbetor och potatis kan ha att göra med sjukdomssanerande verkningar av dessa grödor eller sammanhänger med andra avkastningspåverkande faktorer än kvävetillgång och således bara delvis beror på skillnader i kväveefterverkan. Försöken var emellertid belägna på olika platser, så att förfrukterna sålunda inte fanns närvarande samtidigt på en och samma försökslokal. Förfrukt sockerbetor gav vid ekonomiskt optimal N-gödning en kornskörd på närmare 1200 kg/ha mer än med stråsäd som förfrukt, och ändå blev den optimala N-givan i medeltal 7 kg N/ha mindre. Efter potatis gav kornet vid optimum en merskörd på knappt 400 kg/ha jämfört med stråsäd, och N-optimum låg i genomsnitt 11 kg N/ha högre.

Ett delvis mer omfattande försöksmaterial (1993-2002) från Danmark (Knudsen et al., 2002) med skördeskillnader och beräknade optimala N-givor vid odling av vårkorn efter olika förfrukter redovisas i tabell 16. Där framgår att kornet gav en betydande merskörd efter sockerbetor i jämförelse med stråsäd som förfrukt. Skillnaden krympte dock något vid stigande N-givor. Den optimala N-gödslingen efter sockerbetor blev trots betydligt större kornskörd i medeltal 23 kg N/ha lägre än efter stråsäd. Efter potatis blev den optimala N-givan till kornet genomsnittligt 11 kg N/ha mindre än med förfrukt stråsäd, medan skillnaderna i de optimala kornskördarna blev ganska små.

Tabell 16. Inverkan av olika förfrukter och stigande N-givor till vårkorn på skördeutbytet (dt/ha) och på de ekonomiskt optimala N-givorna (kg N/ha). Försök 1993-2002 i Danmark. Efter Knudsen et al. (2002).

Förfrukt	Antal försök	Kärnskördar vid stigande N-givor						Optimal N-giva
		0	40	80	120	160	200	
Stråsäd	61	28,9	40,8	48,8	53,7	55,6	56,7	139
Sockerbetor	43	41,7	53,5	61,3	64,6	65	66,3	116
Potatis	24	27,9	42,0	50,1	54,0	54,9	54,9	128
Klövergräs	21	46,7	49,8	50,1	48,4	48,1	-	37

I danska försök med höstvet (tabell 17) blev den genomsnittliga, ekonomiskt optimala N-givan till vete efter höstraps 40 kg N/ha mindre än efter stråsäd som förfrukt, trots att kärnsköörden blev drygt 500 kg/ha större efter rapsen. Med förfrukt ärter och gräsfrövall blev N-optimum i medeltal 28 respektive 18 kg N/ha lägre än med förfrukt stråsäd, men med ganska lika optimala avkastningsnivåer.



Förfrukt	Mineralkväve i rotzonen på våren, kg/ha	Optimal N-giva, kg/ha	Optimal kärnsköörd, dt/ha
Stråsäd	40	133	56,4
Sockerbetor	47	126 (-7)	68,1
Potatis	29	144 (+11)	60,0
Klövergräs	48	33 (-100)	51,1

Figur 2. Efterverkan av olika förfrukter och inverkan av stigande N-givor (kg N/ha) på kärnsköördarna (dt/ha) i danska försök 1997-2001 vid odling av vårkorn som eftergröda (efter Knudsen et al., 2002). Mineralkväve i marken på våren samt ekonomiskt optimala N-givor och kärnsköördar anges i tabellen under diagrammet.

Tabell 17. Inverkan av olika förfrukter på de ekonomiskt optimala N-givorna (kg N/ha) till höstvet och på kärnsköördarna (dt/ha) vid optimum. Försök 1993-2002 i Danmark. Efter Knudsen et al. (2002).

Förfrukt	Antal försök	Optimal N-giva	Skördeutbyte vid optimum
Stråsäd	233	168	78,4
Höstraps	50	128 (-40)	83,5
Ärt (da. markært)	61	140 (-28)	76,1
Gräsfrövall (da. frøgræs)	20	150 (-18)	79,9

Efterverkan av fältmässigt odlade grönsaker

Särskilt vid ekologisk odling av frilandsgroönsaker finns det behov av att ta hänsyn till den föregående kulturens eller grödans efterverkan. Exempelvis kan vallväxter utnyttjas som för grüngödsling vid grönsaksodling, vilket beskrivits av B. Båth i avsnittet "Grüngödsling i odlingsystem med frilandsgroönsaker" i rapporten "Baljväxters kväveefterverkan och betydelse för kväveförsörjningen i ekologiskt lantbruk" (Wetterlind et al., 2005). Omvänt bör efterverkan av fältmässigt odlade grönsaker beaktas, inte minst där eftergrödorna utgörs av stråsåd eller andra "normala" jordbruksgrödor. Mängden skörderester och deras kväveinnehåll kan påverka N-efterverkan, vilket enligt Dragland et al. (1995) tydligt är fallet med huvudkål. Mängderna skörderester efter grönsaker och kvävemängderna i dem är varierande men ofta stora. Detta framgår av uppgifter redovisade av Båth et al. (1999), som avser normal skördenivå och som här kort återges:

Gröda	Blomkål	Vitkål	Kålrot	Kepalök	Bönor	Konservärter	Morot	Rödbeta	Sallad
Skörderester, ton/ha	30	40	20	10	20	35	20	15	5
N i skörderester, kg/ha	125	150	80	39	90	152	60	36	20

Den effekt som grönsaksgrödor och deras växtrester kan ha på eftergrödorna i vanligt jordbruk (konventionellt eller ekologiskt) synes inte ha studerats systematiskt i Sverige. Därför hänvisas här till undersökningar i nordiska grannländer, utförda i konventionell odling.

I Norge studerades efterverkan av *huvudkål* av Dragland et al. (1995) i tre olika fältförsök i den sydöstra delen av landet. I ett av dem undersöktes efterverkan med och utan bortförsel av växtresterna och med vårvete som eftergröda. I ett annat försök studerades kålens effekt i jämförelse med vete som förfrukt till eftergrödan vårvete. I det tredje försöket, som genomfördes på två platser, jämfördes förfrukterna huvudkål och korn vid odling av vårvete, korn och potatis som olika eftergrödor i samma försök. Efterverkan av kål studerades i alla tre försöken vid tillförsel av stigande kvävegivor till eftergrödan enligt varierande planer. Man fann att huvudkål efterlämnade kväverika växtrester, med ett N-innehåll motsvarande 90-250 kg N/ha. Kväveefterverkan av växtresterna visade sig motsvara en kvävegiva på ca 50 kg N/ha i form av NPK-gödsel i det första och andra försöket. I det tredje försöket, vilket som nämnts genomfördes på två platser, blev den optimala N-givan efter förfrukt korn 120 kg N/ha till både korn och vårvete (som eftergröda), men efter huvudkål sjönk optimum till 0 respektive 40 kg N/ha. Slutsatsen drogs av de olika försöken, att gödslingsvärdet efter huvudkål uppgick till 50-100 kg N/ha. Det fanns ett visst samband mellan kväveefterverkan och mängderna kvarlämnade växtrester. Plöjning på hösten efter kålskoriden visade sig påverka nedbrytningen av växtresterna, med ökad kvävefrigörelse som följd, varför senareläggning av plöjningen kunde anses vara befogad för att minska risken för N-förluster.

I en annan undersökning i sydöstra Norge (Riley, 2002) undersöktes efterverkan av blomkål, kålrötter, lök och ärter i jämförelse med havre vid odling av vårkorn och potatis i två fältförsök och med stigande mängder mineralgödselkväve till dessa båda eftergrödor. Växtresternas innehåll av kväve varierade med slaget av kultur, med störst mängd efter blomkål och minst efter lök (tabell 18). Efter skörden visade sig mineralkväveförråden (0-60 cm djup) vara störst efter lök och konservärter (64 respektive 49 kg N/ha). Efter blomkål, kålrot och ärter till mogen skörd översteg de mängderna efter havre med i medeltal 6-12 kg N/ha. Fram till den

efterföljande våren ökade mineralkvävmängderna, utom efter lök och konservärter, där de ju var störst efter skörden.

Tabell 18. Kväve i växtrester kvarlämnade efter olika grönsakskulturer samt mineralkväve i marken efter skörden och under den efterföljande våren. Medeltal för två 2-åriga försök i sydöstra Norge 1995/96 och 1996/97. Efter Riley (2002).

Kultur under förfrukts- året	Kväve i växtresterna, kg N/ha	Mineralkväve, 0-60 cm djup, kg N/ha	
		Efter skörd	Följande vår
Blomkål	111	37	61
Kålrot	86	34	43
Lök	21	64	59
Konservärter	54	49	44
Mogna ärter	44	40	62
Havre	-	28	32

Under efterverkansåret (försöksår 2) blev kornskördarna större efter alla grönsakskulturerna än efter förfrukt havre (tabell 19). Skördeökning uppkom vid alla stigande N-givor (0, 40, 80 och 120 kg N/ha) till kornet, även om de i viss mån avtog med N-gödslingen storlek. Mer-skördarna efter de olika grönsakskulturerna blev ganska lika. Riley (2002) beräknade den motsvarande mineralgödselkvävmängden för att uppnå samma kornskörd efter havren år 1 till omkring 40 kg N/ha för alla grönsaksslagen (ärter, kålrot, blomkål och lök), oberoende av N-gödslingsnivå till kornet år 2.

Tabell 19. Kärnskörd samt kväveinnehåll i kärna och halm hos vårkorn odlat efter olika grönsakskulturer, i jämförelse med förfrukt havre, medeltal för olika N-gödslingsnivåer till kornet (0, 40, 80 och 120 kg N/ha). Efter Riley (2002). Vidare har kväveefterverkan av de olika kulturerna beräknats i jämförelse med förfrukt havre.

	Kultur eller gröda under förfruktsåret				
	Havre	Ärter	Kålrot	Blomkål	Lök
Kärnskörd av kornet, kg/ha	3860	+740	+740	+710	+950
N i kärna+halm, kg N/ha	55,2	+13,9	+16,0	+16,5	+20,6
N-efterverkan, kg N/ha*	-	+18,5	+21,3	+22,0	+27,4

*) Beräkning som här har gjorts på basis av uppgifter om mängden kväve i kärna och halm enligt Riley (2002) under antagande att kornets rötter innehöll 25 % av kvävmängden i hela korngrödan.

Här görs ett djärvt försök att på basis av kornets N-innehåll i de ovanjordiska växtdelarna (tabell 19) beräkna N-mängden i hela korngrödan efter de olika förfrukterna. Syftet är att försöka jämföra resultaten enligt Riley (2002) med efterverkan av "egentliga" jordbruksgrödor i denna rapport. För detta antas, att kornets rötter innehöll 25 % av kvävmängden hela grödan (se ovan), oberoende av N-gödslingsnivå och förgröda. Beräkningarna tyder på, att kornet kunde utnyttja 19-27 kg N/ha mer (i form av utnyttjbart jord- och förfruktskväve) efter grönsakskulturerna än efter havren (tabell 19). Efterverkan av ärter tycks här vara ungefär i nivå med ovan redovisade svenska undersökningar (Lindén, 1987a; Lindén & Engström, 2006). De beräknade N-efterverkningarna är dock mindre än de av Riley (2002) redovisade värdena (omkring 40 kg N/ha) för motsvarande mineralgödselkvävmängder till kornet efter havre för att uppnå samma avkastning. En förklaring är att gödselkvävet verkningsgrad inverkar på

gödslingsbehovet. En annan trolig orsak är den sanerande inverkan som grönsakskulturerna kan ha medfört i jämförelse med stråsäd och den skördeökning detta bör ha gett upphov till, vid en och samma N-gödslingsnivå till kornet efter både grönsaker och havre.

Nygaard Sørensen (1993) i Danmark studerade kvävegödslingsbehovet till lök, kål och morötter med N_{\min} -metoden som gödslingsmodell. Härvid bestämdes den totala optimala kvävetillgången som summan av 1) mineralkväve inom ett grödspecifikt markdjup vid gödslingstillfällena och 2) gödselkvävemängd (tabell 20). Undersökningarna skedde med två förfrukter: korn och kål (vitkål, blomkål). Det rotdjup, inom vilket löken kunde ta upp kväve, sattes till 50 cm och för kål till 100 cm. Växtresterna efter förfrukt kål lämnades kvar på marken. Dessa innehöll 130-190 kg N/ha. Eftergrödorna lök, vitkål och morötter tillfördes stigande N-givor (fyra nivåer), uppdelat på två tidpunkter.

Tabell 20. Kvävetillgång för maximal skörd av lök, kål (vitkål och blomkål) samt morötter och optimal kvävetillgång avseende summan av 1) mineralkväve i marken vid gödslingstillfällena och 2) optimal mängd gödselkväve till dessa kulturer efter förfrukterna korn och kål (efter Nygaard Sørensen, 1993).

Grönsakskultur	Kvävetillgång vid maximal skörd enligt tillämpad N_{\min} -metod, kg N/ha	Optimal N-tillgång (kg N/ha) efter...	
		... korn	... kål (vitkål, blomkål)
Lök	220	187	137
Kål	320	290	199
Morötter	60	19	0

Växtresterna efter kål anses mycket lättnedbrytbara, och resultaten visade att mineralkväveförråden (0-100 cm djup) på våren under efterverkansåret var omkring dubbelt så stora efter kål som efter korn. Mineralkvävemängderna ökade ytterligare längre fram under växtsäsongen. Eftergrödorna lök, vitkål och morötter utnyttjade mineralkväveförråden olika, vilket medförde skillnader i kväveefterverkan och gödselkvävebehov hos dessa växtslag efter de båda förfrukterna korn och kål. Sålunda blev det optimala gödselkvävebehovet för lök, vitkål och morötter 50, 90 respektive 20 kg N/ha mindre efter kål än efter korn (tabell 20).

Efterverkan av fånggrödor eller mellangrödor insådda på våren i vårsådda huvudgrödor – för minskad utlakning eller för gröngödslingsändamål

I odlingsystem i Sverige med ettåriga grödor såsom stråsäd är marken huvudsakligen be vuxen endast under senvåren och sommaren. Detta innebär att kvävet i jorden bara utnyttjas av grödorna under 3-4 månader. Under resten av året finns då ingen levande, kväveupptagande växtlighet utom ogräs och grodd spillsäd. Detta kan leda till större N-förluster, eftersom N-mineraliseringen under den vegetationslösa årstiden är förhållandevis stor (tabell 21).

Genom odling av fånggrödor kan utlakningen i stor utsträckning minskas. Det utlakningsbara kväve som inlagrats i fånggrödor under hösten bör också bidra till efterföljande grödas kväveförsörjning. Kväveefterverkan ökar, om baljväxter såsom klöverarter används som fånggrödor ensamma eller i blandning med gräsarter. De nuvarande reglerna i Sverige för ekonomisk ersättning till odling av fånggrödor tillåter dock ur N-utlakningssynpunkt inte baljväxter i

renbestånd som fånggröda. Högst 10 % klöver får ingå i utsädet och fånggrödorna måste då plöjas ned på våren. Avstår man från möjligheten till ersättning för fånggrödor, kan man i ekologisk odling så in vit- eller rödklöver som mellangrödor och plöja ned dem på hösten eller våren och få ett kvävetillskott till den efterföljande grödan. Mellangrödor innehållande klöver kan i ekologisk odling exempelvis ersätta ärter ur kväveförsörjningssynpunkt, där dessa återkommande drabbas av ärtrotträta eller andra skador, vilket ofta uppkommer på lerjordar under våta förhållanden.

Tabell 21. Kväve mineralisering under olika årstider, utnyttbart jordkväve och totalkväveutlakning i försöksled med stubbearbetning efter skörden och plöjning på senhösten. Resultat från utlakningsförsök vid Mellby i Halland samt Lanna och Fotegården i Västergötland. Källor: Lindén et al., 1993a, 1993b och 1999.

Plats	Kväve mineralisering (kg N/ha) under...			Jordkväve som utnyttjats av grödan (kg N/ha)	Utlakning, kg N/ha
	växt-säsongen	den vegetationslösa årstiden	hela året		
Mellby, Halland, grovmo 1989/90 – 1991/92	53	57	110	65	53
Lanna, Västergötland, styvelera, 1988/89 – 1992/93	63	34	97	92	3
Fotegården, Västergötland, sandig mo, 1993/94 – 1997/98	28	39	67	41	28

Tvååriga försök med odling av fånggrödor - effekter av en fånggröda odlad något enstaka år i växtföljden

Kväveefterverkan av klöverarter i jämförelse med rajgräs som insådda fånggrödor eller mellangrödor framgår av resultat från tvååriga fältförsök 1989-1992 utförda av Wallgren & Lindén (1993) med fånggrödor som såtts in på våren i vårkorn. I försöken ingick insädd av rödklöver (utsädesmängd: 8 kg/ha), vitklöver (5 kg/ha), engelskt rajgräs (10 kg/ha) samt en blandning av rödklöver och engelskt rajgräs (3 respektive 9 kg/ha). Efterverkan av dessa jämfördes med ett led utan fånggröda och med stubbearbetning efter skörden av huvudgrödan (korn). Halmen bortfördes efter skörden i alla led. Efter skörden av kornet under insåningsåret (år 1) delades rutorna i tre delar, som plöjdes vid en av följande tre tidpunkter:

- Tidig höst (medeldatum: 6 oktober)
- Sen höst (medeldatum: 20 november)
- Tidig vår (medeldatum: 25 mars), dock grund jordbearbetning på lerjord.

Fram till senhösten år 1 hade fånggrödorna i 22 fältförsök i medeltal producerat följande mängder ovanjordiskt växtmaterial (som torrsubstans) och tagit upp följande kvävemängder:

Fånggröda	Ts-produktion, kg/ha	Kväveinnehåll, kg/ha, i de ovanjordiska växtdelarna
Rödklöver	940	26 (3-90)
Vitklöver	760	23 (<1-79)
Engelskt rajgräs	1040	24 (4-55)
Rödklöver och engelskt rajgräs	1320	32 (5-68)

Tabell 22. Inverkan av olika fånggrödor på mängderna mineralkväve i marken (kg N/ha, 0-90 cm djup) under vinterhalvåret samt på kvävemineralisering (kg N/ha), utnyttjbart jordkväve (kg N/ha) och kärnskördar (kg/ha) av korn under den efterföljande växtsäsongen i tvååriga fältförsök 1989-1992. Efter Wallgren & Lindén (1993).

Antal försök	Fånggröda				
	Utan fånggröda	Rödklöver	Vitklöver	Engelskt rajgräs	Rödklöver och eng. rajgräs
Mineralkväve vid huvudgrödans gultmognad år 1					
21	44	44	43	38	38
Mineralkväve på senhösten år 1 (medeldatum: 20 nov.)					
<i>Efter plöjning tidigt på hösten</i>					
20	59	-	-	-	50
<i>Ännu ej plöjd mark, före senhöstplöjning</i>					
22	55	52	54	36	36
Mineralkväve tidigt på våren år 2 (medeldatum: 2 april)					
<i>Efter plöjning tidigt på hösten</i>					
22	68	-	-	-	66
<i>Efter plöjning sent under föregående höst (medeldatum 20 nov.)</i>					
22	64	74	74	59	64
<i>Mark som ännu ej plöjts vid vårprovtagningen (medeldatum: 2 april)</i>					
22	57	58	57	37	40
Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen år 2 (tidig vår – gultmognad)					
<i>Efter plöjning tidigt på hösten</i>					
7	49	-	-	-	63
<i>Efter plöjning sent under föregående höst</i>					
7	56	79	95	66	71
<i>Efter vårplöjning</i>					
7	59	87	91	62	73
Utnyttjbart jordkväve år 2 (summa utnyttjat mineralkväve i marken på våren och N-mineraliseringsstillskott under växtsäsongen därefter)					
<i>Efter plöjning tidigt på hösten</i>					
7	70	-	-	-	86
<i>Efter plöjning sent under föregående höst</i>					
7	75	105 (+30)	110 (+33)	81 (+6)	90 (+15)
<i>Efter vårplöjning</i>					
7	66	105 (+39)	98 (+32)	62 (-4)	75 (+9)
Kärnskördar av korn år 2, efter tillförsel av 80 kg N/ha som mineralgödsel på våren					
<i>Efter plöjning tidigt på hösten</i>					
7	3710	-	-	-	3980
<i>Efter plöjning sent under föregående höst</i>					
7	3990	4620 (+630)	4400 (+410)	4350 (+360)	4520 (+530)
<i>Efter vårplöjning</i>					
7	3900	4120 (+220)	4190 (+290)	3320 (-580)	3640 (-260)

År 2 studerades efterverkan vid odling av vårkorn. Mängderna mineralkväve i marken från huvudgrödans gulmognad år 1 till våren år 2 samt kväve mineraliseringen i marken under kornets växtsäsong år 2 påverkades starkt av fånggrödeslag och plöjningstidpunkt (tabell 22).

Av resultaten i tabell 22 framgår att kväveefterverkan (år 2) av rödklöver och vitklöver som fånggrödor uppgick till ca 30-40 kg N/ha i jämförelse med mark som stubbearbetats efter skörden (utan fånggröda). Till skillnad från engelskt rajgräs och blandningen av rödklöver och rajgräs förmådde klöverarterna i renbestånd inte att minska mineralkväveförråden på hösten. Slutsatsen var att klöverarter som mellangrödor i renbestånd inte är lämpliga, om syftet är att minska kväveutlakningsrisken. Med engelskt rajgräs blev däremot N-efterverkan obetydlig efter höstplöjning och rentav svagt negativ efter vårplöjning. Efter rajgräset tycktes även N-mineraliseringen under växtsäsongen år 2 bli i stort sett lika liten som i ledet utan fånggröda. Insådd av en blandning av rödklöver och engelskt rajgräs gav en N-effekt på 10-15 kg N/ha, dvs. ca hälften jämfört med klöverarterna i renbestånd. Kväveefterverkan tenderade här att bli något svagare efter vårplöjning eller ytlig bearbetning på våren.

Kärnskördarna av kornet år 2 blev störst efter klöverarterna (tabell 22), särskilt efter höstplöjning, och avspeglar den förbättrade tillgången på utnyttjbart jordkväve. Efter rajgräs och höstplöjning uppkom en skördeökning på närmare 400 kg/ha, men efter vårplöjning blev det istället en påtaglig skördeminskning. Även efter nedplöjning på våren av blandningen av rödklöver och rajgräs uppkom en viss skördesänkning.

Kväveefterverkan av rödklöver och vitklöver som fånggrödor, som nämnts ca 30-40 kg N/ha, motsvarar mineralgödselkvävegivor i storleksordningen 40-53 kg N/ha, om gödselkvävet verkningsgrad enligt ovan sätts till 75 %. Detta kan jämföras med en studie av Børresen (1994) i Norge, som visade lika stora skördar efter mellangrödor innehållande klöver eller klöver+rajgräs som utan mellangröda och med en N-gödsling motsvarande 60 kg N/ha.

Försök med årlig odling av fånggrödor under en följd av år

Beck-Friis et al. (1994) fastställde positiv kväveefterverkan av italienskt rajgräs som fånggröda, insått årligen i vårsäd med utsädesmängder på 15-19 kg/ha i ett femårigt fältförsök på en måttligt mullhaltig sandig mo vid Mellby i södra Halland (tabell 23). I detta försök ingick även rödklöver som insådd fånggröda (10 kg utsäde per ha) och vitsenap som eftersådd fånggröda (10 kg/ha, medelsådatum 11/9). De jämförelsevis stora utsädesmängderna medförde att fånggrödorna blev kraftiga på hösten. Under senhöstarna innehöll rajgräset och rödklövern i storleksordningen 35-40 kg N/ha respektive 40-45 kg N/ha, medan vitsenapen då bara tagit upp omkring 10-15 kg N/ha. Kväveefterverkan undersöktes årligen genom provtagning i ettåriga 0N-rutor (utan N-gödsling och utan insådd under det aktuella året). De på så sätt bestämda mängderna utnyttjbart jord- och förfruktskväve redovisas i tabell 23.

De förhållandevis kraftigt växande insådderna, etablerade med utsädesmängder motsvarande vallanläggning, konkurrerade gentemot huvudgrödorna (vårsäd), som drabbades av 2-9 % skördesänkning. N-efterverkan blev störst efter vårplöjning, troligen genom mindre N-förluster under vintern. Rödklövernens N-effekt blev efter höstplöjning i medeltal 32 kg N/ha och efter vårplöjning 44 kg N/ha. Rajgräsets kväveefterverkan blev ca hälften så stor, vilket motsvarade omkring halvparten av denna fånggrödans N-innehåll på senhösten. Ingen nämnvärd N-efterverkan uppkom efter vitsenapen, som såetts in på sensommaren-förhösten efter spannmålsskörden.

Tabell 23. Utnyttjbart jord- och förfruktskväve (kg N/ha) efter olika fånggrödor i ett femårigt fältförsök med vårstråsäd på sandig mojord i södra Halland (Beck-Friis et al., 1994). Medeltal för åren 1988-92.

	Utan fånggröda	Italienskt rajgräs	Rödklöver	Vitsenap
Efter höstplöjning	66	81 (+15)	98 (+32)	66 (± 0)
Efter vårplöjning	61	80 (+19)	105 (+44)	57 (-4)

Hansen & Djurhuus (1997) fann i ett fältförsök med vårkorn och med årlig insådd av rajgräs som fånggröda i drygt 20 år på sandjord vid Jyndevad i södra Danmark, att 11-23 kg N/ha kunde sparas vid kvävegödslingen på våren. Trenden var att störst N-mängd kunde sparas efter höstplöjning, vilket ungefär motsvarade den kvävemängd som fånggrödan tagit upp.

Även i ett fältförsök på en mojord vid Fotegården i Västergötland uppkom ökad kväveleverans från marken i led med rajgräs (engelskt rajgräs, utsädesmängd: 8-10, senare 7 kg/ha) som årligen återkommande fånggröda i en växtföljd med vårsådda grödor (Lindén et al., 1999). Mängderna utnyttjbart jordkväve i olika led utan fånggröda utgjorde under åren 1993-1998 i medeltal 41 kg N/ha och i leden med fånggröda 50 kg N/ha, dvs. 9 kg/ha mer. Under åren därefter t.o.m. 2002 fastställdes 13 kg N/ha*år mer utnyttjbart jordkväve i fånggrödeleden (Aronsson et al., 2003). Rajgräset innehöll i medeltal 11-17 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna (Lindén et al., 1999; Aronsson et al., 2003). Senhöst- eller vårplöjning tycktes inte ha någon betydelse för rajgräsets N-efterverkan.

Som ett exempel från Skåne med avseende på insådd av engelskt rajgräs som fånggröda i vår-säd (korn) kan nämnas undersökningar av Aronsson & Torstensson (2003) i ett långvarigt utlagningsförsök på moränlättilera vid Lönnstorp nära Lund. Rajgräsets ovanjordiska växtdelar innehöll där som ledvisa medeltal 17 och 18 kg N/ha på senhösten. Rajgräs insått i växande höstvetete tog under hösten efter veteskörden upp i genomsnitt 16 kg N/ha.

I ett utlagningsförsök på sandig mojord vid Mellby i Halland hade till att börja med (1989-1991) rajgräs som insådd fånggröda (utsädesmängd: 8 kg/ha) i vårsådda grödor ingen tydlig inverkan på kväveeffekten i form av utnyttjbart jordkväve i en jämförelse mellan två led med tillförsel av 90 kg N/ha*år i form av mineralgödselkväve (Lindén et al., 1993b), men detta ändrades med åren. Under perioden 1998-2002 uppgick de utnyttjbara mängderna jordkväve till 47 kg N/ha*år utan fånggröda och till 52 kg N/ha*år med engelskt rajgräs som fånggröda (Aronsson et al., 2003). Rajgräset innehöll på senhösten i medeltal 20 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. I led som årligen tillfördes flytgödsel på hösten tog rajgräset under åren 1998-2002 upp 50-60 kg N/ha*år (i ett par fall 90-100 kg N/ha) i de ovanjordiska växtdelarna, vilket visar det engelska rajgräsets kapacitet att ta upp kväve från marken på hösten i ett mildt kustklimat såsom i södra Halland. Aronsson (2000) visade i simuleringsundersökningar baserade på försöksled vid Mellby med årlig odling av rajgräs som insådd fånggröda, att netto-mineraliseringen av kväve ökade med i medeltal 10-20 kg N/ha under perioden april-juli efter nedbrukning av fånggrödan i mars-april. I försöksrutorna i fråga fastställdes det emellertid ett underskott på mineralkväve i marken på 10-30 kg N/ha på våren jämfört med led utan fånggröda och med höstplöjning. Därför påverkades den efterföljande grödans kvävetillgång svagt negativt av fånggrödan.

I vissa andra långvariga fältförsök med årlig insädd av rajgräs i vårsådda grödor har det emellertid inte kunnat fastställas någon tydlig inverkan av rajgräset på mängderna utnyttjbart jordkväve eller på skörden. Detta gäller bl.a. ett försök på lerjord vid Lanna i Västergötland (Lindén et al., 2006a), som avser perioden 1992-2000. Här hade fånggrödan engelskt rajgräs (utsädesmängd: 10 kg/ha) i medeltal för åren 1993-2000 bara tagit upp 9 kg N/ha*år fram till senhösten. I ett annat långvarigt fältförsök på lerjord vid Lanna, med bl.a. tidig och sen plöjning på hösten (Stenberg et al., 2005), ingick också engelskt rajgräs som fånggröda (utsädesmängd: 10 kg/ha), vilken årligen såddes in i vårsäd. Under perioden 1998-2005 innehöll rajgräset i medeltal bara 5 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna omedelbart före plöjning på senhösten, vilket kan jämföras med 1-2 kg N/ha i ogräs i ett parallell-led. Den svaga kväve-mineraliseringsförmågan i jorden på denna försöksplats tycks ha medfört förhållandevis små mängder frigjort kväve i marken under hösten, vilket kan förklara rajgräset ringa N-upptag. Under växtsäsongen (vår-gulmognad) uppgick mängderna för huvudgrödorna utnyttjbart jordkväve i fånggrödeledet i medeltal till 38 kg N/ha, vilket kan jämföras med 37 kg N/ha som medeltal för samtliga tio försöksled. Även i ett långvarigt fältförsök på lerjord vid Östad i närheten av Alingsås i Västergötland såddes rajgräs (italienskt och engelskt rajgräs, utsädesmängd: vanligen 10 kg/ha) in i vårsådda grödor, se Lindén et al. (1997). I ett led med konventionell jordbearbetning, med plöjning på senhösten, innehöll rajgräsets ovanjordiska växtdelar vid denna tidpunkt i medeltal 13 kg N/ha. Av spannmålsskördarna att döma uppkom ingen ökad N-efterverkan av rajgräset, troligen p.g.a. att detta genom sin tillväxt under växtsäsongen konkurrerade med huvudgrödorna om bl.a. kvävet i marken. Ej heller under ett särskilt efterverkansår, då ingen fånggröda såddes, kunde någon effekt på grödan av rajgräset iakttas.

Danska erfarenheter av N-efterverkan av fånggrödor

I Danmark har resultat av undersökningar av fånggrödors efterverkan utvärderats med avseende på inverkan av klimat ("vått" – "torrt"), gårdarnas driftsinriktning (<0,8 DE och >0,8 DE, dvs. djurenheter) samt jordartstyper. Beräkningarna har gjorts med två modeller (Berntsen et al., 2005). Den modellberäknade efterverkningen under första året efter en fånggröda befanns vara relativt beskedlig och varierade mycket: -4...+15 kg N/ha för gräsfånggrödor och 8-18 kg N/ha för korsblomstriga, eftersådda fånggrödor (t.ex. gulsenap som såtts efter skörd). Detta kväve är här uttryckt som handelsgödselkväveekvivalenter. Bäst N-efterverkan erhöles i "vått" klimat och på sandjordar. Man anser att "pre-emptive competition" spelar in på lerjordar, vilket betyder att fånggrödans N-upptag under hösten har reducerat mängden mineralkväve i marken på våren, så att mindre sådant kväve kan utnyttjas av den efterföljande grödan (se även nedan). På basis av försöksresultat har man värderat, att ca 30 % av N-innehållet i en rajgräsfånggröda mineraliseras under loppet av ett år, medan omkring 50 % av N-innehållet i en korsblomstrig fånggröda då frigörs. Den ackumulerade kväveefterverkningen *under det första till femte året* efter fånggrödor beräknades till i genomsnitt 17 kg N/ha i jordar på gårdar med mindre än 0,8 DE och till motsvarande 25 kg N/ha för gårdar med mer än 0,8 DE. Den genomsnittliga N-efterverkningen av gräsfånggrödor beräknades under en femårsperiod till 4-8 kg N/ha år 1, 7-9 kg år 2, 3-4 kg år 3, 2 kg år 4 och 1-2 kg N/ha år 5, uttryckt som handelsgödselkväveekvivalenter.

Fånggrödors kväveefterverkan – slutsatser

Medan klöverarter insädda i renbestånd i vårsäd kan ge en kväveefterverkan på 30-40 kg N/ha, ger uppenbarligen rajgräs bara en obetydlig effekt med avseende på den efterföljande grödans N-försörjning, när detta sås in ett enstaka år i växtföljden. Under det första året efter en raj-

gräsfånggröda kan kväveefterverkan variera mellan ca -5 och +15 kg N/ha, sämst efter vårplöjning. För att kombinera rajgräsets påtagligt goda utlakningsbegränsande effekt med klövers stora N-efterverkan är en blandning av klöver och rajgräs värd att användas.

De refererade svenska undersökningarna, där efterverkan av rajgräs studerats, tyder på större eller tydligare kväveeffekter på eftergrödan på lättare jordar än på lerjord. Det finns även en tendens till bättre N-efterverkan i försök i Skåne och Halland än längre norrut. Dessutom synes markens kvävemineriseringsförmåga spela en viss roll.

Sålunda fastställdes en förhållandevis stor N-efterverkan på sandig mojord vid Mellby i Halland (Beck-Friis et al., 1994), där fånggrödornas tillväxt och kväveupptag blev bättre än i de flesta andra fall (se ovan). Även på mojorden vid Fotegården i Västergötland blev N-efterverkan tydlig med åren. Däremot var det omöjligt att finna någon positiv effekt i de två fältförsöken på lerjord vid Lanna i Västergötland och i försöket på lerjord vid Östad i Västergötland. Särskilt på Lanna var de kvävemängder som tagits upp av rajgräsfånggrödan små eller ganska små, uppenbarligen till följd av liten kvävemineriseringsförmåga i marken genom ensidig spannmålsodling och ingen djurhållning i flera årtionden.

En generell förklaring till bättre N-efterverkan är större tillväxt hos fånggrödorna på hösten i ett mildare klimat (som i Halland) och vid större tillgång på mineraliserat kväve i jorden. Vidare kan den sämre N-efterverkningen på vissa lerjordar (som i Västergötland) troligen förklaras med s.k. pre-emptive competition, vilket som antytts innebär att fånggrödornas kväveupptag påtagligt minskat mineralkväveförrådet på hösten, så att mindre mängder än annars återfinns på våren. Detta minskar i sin tur mängden växttillgängligt kväve för den efterföljande grödan. Utan fånggröda blir trots allt kväveförlusterna under vintern på lerjord mindre än på lätt jord, och mineralkväveförråden brukar snarare öka under vintern, vilket exempelvis ägde rum i Lanna-försöken (Lindén et al., 1993a; Stenberg et al., 2005). Detta är en vanlig förekomst på lerjordar i Mellansverige (Lindén, 1981). Det finns då mer växttillgängligt mineralkväve i rotzonen under våren på mark utan fånggröda, medan det efter rajgräs normalt återfinns mindre mängder på våren p.g.a. denna fånggrödans N-upptagning under hösten. Om rajgräsets kväveupptag under hösten dessutom är litet såsom i försöken på Lanna, torde ej heller frigörelsen av kväve som härstammar från dess växtmaterial bli så stor under den efterföljande växtsäsongen, att det uppväger de större övervintrande mineralkväveförrådets N-effekt där ingen fånggröda funnits. I sådana situationer är det således svårt att försöksmässigt påvisa någon positiv N-efterverkan av en rajgräsfånggröda.

På sand- och mojord kan förhållandena bli annorlunda under nederbördsrika förhållanden genom att det mineralkväve som finns inom rotzonen på hösten i större utsträckning utlakas än på lerjord. Genom de större kväveförlusterna på sand- och mojord utan fånggröda, blir de kvarvarande mineralkväveförråden där jämförelsevis små på våren, vilket i sig minskar den efterföljande grödans kvävetillgång. Odlas däremot en fånggröda, tar denna normalt tillvara det mesta av detta utlakningsbara kväve, som istället förblir lagrat i organisk form över vintern. När en del av det kväve som tagits tillvara av fånggrödan frigörs under den följande växtsäsongen, kommer det den nya grödan till godo. Detta registreras då i försök som positiv N-efterverkan av fånggrödan – på lättare jord, till skillnad från lerjord.

Efterverkan av grüngödslingsgrödor och träda

Grüngödslingsgrödor

Grüngödslingsgrödor kan etableras på olika sätt: 1) som vallinsådd på våren i en stråsädesgröda, varefter grüngödslingsgrödan (*grüngödslingsvall*) får växa året därpå och sedan brukas ned inför höst- eller vårsådd, 2) som *ettårig grüngödslingsgröda*, som sås på våren i renbestånd (utan skyddssäd) och som efter växtsäsongen plöjs ned och sedan bidrar till efterföljande grödas växtnäringförsörjning samt 3) insådder i en stråsädesgröda, som utvecklas till en *mellangröda under hösten* och efter nedbrukning utnyttjas som grüngödsling.

Alternativ 1 är kostnadsbesparande genom att insådden sker i en annan gröda (skyddsgröda). Eftersom grüngödslingsgrödan här brukar utgöras av traditionella vallväxter såsom klöverarter med eller utan gräsinslag, kan efterverkan efter vallbrott bli god genom stor tillväxt och kväveanrikning i växtmaterialet under vallåret. Alternativ 2 med ettåriga grüngödslingsgrödor kräver särskild jordbearbetning och etablering (som en "vanlig" vårgröda). Man har provat ett flertal olika, närmast ettåriga växter såsom gul senap, blodklöver, perserklöver m.fl. Alternativ 3 med mellangrödor gör det möjligt att varje år odla en inkomstbringande gröda, medan man med alternativ 1 och 2 förlorar intäkten under det "trädesår" då grüngödslingsgrödan odlas. I ett praktiskt sammanhang får alternativ 1 och 3 bedömas som de mest realistiska. Alternativ 3 har redan delvis belysts i avsnittet ovan om odling av fånggrödor eller mellangrödor.

Grüngödslingsvallar i jämförelse med slåttervallar som etablerats som insådder året innan Torstensson (1998) redovisade resultat från ett fältförsök med ettåriga grüngödslingsvallar på sandjord vid Mellby i södra Halland, i vilka N-efterverkan undersöktes vid odling av höstråg (efter tidig nedbrukning av grüngödslingsvallarna) och vårkorn (efter nedbrukning dels på senhösten och dels på våren). Som grüngödslingsvallar tjänade rödklöver+gräs, vitklöver+gräs och vitklöver, som jämfördes med efterverkan av korn (utan insådd), korn med insådd av engelskt rajgräs som fånggröda och olika ettåriga slåttervallar: gräs, lusern+gräs, rödklöver och rödklöver+gräs (tabell 24). Gräskomponenten i vallarna utgjordes av timotej och ängsvingel. Slåttervallarna skördades tre gånger, men bara två vallskördar togs där vallbrottet gjordes tidigt för sådd av höstråg. Grüngödslingsgrödorna putsades i mitten av juni. Efter kornet bärgades halmen. Kväveefterverkan framgår av tabell 24.

Bäst kväveefterverkan uppnåddes med grüngödslingsvallarna, med 50-100 kg N/ha mer som utnyttjbart jord- och förfruktskväve än med korn som förfrukt. Detta motsvarades av merskördar av höstråg och korn på i storleksordningen 3-4 ton/ha. De ettåriga slåttervallarna med baljväxtinnehåll gav efterverkningar motsvarande 20-40 kg N/ha i form av utnyttjbart jord- och förfruktskväve och ökade kärnskördarna i storleksordningen med 1-2 ton per ha. Den rena, ettåriga gräsvallen förbättrade kvävetillgången med 15-20 kg N/ha och gav merskördar på 700-1200 kg per ha. Även rajgräsfånggrödan som såtts in i korn gav positiv N-efterverkan, motsvarande 5-15 kg N/ha.

Wivstad & Andersson (1991) undersökte också efterverkan av ettåriga grüngödslingsvallar, som året innan såddes in i korn i nio försök. Havre till mogen skörd odlades som referensgröda under vallåret. Grüngödslingsgrödorna slogs av en gång under sommaren vid en höjd av 20-30 cm. Bl.a. ingick följande led: a. havre, b. rödklövervall, c. rödklövervall (slogs ej av), d. alsikeklöver, e. engelskt rajgräs, f. rödklöver+timotej+ängssvingel (25 % klöver i utsädet) samt g. rödklöver+timotej+ängssvingel (50 % klöver i utsädet). Efterverkan undersöktes vid odling av höstvetete som eftergröda, som ej tillfördes något gödselkväve (tabell 25).

Wivstad & Andersson (1991) redovisar emellertid bara kärnskördarnas storlek efter grön-gödslingsgrödorna. På basis av dessa skördeuppgifter har ett försök här gjorts att beräkna kväveefterverkan uttryckt i kg N/ha.

Tabell 24. Efterverkan av olika förfrukter vid odling av 1) höstråg (efter tidig nedbrukning av förfrukterna = "Tidigt") och 2) vårkorn (efter nedbrukning på senhösten och våren). Resultat från ett fältförsök vid Mellby i södra Halland (Efter Torstensson, 1998).

Förfrukt och behandling	Kärnskördar av eftergrödorna, kg/ha, 15 % vattenhalt			Jord- och förfruktskväve, upptaget av eftergrödorna, kg N/ha		
	Tidigt, höstråg	Senhöst, vårkorn	Vår, vårkorn	Tidigt (i råg)	Senhöst (i korn)	Vår (i korn)
Vårkorn	2980	3360	3170	66	86	82
Vårkorn + rajgräsfånggröda	3680	3730	3800	+13	+4	+15
Gräsvall, skördad	3690	4560	3980	+14	+21	+18
Lusern + gräs, skördad	4500	4340	3730	+33	+19	+13
Lusern, skördad	4530	5260	4420	+23	+34	+31
Rödklöver + gräs, skördad	4940	5050	4390	+28	+40	+25
Rödklöver, skördad	4320	5490	5390	+16	+36	+37
Rödklöver + gräs, grüngöds.	5840	6380	5420	+60	+69	+46
Vitklöver + gräs, grüngödsling	6870	5360	5750	+98	+88	+84
Vitklöver, grüngödsling	6300	6150	5310	+88	+101	+81

Tabell 25. Ettåriga grüngödslingsvallars kväveinnehåll vid nedbrukning (kg N/ha) i 7 försök 1989 (år 1) samt skördar (15 % vattenhalt) av höstvetet som eftergröda 1990 (år 2), utan gödsling till vetet. Härtill har de utnyttjbara mängderna jord- och förfruktskväve (kg N/ha) under år 2 beräknats på basis av höstvetets kärnskördar. Efter Wivstad och Andersson (1991).

Grüngödslingsgröda år 1 (förfrukt)	N i grüngöds-lingsgrödans grönmassa vid nedbruk-ning	Kärn-skörd år 2, kg/ha	Beräkningar för år 2 (kg N/ha)		
			N-mängd i kärna*	N-mängd i hela grödan**	Grüngöds-lings-effekt***
Tim = timotej					
Ängssv = ängssvingel					
a. Havre (referens)	-	3200	44	73	
b. Rödklöver	162	6400	87	145	+73
c. Rödklöver (ej avslagen)	179	6140	84	139	+67
d. Alsikeklöver	143	6300	86	143	+70
e. Eng. rajgräs	28	2510	34	57	-16
f. Rödkl+tim+ängssv, 25 % kl.	157	5370	73	122	+49
g. Rödkl+tim+ängssv, 50 % kl.	160	5800	79	131	+59

*) Under antagande att kärnan innehöll 1,6 % totalkväve (Dahlstedt & Wivstad, 1994).

**) Under antagande att halm och stubb innehöll 25 % av kvävet i grödans ovanjordiska delar och att rötternas kväveinnehåll utgjorde 20 % av kvävet i hela grödan.

***) Beräknad som differens gentemot referensgrödan havre.

Grüngödslingsgrödorna med klöver eller med blandning av klöver och gräs gav merskördar på omkring 3 ton respektive drygt 2 ton höstvetet per ha, medan det blev skördesänkning efter rajgräset (tabell 25). Resultaten av beräkningarna av kväveeffekterna på höstvetet tyder på att rödklöver i renbestånd som grüngödslingsvall gav en kväveefterverkan på omkring 70 kg N/ha, vilket motsvarade i storleksordningen 40 % av kvävet i grönmassan vid nedbrukning inför höstvetesådden. Ungefär lika mycket kväve kunde utnyttjas efter alsikeklöver. De båda

blandningarna med rödklöver och gräs gav något sämre N-efterverkan (50-60 kg N/ha). Där-
emot gav rajgräset ingen positiv grüngödslingseffekt, snarare försämrad kvävetillgång.

I två ekologiska fältförsök på måttligt mullhaltig lerjord vid Lanna försöksstation i Väster-
götland (tabell 26) jämfördes efterverkan av havre, slåttervall och grüngödslingsvall (Lindén,
opublicerat). Vallarna hade tidigare såtts in med utsäde innehållande rödklöver och gräs. I det
ena försöket (försök 1) ingick ettåriga vallar (slåttervall och grüngödslingsvall), och i det
andra försöket (försök 2) utgjordes slåttervallen av en andraårsvall, medan grüngödslingsval-
len var ettårig. Under det första efterverkansåret, då korn odlades utan N-gödsling, gav grön-
gödslingsvallarna skördeökningar på betydligt mer än 1,5 ton kärna per ha i jämförelse med
förfrukt havre, medan slåttervall I och slåttervall II ökade kornskörden med ca 700 respektive
1200 kg/ha. Grüngödslingsvallarna gav en N-efterverkan på ca 60 och 30 kg N/ha i försök 1
respektive försök 2, medan slåttervallarna hade hälften så stor effekt. Under det andra efter-
verkansåret hade de båda vallslagen i försök 1 fortfarande en betydande inverkan på grödan
(havre) med avseende på både avkastning och kvävetillgång, medan det i försök 2 inte kunde
konstateras några sådana effekter.

Tabell 26. Efterverkan av klövergräsvallar (slåttervall och grüngödslingsvall) i jämförelse
med havre i två ekologiska fältförsök på Lanna försöksstation, Västergötland under två år
efter förfruktsåret: 1) första efterverkansår: kärnskördar av korn, utnyttjbart jord- och för-
fruktskväve (utnyttjbart jord-N), övervintrande mineralkväve inom 0-90 cm djup och kväve-
mineralisering under kornets växtsäsong och 2) andra efterverkansår: kärnskördar av havre
samt utnyttjbart jord- och förfruktskväve (Lindén, opublicerat). Havren under förfruktsåret
tillfördes nötflytgödsel motsvarande ca 75 kg NH₄-N per ha. I övrigt tillfördes inga gödsel-
medel, ej heller under de båda efterverkansåren.

Försök	Försök 1: D3-2601 (2002-2004)			Försök 2: D3-2602 (2003-2005)		
	Havre	Slåtter- vall I	Grüngöds- lingsvall I	Havre	Slåtter- vall II	Grüngöds- lingsvall I
<i>Första efterverkansår</i>						
Kärnskörd (korn), kg/ha	1860	2540	3710	1980	3210	3580
Utnyttjbart jord-N, kg N/ha	49	+33	+58	65	+12	+32
Mineral-N, vår, kg N/ha	36	48	77	24	38	38
N-mineralisering, kg N/ha	24	49	49	57	60	80
<i>Andra efterverkansår</i>						
Kärnskörd (havre), kg/ha	1510	3300	3200	2530	2580	2410
Utnyttjbart jord-N, kg N/ha	45	+21	+28	62	-2	-3

Insådd av mellangrödor på våren i höstsäd

N-efterverkan av mellangrödor i form av klöverarter i renbestånd eller i blandning med raj-
gräs, insådda i *vårsäd*, har redan belysts i avsnittet ovan om odling av fånggrödor eller mel-
langrödor. I växtföljder med *höstsäd* kan det likaså vara ett önskemål att etablera en fång-
gröda eller mellangröda i höstsäden, antingen för att uppfylla kraven på grön mark eller för att
få ett bidrag till efterföljande grödas N-försörjning.

Det kan vara svårt att etablera fånggrödor (mellangrödor) i höstvetete genom insådd på våren
genom den starka konkurrens som insåningsgrödan utsätts för. För att undersöka möjlig-
heterna att så in fånggrödor i höstvetete, med i det närmaste normal kvävegödsling, genomförde
Bergkvist et al. (2002) fältförsök i Sydsverige dels på moränlättilera vid Lönnstorp i sydvästra

Skåne och dels på mojord vid Lilla Böslid i södra Halland. Som vårinsådda fånggrödor användes bl.a. hundäxing (5 kg utsäde per ha), engelskt rajgräs (9 kg/ha), italienskt rajgräs (9 kg/ha), rödklöver (6 kg/ha) och cikoria (3,5 kg/ha). Rödklövers tillväxt uppgick i medeltal till drygt ett ton per ha. Det italienska rajgräset nådde en medeltillväxt på omkring 800 kg/ha i oktober, medan det engelska rajgräset växte mindre och hundäxingens betydligt mindre. Året därpå såddes vårkorn efter höstvetet och mellangrödorna i vissa av försöken för att undersöka efterverkan, som i tabell 27 anges som kväve i korngrödan, utan N-gödsling till denna.

Tabell 27. Mängd kväve (kg N/ha) i ej kvävegödslat vårkorn efter mellangrödor som hade såtts in i höstvetet tidigt på våren året dessförinnan och sedan plöjts ned sent på hösten eller under vintern (efter Bergkvist et al., 2002). Kvävet i kornet avser beräkningar av N-mängden i hela grödan (inkl. rötter), vilka baseras på uppgifter om kväveinnehållet i de ovanjordiska växtdelarna enligt Bergkvist et al. (2002) och med antagandet att rötterna innehöll 25 % av kvävemängden i hela grödan. Försöken genomfördes med skörd av höstvetet 1999 och 2000 och sådd av vårkorn 2000 respektive 2001 på Lönnstorp i sydvästra Skåne och på Lilla Böslid i södra Halland.

Mellangröda	Lönnstorp			Lilla Böslid		
	2000	2001	Medeltal	2000	2001	Medeltal
Utan mellangröda	52	64	58	25	47	36
Hundäxing	60	65	63	43	55	49
Engelskt rajgräs	69	65	67	40	61	51
Italienskt rajgräs	69	68	69	37	60	49
Rödklöver	101	93	97	47	47	47
Cikoria	56	67	61	37	48	43

Resultaten i tabell 27 visar att rajgräs som fånggröda insådd i höstvetet kunde ge en positiv kväveefterverkan i storleksordningen 10-15 kg N/ha vid odling av korn i jämförelse med korn utan mellangröda. Hundäxing och cikoria var sämre i detta avseende. Rödklöver som mellangröda gav på Lönnstorp ett tillskott på 39 kg N/ha och på Lilla Böslid 11 kg N/ha som medeltal för båda åren.

Som nyss nämnts kan höstvetet i konventionell odling (med normal kvävegödsling) konkurrera starkt med insådden om tillväxtbetingelserna (jmf. Bergkvist, 2003). Med mindre kvävetillgång för höstvetet såsom i ekologiskt jordbruk har insådder bättre möjligheter att hävda sig i konkurrensen. Helander (2002) belyste detta i fältförsök på lerjord vid Logården i Västergötland, dels i ett odlingssystem med handelsgödsel och dels i ett ekologiskt odlingssystem (tabell 28). Tre försöksled med insådder ingick (engelskt rajgräs, vitklöver (sort Milka), vitklöver (sort Donna) och rödklöver) samt ett kontrollled utan insådd. Efter skörden av höstvetet fick de etablerade mellangrödorna växa till efterföljande vår, då de brukades ned ytligt i marken inför sådd av havre som eftergröda.

I försöken med tillförsel av handelsgödselkväve till höstvetet utvecklade sig insådderna svagt, med ett mer eller mindre obetydligt kväveinnehåll jämfört med insådderna i det ekologiska försöket (tabell 28). Kväveefterverkan av alla mellangrödorna blev därför försumbar, där höstvetet gödslats. I det ekologiska försöket motsvarade N-effekten av vitklöver omkring 25 kg N/ha och av rödklövern drygt 20 kg N/ha. Efter rajgräsinsådden blev kväveefterverkan

negativ (-10 kg N/ha), vilket huvudsakligen förklaras av mindre mineralkväve i markprofilen på våren än i kontrolledet.

Tabell 28. Efterverkan av olika mellangrödor insådda på våren i höstvetete. Efterverkan undersöktes vid odling av havre. Efter Helander (2002). Tre försök (försök 1-3) med höstvetete som tillfördes mineralgödselkväve och ett försök i ekologisk odling utan gödsling till höstvetetet.

Insådd	Kväve i mellangrödans ovanjordiska delar före nedbrukning på våren, kg N/ha			Jord- och förfruktskväve utnyttjat av eftergrödan (havre), kg N/ha*	
	Försök 2	Försök 3	Ekologiskt försök	Försök 1-3, medeltal	Ekologiskt försök
Utan insådd	-	-	-	52	51
Engelskt rajgräs, sort Tove	10,6	6,5	12	49	41
Vitklöver, sort Milka	1,2	1,4	24	57	77
Vitklöver, sort Donna	5,3	0,1	17	49	76
Rödklöver, sort Fanny	2,8	3,0	27	52	73

*) Egen beräkning under antagande att havrens rötter innehöll 25% av kvävet i hela grödan.

Insådd av mellangrödor på våren i vårsäd

Efterverkan av mellangrödor eller fånggrödor, som såtts in i vårsäd på våren, har beskrivits i avsnittet om fånggrödor. I ekologisk odling kan det emellertid vara aktuellt med mer eller mindre årligen återkommande bruk av en mellangröda (underkultur), som sås in i vårsäd varje vår för att försörja efterföljande stråsädesgröda med kväve. Fördelen med detta är att man för kväveförsörjningen slipper den intäktsförlust under ett år som odling av en ettårig gröngödslingsvall medför.

Årligen upprepat bruk av sådana underkulturer har undersökts i östra Norge (Løes et al., 2007), där det i två fältförsök varje år såddes in olika mellangrödor i stråsäd (tabell 29). I medeltal för tre år (2003-2005) erhöles med växlingsvis röd- och vitklöver som underkultur skördeökningar av huvudgrödorna (vårmete, havre respektive vårmete under de tre åren) på i medeltal 900 kg kärna per ha och år. En underkultur med växlingsvis röd- och vitklöver i blandning med rajgräs gav en avkastningsökning på 800 kg/ha, men med enbart rajgräs blev merskordeu bara 100 kg/ha och år.

Ett djärvt försök görs här att på basis av de kärnskördar som redovisats av Løes et al. (2007) beräkna mellangrödornas bidrag till stråsädesgrödornas N-försörjning. För detta antas att totalkvävehalten i kärnskördarna av vårmete och havre var 1,6 % av ts (Nyberg & Lindén, 2000), att halm och stubb innehöll 30 % av den totala N-mängden i de ovanjordiska växtdelarna samt att rötternas N-innehåll motsvarade 25 % av kvävemängden i hela grödan. Resultatet visar att stråsädesgrödorna i ledet med röd- och vitklöver som underkultur tagit upp i medeltal 23 kg N/ha mer än i ledet utan insådd, vilket avspeglar klöverinsåddernas N-efterverkan. Motsvarande värden för insådd av klöver och rajgräs blir 21 kg N/ha och för enbart rajgräs 3 kg N/ha. Man kan emellertid förmoda, att mellangrödorna i viss mån konkurrerat med huvudgrödorna om efterverkanskvävet, så att man utan nya insådder varje år skulle ha fått något större N-effekter av föregående års mellangrödor (jmf. Wallgren & Lindén (1993). Løes et al. (2007) fann att de årligen insådda underkulturerna med klöver under loppet av fyra år sammantaget gav bättre kväveverkan än ettåriga gröngödslingsvallar (rödklöver med och utan timotej).

Tabell 29. Inverkan av årligen insådda mellangrödor (underkulturer) på kärnskördarna av huvudgrödorna (vårsäd alla år 2003-2005) i norska undersökningar (Løes et al., 2007). Mellangrödorna såddes in på våren i huvudgrödorna. Utifrån kärnskördarna har här kväveefterverkan av mellangrödorna uppskattats och uttryckts som beräknat innehåll av kväve i hela grödorna på basis av antagna N-mängder i kärna, halm och rötter.

Försöksled	Kärnskörd,		Beräknat N-innehåll i stråsädesgrödorna,		
	15 % vattenhalt kg/ha	Rel.tal	I kärna	I hela grödan	I hela grödan, ändring
1. Vårsäd utan mellangröda	2960	100	40	77	
2. Vårsäd med insädd av rajgräs	3060	103	42	79	+3
3. Vårsäd med insädd av röd- eller vitklöver (vartannat år)	3860	129	52	100	+23
4. Vårsäd med insädd av en blandning av röd- eller vitklöver (vartannat år) och rajgräs	3760	127	51	97	+21

Efterverkan av träda och vårsådda, ettåriga grüngödslingsgrödor sådda utan skyddssäd

Begreppet träda har ändrat betydelse med åren, särskilt efter det att EU-regler infördes i Sverige för reglering av jordbruket. Numera definieras träda vanligen som åkermark vilken *inte* är bevuxen med någon gröda som *skördas*, men den kan vara bevuxen med t.ex. vallväxter eller helt enkelt med ogräs. Det gemensamma är att jorden på trädan *inte bearbetas* under trädesperioden. Till skillnad från detta ”moderna” begrepp finns ”svartträda”, som numera sällan förekommer men som innebär att marken inte är besädd under trädessommaren och att man bearbetar marken under denna tid för att bekämpa ogräs. I ekologiskt jordbruk kan svartträda vara aktuell, och sådan träda förekom i konventionellt jordbruk särskilt i Mälardalen fram till 1990-talets början. Istället för jordbearbetning för att bekämpa ogräs på träda (nedan kallad ”mekanisk träda”) är ju numera obearbetad stubbträda vanlig, där man genom kemisk bekämpning motverkar ogräs före brytningen av trädan (nedan kallad ”kemisk träda”).

Studier av kväveefterverkan av mekanisk och kemisk träda redovisas av Wallgren & Lindén (1991), med resultat från sammanlagt 14 tvååriga försök 1986/87, 1987/88 och 1988/89 (se tabell 30). Efterverkan av trädorna jämfördes med ett kontroll-led med korn istället för träda och med grüngödslingsgrödor, som såddes på våren (utan skyddssäd). Försöksleden år 1 var: A. vårkorn, B. mekanisk träda, C. kemisk träda, D. grüngödslingsgröda: havre, foderärter och vitsenap i blandning, E. grüngödslingsgröda: persisk klöver, F. grüngödslingsgröda: rödklöver och italienskt rajgräs i blandning samt G. grüngödslingsgröda: italienskt rajgräs. Försöken anlades på mark som höstplöjts. Trädorna och grüngödslingsvallarna plöjdes i slutet av augusti-början av september, varefter höstvetet såddes.

Som framgår av tabell 30 fanns det på senhösten särskilt mycket mineralkväve inom 0-90 cm markdjup efter den mekaniska trädan, vilket tyder på att mineraliserat kväve anhopats i markprofilen under främst trädessommaren. Betydligt mindre men mer än efter kornet i kontroll-ledet återfanns efter den kemiska trädan och efter grüngödslingsgrödorna med baljväxter. Efter det italienska rajgräset blev mineralkväveförrådet mindre än efter kornet, vilket tyder på ett större kväveupptag fram till plöjningen inför höstvetesådden. Under vintern uppkom förluster av kväve i marken särskilt efter den mekaniska trädan samt efter mildare vintrar, speciellt i försök i de södra och sydvästra delarna av landet. Kvävemineraliseringen under växtsäsongen år 2 blev något större efter grüngödslingsgrödorna med baljväxter än med korn som förfrukt. Efter den mekaniska trädan kunde höstvetet i genomsnitt utnyttja 45 kg N/ha mer än

efter kornet, men mängderna var mindre efter milda vintrar och i försök i södra och sydvästra Sverige. Nästan lika mycket mer jordkväve kunde höstvetet utnyttja efter den kemiska trädan, medan grüngödslingsgrödorna med baljväxter gav ett kvävetillskott på i medeltal drygt 25 kg N/ha. Det italienska rajraset hade knappast någon positiv N-efterverkan alls (+4 kg N/ha). Efter N-gödsling med 100 kg N/ha gav höstvetet i leden med den mekaniska och den kemiska trädan skördeökningar på ca 1000 respektive 900 kg kärna per ha. Efter de tre grüngödslingsgrödorna med baljväxter steg avkastningen i jämförelse med förfrukt korn med omkring 800 kg/ha, medan skördesteringen efter rajraset bara uppgick till ca 300 kg/ha.

Tabell 30. Inverkan av trädor (mekanisk och kemisk träda) samt olika ettåriga grüngödslingsgrödor på mängderna mineralkväve (kg N/ha, 0-90 cm djup) i marken under vinterhalvåret samt på kväve mineralisering (kg N/ha), utnyttjbart jordkväve (kg N/ha) och kärnskördar (kg/ha) av höstvetet under den efterföljande växtsäsongen i tvååriga fältförsök 1986-1989. Efter Wallgren & Lindén (1991).

Förfrukt (gröda år 1)						
A	B	C	D	E	F	G
Korn	Mekanisk träda	Kemisk träda	Havre+ärter +vitsenap	Persisk klöver	Rödklöver+ it. rajgräs	It. rajgräs
<i>Mineralkväve på senhösten år 1 (14 försök)</i>						
45	105	77	59	77	57	33
<i>Mineralkväve tidigt på våren år 2 (14 försök)</i>						
41	80	59	52	59	51	34
<i>Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen år 2 (tidig vår – gultmognad), 12 försök</i>						
52	53	64	66	66	70	58
<i>Utnyttjbart jordkväve år 2 (= summa utnyttjat mineralkväve i marken på våren och N-mineraliserings tillskott under växtsäsongen därefter) (14 försök)</i>						
70	115	106	96	99	97	74
<i>Kärnskördar av höstvetet år 2 (12 försök)</i>						
<i>Utan mineralgödselkväve till höstvetet</i>						
2390	4030	3970	3550	3980	3970	2620
<i>100 kg N/ha i form av mineralgödselkväve till höstvetet</i>						
4950	5910	5870	5760	5800	5730	5280

Tillskottet av utnyttjbart jordkväve efter dessa ettåriga grüngödslingsgrödor kan jämföras med resultat från försök i Halland med ettåriga grüngödslingsgrödor (sådda utan skyddssäd). Där blev kväveefterverkan vid odling av vårvetet året därpå 38 kg N/ha efter rödklöver, 42 kg N/ha efter perserklöver, 71 kg N/ha efter en blandning av vitklöver och rajgräs samt 98 kg N/ha efter vitklöver (Lindén, opublicerat).

Wivstad & Andersson (1991) beskriver också efterverkan av grüngödslingsgrödor som såtts på våren, varefter de plöjdes ned och höstvetet såddes. I sju försök ökade grüngödslingsgrödorna havre+sötväppling skörden av höstvetet, som ej tillfördes gödselkväve, med i medeltal drygt 100 kg kärna per ha (+7 %). Blandningen perserklöver+westerwoldiskt rajgräs gav drygt 400 kg/ha i skördeökning (+13 %) och perserklöver i renbestånd ca 1200 kg/ha (+37 %). Blandningarna havre+åkerböna+fodervicker samt havre+fodervicker+foderraps+perserklöver med-

förde avkastningsökningar på ca 700 (+22 %) respektive 800 kg/ha (+26 %). Då kväveinnehållet i kärnskärddarna inte angivits av författarna, är det svårt att beräkna renodlad kväveefterverkan av dessa ettåriga grüngödslingsgrödor.

Grüngödslingsgrödors och trädors kväveefterverkan – slutsatser

De ovan redovisade undersökningarna med grüngödslingsgrödor av olika slag torde vara för få för att resultaten skall kunna anses helt typiska och säkra när det gäller tillämpning av uppgifterna om kväveefterverkan i praktisk odling. Detta gäller till exempel skillnader i efterverkan mellan olika klöverslag och i blandning med gräs samt olikheter i effekterna vid odling av höst- eller vårsäd som eftergrödor, bl.a. beroende på plöjningstidpunkt.

Ettåriga grüngödslingsvallar, som såtts in i stråsäd året innan och som enbart eller till övervägande delen består av klöverarter synes ge en N-efterverkan på 50-90 kg N/ha i form av utnyttjbart jord- och förfruktskväve. I ett redovisat försök blev dock effekten så pass liten som ca 30 kg N/ha. Sätts N-efterverkan av en grüngödslingsvall bestående av rödklöver i renbestånd till omkring 70 kg N/ha, kan blandningar med rödklöver och gräs anses ge N-effekter på 50-60 kg N/ha. Dessa uppgifter kan jämföras med N-efterverkan av slättervall enligt ovan: 35-40 kg N/ha för rödklövervall (i renbestånd) och i storleksordningen 30 kg N/ha (i något fall ca 20 kg N/ha) för blandvall (rödklöver+gräs). Av ren gräsvall utnyttjad för grüngödsling kan man knappast påräkna någon positiv N-efterverkan, snarare en negativ effekt.

N-effekterna av de av Wallgren & Lindén (1991) redovisade *ettåriga grüngödslingsgrödorna med baljväxter och som såtts utan skyddssäd* var måttligt stora (i medeltal 25-30 kg N/ha). I andra fall synes kväveeffekten dock kunna bli större än så. I praktiken torde det emellertid vara ovanligt, att man kostar på sig att så ettåriga grüngödslingsgrödor på våren och sedan plöjer ned dem på hösten, exempelvis sådana som rapporterats av Wivstad & Andersson (1991; se ovan) och av Wallgren & Lindén (1991). Istället blir valet vanligen det mindre kostnadskrävande alternativet att göra insädd med vallfrö i stråsäd, som sedan följs av en grüngödslingsvall, där man vill ha ett trädesår. Man går emellertid i båda fallen miste om intäkterna från en skördad gröda under året i fråga.

Ytterligare ett alternativ är *insädd av klöverarter som mellangrödor eller underkulturer i höstsäd eller vårsäd* för att få en viss kväveefterverkan. N-effekten av mellangrödor som sås in i höstsäd (höstvetete) tycks i vissa fall kunna bli god (10-40 kg N/ha) men i andra fall liten eller rentav försumbar p.g.a. för stark konkurrens i beståndet, om höstvetete N-gödslats på normalt sätt. I ett ekologiskt försök med höstvetete utan N-gödsling blev däremot N-effekterna relativt goda av mellangrödor bestående av klöver: med vitklöver omkring 25 kg N/ha och med rödklöver drygt 20 kg N/ha. Norska försök med årlig insädd (i tre år) av klöver (röd- eller vitklöver) med eller utan inblandning av rajgräs som underkulturer i vårsädesgrödor visade god efterverkan. Merskördarna av den efterföljande stråsädesgrödan uppgick i medeltal till 900 kg/ha (efter enbart klöver) och 800 kg/ha (efter klöver+rajgräs). Kväveefterverkan av klöverarterna kan här uppskattas till minst 23 kg N/ha, men bara något svagare efter insädd av klöver och rajgräs i blandning (21 kg N/ha). Efter en rajgräsmellangröda kan man normalt inte räkna med någon nämnvärd N-efterverkan.

Svarträda (mekanisk träda) och stubbträda (kemisk träda) i de av Wallgren & Lindén (1991) redovisade försöken gav ett tillskott av utnyttjbart jordkväve till höstvetete på i medeltal 45 respektive 35 kg N/ha i jämförelse med förfrukt korn. Särskilt efter svarträda utgjordes detta N-tillskott till stor del av mineraliserat kväve som fanns anhopat i marken redan på hösten, då höstvetete såtts. Detta kväve måste till stor del ha frigjorts under trädessommaren. Resultaten

antyder risk för ökade kväveutlakningsförluster efter svartträda, särskilt som höstvetete oftast inte förmår ta upp större N-mängder under hösten (Lindén et al., 2000). Försöksresultaten tydde på att N-förlusterna blev minst i försök i östra Sverige och under de kallare vintrar som ännu rådde vissa år under den senare delen av 1980-talet. Skulle mekanisk träda (svartträda) användas, t.ex. i ekologisk odling där man kan önska utnyttja denna för ogräsbekämpning, bör detta helst inskränkas till lerjordar i Svealands slättbygder och i övrigt till nordvästra Svealand och Norrland, där N-utlakningen kan förväntas bli liten.

SAMMANFATTANDE ÖVERSIKT ÖVER FÖRFRUKTSEFFEKTER

Kvävegödslingsmodell för stråsäd – anpassning till olika förfrukter

Som diskuterats ovan kan den optimala N-givan till en stråsädesgröda sägas vara en funktion av 1) avkastningsnivån och proteinhalten vid optimal gödsling samt därav betingat N-behov och 2) jordens och förfruktens inverkan på tillgången på växttillgängligt kväve i marken (här kallat utnyttjbart jord- och förfruktskväve), jmf. Lindén et al. (1992b), Linden (1987a) och Lindén & Engström (2006). Stiger avkastningsnivån vid optimum, ökar gödselkvävebehovet och vice versa. Vid tilltagande mängder utnyttjbart jord- och förfruktskväve minskar däremot behovet av gödselkväve. I princip dras mängden utnyttjbart jord- och gödselkväve från det gödselkvävebehov som betingas av avkastningsnivån, och differensen mellan dessa storheter kan ses som ett uttryck för det optimala gödselkvävebehovet (med justering bl.a. för gödselkvävetets verkningsgrad).

Denna modell kan tillämpas för att beskriva, hur det optimala gödselkvävebehovet påverkas av olika förfrukter. Deras skördeökande förmåga (i jämförelse med stråsäd) kan som framgått bero på dels effekter som påverkar eftergrödans avkastningspotential (såsom patologiskt sanerande verkan och markstrukturpåverkan) och dels ändring av tillgången på utnyttjbart jord- och förfruktskväve. I tabell 31 och 32 har uppgifter av dessa slag i den ovan citerade litteraturen sammanförts och jämförts med stråsäd som referensförfrukt. Förändras (ökar) skördenivån och proteinhalten hos eftergrödan (stråsäd) genom en viss förfrukt samt förändras (ökar) samtidigt kvävetillgången i marken, kan ändringen i det optimala N-gödslingsbehovet hos denna stråsädesgröda i princip uttryckas på följande vis:

$$\boxed{\text{Ändringen av den optimala N-givan}} = \boxed{\text{Ändring (ökning) i behovet av gödselkväve genom förfruktens inverkan på skördenivå och proteinhalt vid optimum}} \text{ minus } \boxed{\text{Ändring (ökning) i den utnyttjbara mängden jord- och förfruktskväve efter förfrukten}}$$

Kan man påräkna högre avkastningspotential vid odling av höstvetete efter en viss förfrukt, medför den tilltagande skörden, att gödselkvävebehovet vid optimal N-gödsling stiger med i storleksordningen 15 kg N per ton i ökad kärnskörd vid optimum. För vårkorn tyder emellertid undersökningsresultaten på ett behov av ca 25 kg N per ton i ökad kärnskörd vid optimum.

För en ökning av höstveteskörden i ett tänkt fall med 1000 kg kärna per ha behövs alltså i princip 15 kg N/ha extra i form av mineralgödselkväve. Har förfrukten samtidigt positiv kväveefterverkan, skall denna N-effekt som framgått dras ifrån gödselkvävebehovet. N-efterverkan skall emellertid först räknas om till mineralgödselkvävemängder (mineralgödselkväve-ekvivalenter). Uppgår N-efterverkan exempelvis till 30 kg N/ha som utnyttjbart jord- och förfruktskväve och antas gödselkvävetets verkningsgrad vara 75 %, minskas gödselkvävebehovet

med $30/0,75 = 40$ kg N/ha. Den ökade avkastningspotentialen och N-efterverkan påverkar då gödselkvävebehovet med $+15-40 = -25$ kg N/ha, och man kan således i princip minska N-givan till eftergrödan i fråga med 25 kg N/ha.

Tillämpning av gödslingsmodellen vid odling av stråsäd efter skilda förfrukter

I tabell 31 visas de skördeökningar hos vete, råg eller korn som olika förfrukter kan förväntas ge i jämförelse med en stråsädesförfrukt i samma grupp (vete, råg eller korn). Efter dessa spannmålsgrödor har vidare mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve satts till noll (0 kg N/ha) i tabell 31 och 32. Andra förfrukters inverkan på kvävetillgången har angetts som ändringar (normalt ökning) i jämförelse med dessa referensförfrukter. I många undersökningar har referensgrödan varit havre, men man bör kunna anse, att N-efterverkan av skilda stråsädesgrödor i stort sett är lika. Denna har därför satts till 0 kg N/ha efter havre.

Med ledning av tabell 31 kan man på samma sätt som i exemplet i avsnittet ovan beräkna, hur ändringar av avkastningspotentialen (kolumn a) och av den utnyttjbara mängden jord- och förfruktskväve efter en viss förfrukt påverkar eftergrödans gödselkvävebehov (kolumn b och c) i jämförelse med en referensförfrukt. Är växtföljden mycket omväxlande, och någon sanerande verkan av en god förfrukt inte kan påräknas, beaktas inte inverkan på avkastningspotentialen (kolumn a). Man bör ej heller utgå ifrån att baljväxter har så mycket bättre sanerande verkan än havre, så att tydliga avkastningsskillnader även uppkommer på en normal N-gödslingsnivå. Istället räknar man i sådana fall med att skördeökningen (utan gödsel-N eller vid svagare N-gödsling) efter en viss gröda jämfört med en referensförfrukt är en följd av N-efterverkan. Märk att kolumn c (ekvivalent mineralgödselkvävemängd) inte innefattar förfruktens inverkan på avkastningspotentialen. Den ekvivalenta gödselkvävemängden (kolumn c) avser enbart en omräkning från utnyttjbart jord- och förfruktskväve (kolumn b) till mineralgödselkväveekvivalenter, under antagande att gödselkvävetets verkningsgrad är 75 %. Använder man som i ekologiskt jordbruk inte mineralgödselkväve, får man istället utgå ifrån brukade organiska gödselmedels N-effektivitet i jämförelse med mineralgödsel (se t.ex. Lundström & Lindén, 2001; Gruvaeus, 2003).

Havre kan som nämnts inte anses ha någon positiv kväveefterverkan i jämförelse med andra stråsädesgrödor. I växtföljder med stor andel vete, råg och/eller korn (odlade efter varandra) medger dock havre som avbrottsgröda skördeökningar hos t.ex. en efterföljande höstvetegröda på i storleksordningen 700 kg/ha (Ohlander, 1988). Denna större skörd medför i sin tur ökat gödselkvävebehov, som för 700 kg/ha kan beräknas till $0,7 \cdot 15 = \text{ca } 10$ kg N/ha vid optimal N-gödsling till höstvet.

I tabell 32 har N-efterverkan av fånggrödor (mellangrödor) och av gröngödslingsvallar sammanställts på basis av tillgängliga försök. Uppgifterna för gröngödslingsvallar är mycket osäkra beroende på få och icke heltäckande litteraturuppgifter. Förekommande avkastningshöjande inverkan har inte angivits. För fånggrödor innebär ju huvudgrödans art (normalt stråsäd) att någon god avbrottsgröda med t.ex. sanerande inverkan egentligen inte odlats. Efterverkan får därför huvudsakligen anses bestå i fånggrödans N-effekt. För gröngödslingsvallar med baljväxter är det vanskligt att bedöma den rena effekten på avkastningspotentialen (sanerande verkan, markstrukturpåverkan m.m.), dvs. frånräknat N-efterverkan.

Värdena för skördeinverkan i tabell 31 samt utnyttjbart jord- och förfruktskväve i tabell 31 och 32 avser bedömningar av vad som utgör typiska eller ganska typiska data. Mer extrema värden i de refererade undersökningarna har därför inte beaktats, även om sådana värden mycket väl kan tänkas förekomma i praktiken.

Tabell 31. Översikt över förfruktseffekter av olika grödor med stråsåd (höstvetete, vårvete, råg och korn) som eftergröda och med samma stråsådesgrödor (höstvetete, vårvete, råg respektive korn) som referensförfrukt: skördeökande verkan, utnyttjbart jord- och förfruktskväve, ekvivalent gödselkvävemängd och i förekommande fall litteraturuppgifter om ekonomiskt optimal kvävegiva. Uppgifterna i kolumn b-c utgör bedömningar på basis av ovan genomgångna litteraturuppgifter. I ett större antal utnyttjade undersökningar har referensgrödan varit havre vid beskrivning av icke-strådesgrödors N-efterverkan. För beräkning av ekvivalent gödselkvävemängd (kolumn c) på basis av mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve (kolumn b) har det antagits att mineralgödselkvävet verkningsgrad är 75 %.

Förfrukt	Eftergröda	kg N/ha				
		a	b	c	d	e
		Skörde- ökande verkan, kg/ha	Utnyttjbart jord- och förfrukts- kväve	Ekvivalent gödsel- kväve- mängd = b/0,75	Minskning av ekono- miskt opt. N-giva en- ligt försök	Minskning av ekono- miskt opt. N-giva, danska referenser
Havre	Höstvetete	700	0	0		
	Vårvete	200-400	0	0		
	Korn	0-200	0	0		
Slåttervall						
Baljäxvall	Höstvetete	700-1000	35-40	47-53		
	Vårvete	400-650	35-40	47-53		
	Korn	400-600	35-40	47-53		
Gräsvall	Höstvetete	300-500	0-20	0-27		
	Vårvete	0-300	0-20	0-27		
	Korn	0-300	0-20	0-27		
Blandvall	Höstvetete	900	30	40		
	Vårvete	500	30	40		
	Korn	500	30	40		
Foderärter	Höstvetete	1000	20-30	27-40	25-30	28
	Vårvete	700				
	Korn	500	20-25	27-33	19, 20	
Åkerbönor	Vårvete	500-950	20	27		
	Korn	500-800	20	27		
Höstraps	Höstvetete	1000-1200	25-30	33-40	30-35	40
Våroljeväxter (vårrybs)	Höstvetete	700-1000	15	20	15	
	Vårvete	500-1000				
	Korn	500				
Socketbetor	Höstvetete	1000	20	27		-
	Korn	500-1000	10-30	13-40	-18, ±0	7; 23
	<i>Verkan av blast</i>			0-7		
Potatis	Korn	600-1000	±0	0		-11; +11
	Havre	800				
Träda*						
Mekanisk träda	Höstvetete	1000	45 (30)**	60 (40)**		
Kemisk träda	Höstvetete	900	35 (25)**	47 (33)**		
	Vårvete	500				
Grönsaker***	Korn	700-900***	20-30***	40****		

*) Mekanisk träda = traditionell svartträda med jordbearbetning vid behov under sommaren för bekämpning av ogräs. Kem. träda = stubbträda med kem. bekämpning av ogräs före brytning av trädan genom plöjning.

***) Siffror utan parentes: östra Sverige, siffror inom parentes: bedömt för södra och västra Sverige.

****) Enligt Riley (2002) i Norge. Avser ärtor, kålrot, blomkål och lök i jämförelse med förfrukt havre, med här beräknade N-efterverkansvärden motsvarande 19, 21, 22 respektive 27 kg N/ha (jämfört med havre).

*****) N-gödslingsvärde: Riley (2002), för huvudkål (Dragland et al. 1995, Norge): motsvarande 50-100 kg N/ha efter vårsäd.

Tabell 32. Inverkan av fånggrödor eller mellangrödor (insådda i stråsådesgrödor) och av grüngödslingsvallar på de utnyttjbara mängderna jord- och förfruktskväve (kg N/ha). Stråsåd utan insådder utgör referensförfrukt (vanligen med stubbearbetning och höstplöjning efter skörd för jämförelse med effekterna av fånggrödor eller mellangrödor). *För grüngödslingsvallar, som närmast avser ekologisk odling, har ingen omräkning gjorts till ekvivalenta mängder mineralgödselkväve.*

Fånggröda, mellangröda, grüngödslingsgröda Utnyttjbart jord- och förfruktskväve (kg N/ha). *Tal med kursiv stil = mineralgödselkvävekvivalenter*

Fånggrödor eller mellangrödor insådda i vårsäd

	Höstplöjning	Vårplöjning
Rajgräs*	0-15* (0-20)*	-4...+15* (-5-20)*
Rödklöver	30 (40)	30-40 (40-53)
Vitklöver	30-35 (40-47)	30-40 (40-53)
Rödklöver och rajgräs i blandning	15 (20)	10 (13)

*) Större tillväxt på hösten (genom mildt klimat, större N-mineraliseringsförmåga) och lätt jord förbättrar rajgrässets N-efterverkan.

Fånggrödor eller mellangrödor insådda i höstvet

Rajgräs	-4...+15 (-5...+20)
Rödklöver	20-25** (25-33)**
Vitklöver	20-25** (25-33)**

***) Svagare efterverkan än här angivet om höstvetet konkurrerat kraftigt med den insådda fånggrödan såsom efter stark N-gödsling till höstvetet.

Grüngödslingsvall

Eftergröda: höstvet/höstråg

Rödklöver, alsikeklöver	ca 70
Rödklöver+gräs	(30)-50-60
Vitklöver	70-90-(100)
Vitklöver+gräs	60-80-(90)
Rajgräs, gräsvall	-15...+15

LITTERATUR

Agerberg, S. 1965. Förfruktens inverkan på skördeutbytet. I: Jordbruksförsöksverksamheten i Malmöhus län år 1964. Meddelande nr 31, Centralstyrelsen för Malmöhus läns försöks- och växtskyddsringar, 132-138.

Andersson, T. & Wivstad, M. 1992. Vallen i växtföljden. Betydelsen av vallens ålder och botaniska sammansättning. Resultat från försöksserien R4-1901. Växtodling 38. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet.

Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 214.

Aronsson H., Torstensson, G. & Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland. Effekter av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kväve-

- dynamiken i marken. Resultat från perioden 1998-2002. *Ekohydrologi* 74, Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2003. Höstgrödor-Fånggrödor-Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. *Ekohydrologi* 75, Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära.
- Beck-Friis, B., Lindén, B., Marstorp, H. och Henriksson, L. 1994. Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland. Rapport 193. Avdelningen för växtnäringlära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bergkvist, G. 2003. Perennial clovers and ryegrasses as understorey crops in cereals. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 414. Uppsala.
- Bergkvist, G., Ohlander, L. & Rydberg, T. 2002. Insådd av fånggrödor i höstsäd. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi och växtproduktionslära. Stencil.
- Berntsen, J., Petersen, B. M., Hansen, E. M., Jørgensen, U., Østergaard, H. S. & Grant, R. 2005. Efterverknin af efterafgrøder. Notat till planteavlsoorientering 07-550, 21. marts 2005. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Udkærvej 15, DK-8200 Århus N (E-mail: landscentret@landscentret.dk)
- Bjelke-Holtermann, A. 1964. Betblastens gödslingsvärde. Jordbruksförsöksverksamheten i Malmöhus län år 1963. Meddelande nr 31 från Centralstyrelsen för Malmöhus läns försöks- och växtskyddsringar, s. 98.
- Bjelke-Holtermann, A. 1965. Betblastens gödslingsvärde. Den lokala gödslingsförsöksverksamheten i Malmöhus län år 1963. Meddelande nr 30 från Centralstyrelsen för Malmöhus läns försöks- och växtskyddsringar, s.108.
- Bramstorp, A. 1993. Betblast – kväveeffekt i kommande gröda. Nedbrytning av skördad betblast och dess kväveeffekt i mark och kommande gröda. Försöksverksamheten i sockerbetor 1992. Fältförsök. Sockernäringsens samarbetskommitté 1993, 8:1-14.
- Båth, B., Richert Stintzing, A. & Ögren, E. 1999. Växtföljden och odlingssystemet vid ekologisk odling av fri-landsgrönsaker. Jordbruksverket, Jordbruksinformation 20, 1999, Jönköping.
- Børresen, T. 1994. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three nitrogen levels and four tillage treatments: After-effects on grain yield and soil structure. NJF-utredning/rapport nr 99. The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Knivsta, Sweden, 3-4 October 1994.
- Dahlstedt, L. & Wivstad, M. 1994. Fältförsök med olika gröngödslingsgrödor. SLU, Avdelningen för ekologiskt lantbruk. Konferens Ekologiskt lantbruk, Uppsala den 23-24 november 1993. *Ekologiskt lantbruk* 17, 94-102.
- Delin, S., Lindén, B. & Berglund, K. 2005. Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. *Europ. J. Agronomy* 22, 325-336.
- Dragland, S., Riley, H. & Berentsen, E. 1995. N fertilizer value of cabbage residues. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 9, 163-176.
- Eltun, R., Henriksen, T. & Bjerke, O. 2001. Avling og etterverknad av erter og åkerbønner i økologisk dyrking. *Jord- og Plantekultur 2001/Planteforsk, Grønn forskning 01/2001*, 173-182.
- Engström, L. & Gruvæus, I. 1998. Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetete, 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. 2003. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-2002. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Avdelningen för mark-växter. Teknisk rapport 10, 49 s.
- Gruvæus, I. 2003. Gödsling med EKO-gödselmedel i vårvete. I: Försöksrapport 2003 för Mellansvenska Försökssamarbetet, 38-39.

- Hansson, A., Blomquist, J. & Christensson, K. 2007. Energigrödor till biogasproduktion, effekter på odlings-systemet. www.biogassyd.se
- Hansson, A.-C., Pettersson, R. & Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. *J. Agronomy & Crop Science*, 158, 163-171.
- Hansen, E. M. & Djurhuus, J. 1997. Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. *Soil & Tillage Research* 42, 241-252.
- Helander, C.-A. 2002. Farming systems research. An approach to developing of sustainable farming systems and the role of white clover as a component in nitrogen management. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 334. Uppsala.
- Jensen, E. S. 1996. Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. *Soil Biology and Chemistry* 28, 65-71.
- Knudsen, L., Birkmose, T., Hansen, O. M., Østergaard, H. S., Hørfarter, R., Thomsen, K. K., Thomsen, A. & Berntsen, J. 2002. Gødskning og kalkning. Oversigt over landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 2002. Ed. C. Å. Pedersen. Landbrugets Rådgivningscenter (Landscentret), Århus, Danmark, 158-210 (www.lr.dk).
- Kornher, A. 1976. Sockerbetor och ettårig vall i sydsvenska växtföljder. Rapporter och avhandlingar 44. Institutionen för växtodling, Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Köhnlein, J. & Vetter, H., 1953. Ernterückstände und Wurzelbild. Menge und Nährstoffgehalt der auf dem Acker verbleibenden Reste der wichtigsten Kulturpflanzen. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, rapport nr 5, 1981, 67-123.
- Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödas gödselkvävebehov. Ärtodling, NJF-seminarium i Uppsala den 11-12 april 1984 anordnat av Nordiska Jordbruksforskarens Förening. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.
- Lindén, B. 1986. Jordkvävetillgång – skördenivå – kvävegödsling. Försöksledarmötet, Ultuna 1986. Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 83, 15:1-8.
- Lindén, B. 1987a. Mineralkväve i markprofilen och kväve mineralisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsäd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport 24, 23-46.
- Lindén, B. 1987b. Varför varierar sockerbetornas gödselkvävebehov? Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 107, 3:1-8.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøegaard, K. & Kjellerup, V. 1992a. Nitrogen mineralization during the growing season. I. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22: 3-12.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøegaard, K. & Kjellerup, V. 1992b. Nitrogen mineralization during the growing season. II. Influence of soil organic matter, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 49-60.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish J. agric. Res.* 23: 77-89.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993a. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 33, 37 s.

- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. och Ekre, E. 1993b. Mineralkvävedynamik och växtnäringens utlakning på en grovmjord i södra Halland med handels- och stallgödslande odlingsystem med och utan fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 30.
- Lindén, B., Roland, J., Carlgren, K., Engström, L. & Tunared, R. 1997. Jämförelser mellan odlingsystem med konventionell och minimerad jordbearbetning, med och utan fånggrödor: växtproduktion, kväveutlakningsrisker och synpunkter på ekonomi. Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1989-95. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 2.
- Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årstider och utlakning på en jord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 51, 57 s.
- Lindén, B., Roland, J. och Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 5.
- Lindén, B. & Engström, L. 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, rapport 4.
- Lindén, B., Aronsson, H., Engström, L., Torstensson, G. & Rydberg, T. 2006a. Kvävemineralisering och utlakning av kväve och fosfor på en lerjord vid Lanna i Västergötland. Inverkan av gödslingsintensitet, jordbearbetning på hösten och engelskt rajgräs som insådd fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 91, 71 s.
- Lindén, B., Lerenius, C., Nyberg, A., Delin, S., Ferm, M., Torstensson, G., Hedene, K.-A., Gruvaeus, I., Tunared, R. & Roland, J. 2006b. Kan växtskyddsåtgärder minska kväveförlusterna vid odling av höstvetete? Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för precisionsodling, rapport 5.
- Lindgren, J., Stenberg, M. & Lindén, B. 2007. Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, rapport 8.
- Lundström, C. & Lindén, B. 2001. Kväveeffekter av humanurin, Biofer och Binadan som gödselmedel till höstvetete, vårvete och vårkorn i ekologisk odling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter, nr 8.
- Løes, A.-K., Henriksen, T.M., Sjørusen, H. & Eltun, R. 2007. N-forsyning til økologisk korn – gjentatt bruk av kløver underkultur, eller ettårig grønnjødsling. Jord- og plantekultur 2007/Bioforsk FOKUS 2(2), 219-225.
- Mattsson, L. 2006. Kväveintensitet i korn – avkastning och kväveupptag. Rapport 212, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringlära, Uppsala.
- Mattsson, L. & Kjellquist, T. 1992. Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurhållning. Rapport 189, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringlära, Uppsala.
- Nielsen, C. J. 1993. Sukkerroetoppens nedbrydning – avtoppet og spredt på marken. Dyrker Nyt, nr 71, 10-13.
- Nilsson, H. E. 1969. Studies on root and foot rot diseases of cereals and grasses. I. On resistance to *Ophiobolus graminis* Sacc. Lantbrukshögskolans Annaler 35, 275-807.
- Nyberg, A. & Lindén, B. 2000. Dokumentation av ekologiska växtodlingsgårdar i västra Sverige 1996-98. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 6.
- Nyberg, A. & Lindén, B. 2008. Åkerböror som förfrukt till vårsäd i ekologisk odling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för precisionsodling, rapport 15.

- Nygaard, Sørensen, J. 1993. Use of the N_{\min} -method for optimization of vegetable nitrogen nutrition. *Acta Horticulturae* 339, 179-192.
- Ohlander, L. J. R. 1988. Odlingssystem och växtföljder. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Andra upplagan.
- Olofsson, S. 1993. Influence of preceding crop and crop residue on stand and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different tillage systems, including zero tillage, *Crop Production Science* 18, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Olofsson, S. & Wallgren, B. 1984. Höstvetete i växtföljden. Resultat från två försöksserier med olika förfrukter till höstvetete: R4-1711 och R4-1712. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, rapport 130.
- Pawlak, J. A. 1985. Wirkung der organischen Düngung (Stroh-Gründüngung und Rüben-blattdüngung) auf Pflanzenertrag und Bodenproduktivität. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Fachbereich "Angewandte Biologie und Umweltsicherung" der Justus-Liebig-Universität Giessen, Dissertation.
- Persson, J. 2003. Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtodlingslära, rapport 207.
- Remy, J. C. & Viaux, Ph. 1982. The use of nitrogen fertilisers in intensive wheat growing in France. Paper read before The Fertiliser Society of London on the 19th December 1982. The Fertiliser Society, Proceedings no. 211, 67-92.
- Riley, H. 2002. Nitrogen contribution of various vegetable residues to succeeding barley and potatoe crops. *Gartenbauwissenschaft* 67, 17-22.
- Stabbetorp, H. 1984. Forgrødevirkning av åkerbønne og erter. Ärtodling, NJF-seminarium 62, Uppsala 11-12 april 1984. NJF-utredning/rapport nr 15, 24:1-2.
- Statens Jordbruksverk, 2007. Riktlinjer för gödsling och kalkning. Jordbruksverket, Jönköping, rapport 2007:22, www.jordbruksverket.se
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B. & Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kvävemineriseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, rapport 3.
- Svensson, H. 1988. Ärtor och havre som förfrukter till vete och korn. Slutredovisning av försöksserien R4-3002. Växtodling 3, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Torstensson, G. 1998. Nitrogen availability for crop uptake and leaching. Artikel II: Nitrogen delivery and utilization by subsequent crops after incorporation of leys with different plant composition. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 98. Uppsala.
- Wallenhammar, A.-C. & Pettersson, B. 2003. Management of Take all in spring wheat by different precrops and seed treatments. Nordic Association of Agricultural Scientists, 22nd Congress, Åbo (Turku), Finland 1-4 juli 2003, 189.
- Wallgren, B. 1986. Växtföljden och spannmålets proteinhalt. Försöksledarmötet i Uppsala 1986. Del 2. Intensiv vallodling i norr, aktuella odlingsfrågor, behovsanpassad kvävegödsling. Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 83, 13:1-13.
- Wallgren, B. & Rådberg, E.-L. 1989. Växtföljder med och utan vall. Resultat från försöksserien R4-1103. Växtodling 13, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1991. Residual nitrogen effects of green manure crops and fallow. *Swedish J. agric. Res.* 21: 67-77.

- Wallgren, B. & Lindén, B. 1993. Fånggrödors och plöjningstidpunkters inverkan på kväveminalisering och kväveupptagning. Slutredogörelse för försöksserierna R4-3603 och R4-3604. Växtodling 45, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Wetterlind, J., Stenberg, M., Lindén, B. & Bååth, B. 2005. Baljväxters kväveefterverkan och betydelse för kväveförsörjningen i ekologiskt lantbruk. Jordbruksverket, Jordbruksinformation 1 – 2005, Jönköping.
- Wivstad, M. & Andersson, T. 1991. Gröngödsling som förfrukt till höstvete. Preliminära resultat från fältförsök 1989-1990. Alternativodlingsbrevet 36, SLU Info/Växter.
- Østergaard, H. S., Hvelplund, E. K. & Rasmussen, D. 1985. Assessment of optimum nitrogen fertilizer requirement on the basis of soil analysis and weather condition prior to the growing season. Assessment of Nitrogen Fertilizer Requirement: Institute for Soil Fertility, Haren, Nederländerna, 25-36.

PERSONLIGA MEDDELANDEN

Agronom Jens Blomquist, Agraria Ord och Jord, Skanörgatan 2, Höganäs, www.agraria.se

Agr. dr. Sofia Delin, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, Box 234, 532 23 Skara.

Agronom Lena Engström, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, Box 234, 532 23 Skara.

Agronom Ingemar Gruvaeus, Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara.

Agronom Arne Ljungars, Hushållningssällskapet Kristianstad, Helgesgården i Skepparslöv, Box 9084, 291 09 Kristianstad.

Agronom Magnus Olsson, Hushållningssällskapet Malmöhus, Borgeby Slott, 237 91 Bjärred.

Agronom Robert Olsson, Sockernäringsens BetodlingsUtveckling (SBU), Borgeby Slottsväg 11, 237 91 Bjärred.

Förteckning över utgivna rapporter på Avdelningen för Precisionsodling:

1. Lundström, C., Roland, J., Tunared, R. och Lindén, B. 2004. Jämförelser mellan jordbearbetningssystem på lätt och styv lera – produktion, ekonomi och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder. Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1996 – 2003.
2. Stenberg, M., Delin, K., Roland, B., Söderström, M., Stenberg, B., Wetterlind, J. och Helander, C.A. 2005. *Utveckling av hållbara och produktiva odlingsystem – karakterisering av lerjord. Developing sustainable and productive cropping systems – characterisation of a clay soil.*
3. Stenberg, M., Myrbäck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväveminaliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord.
4. Lindén, B. och Engström, L: 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. *Winter oilseed rape, oats and field peas as crops preceding winter wheat – effect on nitrogen dynamics in the soil and on wheat yields.*
5. Lindén, B., Lerenius, C., Nyberg, A., Delin, S., Ferm, M., Torstensson, G., Hedene, K-A., Gruvaeus, I., Tunared, R. och Roland, J. 2006. Kan växtskyddsåtgärder minska kväveförlusterna vid odling av höstvetete?
6. Wetterlind, J., Stenberg, B., Stenberg, M. och Lindén B. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar – riskbedömning av kväveutlakning. *Mouldboard ploughing in early autumn on clay soils - risk assessment of nitrogen leaching.*
7. Lundström, C (red.). 2006. Precisionsodling 2005 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
8. Lindgren, J., Stenberg, M och Lindén, B. 2007 Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling.
9. Larsson, S., Stenberg, M., Gruvaeus, I. och Engström, M. Odlingsystem för grovfoderproduktion med förbättrad avkastning och produktionsekonomi.
10. Wetterlind, J., Jonsson, A och Stenberg, B. 2007. Indelning av fält i mineraliseringszoner för varierad kvävegödning. *Establishment of mineralization zones for variable rate nitrogen application.*
11. Stenberg, M., Etana, A., Bergkvist, G., Wetterlind, J., Myrbeck, Å., Aronsson, H., Rydberg, T. och Lindén, B. 2007. Uthålliga täckgröde- och fånggrödesystem.
12. Lundström, C. (red). 2007. Precisionsodling 2006 – verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
13. Lundström, C. 2007. Hållbar utveckling för stad och land – en storyline om samarbete i en region.
14. Lindén, B. 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång - en litteraturoversikt.

Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. plats-specifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket. Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet 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. Lanna försöksstation är en viktig resurs för avdelningen, övriga institutioner vid SLU samt andra samarbetspartners.

I serien **Rapporter** redovisas forsknings- och försöksresultat från Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

Rapporterna finns tillgängliga på nedanstående Internetadress. Rapporter kan även beställas från avdelningen, se nedan.

Reports with research results from the Division of precision agriculture (Department of Soil sciences, Swedish University of Agricultural Sciences). The reports are available at the internet address given below and can be ordered from the address below.

Distribution:

Avdelningen för precisionsodling
Institutionen för markvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 234
532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134
Internet: <http://po-mv.slu.se>