



Plantedirektoratet

Vedrørende borghvede og honningurt som efterafgrøder

Seniorforsker
Finn Pilgaard Vinther

Dato: 05-04-2011

Dir.: 8999 1861
E-mail: finn.vinther@agrsci.dk

Plantedirektoratet (PD) er i gang med arbejdet med bekendtgørelse om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække for planperioden 2011/12, og har i den forbindelse anmodet Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) om en vurdering af om borghvede og honningurt kan anvendes som efterafgrøder på lige fod med de eksisterende arter af efterafgrøder.

Side 1/3

Vedlagte svar er udarbejdet af seniorforskere Elly Møller Hansen, Ingrid K. Thomsen og undertegnede, alle fra Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, DJF.

Med venlig hilsen

Finn P. Vinther,
Seniorforsker og temakoordinator for Miljø og bioenergi

Efteraftrøder

Dyrkning, kvælstofoptagelse, kvælstofudvaskning
og eftervirkning

Elly Møller Hansen, Ingrid Kaag Thomsen
og Jørgen Djurhuus
Forskningscenter Foulum
Afdeling for Plantevækst og Jord
Postboks 50
DK-8830 Tjele

Arne Kyllingsbæk og Villy Jørgensen
Forskningscenter Foulum
Afdeling for Jordbrugssystemer
Postboks 50
DK-8830 Tjele

Kristian Thorup-Kristensen
Forskningscenter Årslev
Afdeling for Prydplanter og Vegetabiliske Fødevarer
Kirstinebjergvej 10
Postboks 102
DK-5792 Årslev

DJF rapport Markbrug nr. 37 • december 2000

Udgivelse: Danmarks JordbrugsForskning Tlf. 89 99 19 00
Forskningscenter Foulum Fax 89 99 19 19
Postboks 50
8830 Tjele

Løssalg: t.o.m. 50 sider 50,- kr.
(incl. moms) t.o.m. 100 sider 75,- kr.
over 100 sider 100,- kr.

Abonnement: Afhænger af antallet af tilsendte rapporter,
men svarer til 75% af løssalgsprisen.

Indholdsfortegnelse

1. Forord	5
2. Sammendrag	6
3. Indledning	9
4. Resultater	10
4.1 Græsarter	10
4.1.1 Plante- og afgrødefysiologi	10
4.1.1.1 Vækstforhold	10
4.1.1.2 Rødder	11
4.1.2 Såning og etablering	12
4.1.2.1 Udlæg i vårbyg	12
4.1.2.2 Udlæg i vinterhvede	13
4.1.2.3 Udlæg i majs	13
4.1.2.4 Udlæg i ærter	14
4.1.3 Udbytte og kvælstofoptagelse	14
4.1.4 Reduktion af kvælstofudvaskning	15
4.2 Korsblomstrede arter	17
4.2.1 Plante- og afgrødefysiologi	17
4.2.2 Såning og etablering	18
4.2.3 Udbytte og kvælstofoptagelse	18
4.2.4 Reduktion af kvælstofudvaskning	20
4.3 Kornarter	22
4.3.1 Plante- og afgrødefysiologi	22
4.3.2 Såning og etablering	22
4.3.3 Udbytte og kvælstofoptagelse	22
4.3.4 Reduktion af kvælstofudvaskning	23
4.4 Bælgplanter	24
4.4.1 Plante- og afgrødefysiologi	24
4.4.2 Såning og etablering	25
4.4.3 Udbytte og kvælstofoptagelse	25
4.4.4 Reduktion af kvælstofudvaskning	26
4.5 Andre arter	26
4.5.1 Honningurt	27
4.5.1.1 Plante- og afgrødefysiologi	27
4.5.1.2 Såning og etablering	27
4.5.1.3 Udbytte og kvælstofoptagelse	27
4.5.1.4 Reduktion af kvælstofudvaskning	28
4.5.2 Cikorie	28

4.6	Nedmuldning og omsætning af efterafgrøder i jorden	29
4.7	Eftervirkning.....	30
4.7.1	Eftervirkning af græsarter.....	31
4.7.2	Eftervirkning af korsblomstrede arter.....	33
4.7.3	Eftervirkning af kornarter.....	33
4.7.4	Eftervirkning af bælgplantearter.....	34
4.7.5	Eftervirkning af honningurt.....	34
4.7.6	Langsigtet eftervirkning	34
5.	Diskussion og konklusion.....	35
5.1	Relationer mellem efterafgrøders kvælstofoptagelse, udvaskningsreduktion og eftervirkning	35
5.2	Valg af efterafgrøde i relation til bedriftsform	37
5.2.1	Sædsifter på kvægbedrifter.....	37
5.2.2	Sædsifter på svinebedrifter	38
5.2.3	Sædsifter på plantebedrifter overvejende med korn	38
5.2.4	Sædsifter på plantebedrifter med specialafgrøder	38
5.3	Generelle forhold vedrørende valg og dyrkning af efterafgrøder.....	38
5.4	Valg af efterafgrøde i relation til hovedafgrøde	39
5.4.1	Vårbyg	39
5.4.2	Vinterhvede	39
5.4.3	Øvrige kornarter	40
5.4.4	Helsæd	40
5.4.5	Majs	40
5.4.6	Roer	40
5.4.7	Raps	41
5.4.8	Ærter	41
5.4.9	Kartofler.....	41
5.4.10	Grøntsager	41
6.	Behov for forskning og udvikling	41
7.	Referencer.....	43

1. Forord

I de senere år har der i Danmark været stigende fokus på landbrugets kvælstofanvendelse. Baggrunden for dette er krav om en reduktion i udvaskningen af næringsstoffer til grundvand, vandløb og indre farvande. Anvendelse af efterafgrøder kan være en af metoderne til at reducere kvælstofudvaskningen og opnå en bedre kvælstofudnyttelse.

Denne rapport indeholder en udredning vedrørende efterafgrøder under danske forhold med fokus på valg af planteart, kvælstofoptagelse, kvælstofudvaskning samt eftervirkning. Udredningen er foretaget i forbindelse med midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan II.

Publikationen indeholder en beskrivelse af aktuelle efterafgrøders vækstforhold, dyrkning, udbytteforhold og deres effekt på kvælstofudvaskningen. Der er givet en udførlig gennemgang af de enkelte efterafgrøder. Rapporten indeholder endvidere afsnit af mere generel karakter, herunder en gennemgang af efterafgrøders omsætning og eftervirkning. I diskussionsafsnittet er der foretaget en syntese af efterafgrøders effekt på kvælstofudvaskningen samt deres eftervirkning. Valg af efterafgrøde diskuteres derefter i relation til jordtype, sædskifte og hovedafgrøde.

December, 2000.

Villy Jørgensen

2. Sammendrag

Gennem en årrække er der gennemført mange forsøg med efterafgrøder. Tidligere var interessen centreret om produktion af foder, men de senere års stigende fokus på reduktion af kvælstofudvaskningen fra landbruget har medført, at nyere undersøgelser især har været centreret om efterafgrøders kvælstofoptagelse, deres reduktion af udvaskningen samt eftervirkning på de følgende afgrøder. Interessen for efterafgrøder er blevet yderligere aktualiseret af, at der i henhold til Vandmiljøplan II skal dyrkes efterafgrøder på 6% af et nærmere defineret areal.

Formålet med rapporten er at:

1. Gennemgå de efterafgrøder, der er relevante under danske forhold, herunder deres vækstforhold og krav til dyrkning.
2. Belyse efterafgrøders kvælstofoptagelse, udvaskningsreducerende effekt samt eftervirkning.
3. Diskutere valg af efterafgrøde i relation til sædskifte, jordtype og hovedafgrøde.

Græsser er især velegnede som efterafgrøde ved udlæg i korn med henblik på at opsamle kvælstof efter høst. Derimod er græsserne på grund af deres langsomme udvikling uegnede til såning efter høst af hovedafgrøden i sensommeren. Italiensk rajgræs vil ofte konkurrere for meget med hovedafgrøden, mens udlæg af 8-10 kg/ha af middeltidlig eller sildig almindelig rajgræs har vist sig kun i ringe grad at konkurrere med hovedafgrøden. I forsøg har alm. rajgræs kunnet optage op til 75 kg N/ha i overjordisk plantemateriale i løbet af efteråret.

Korsblomstrede efterafgrøder udvikler sig hurtigt ved rettidig såning. De kan derfor sås efter tidligt høstede hovedafgrøder, f.eks. efter visse grøntsager, men også efter tidligt høstet korn, hvis den korsblomstrede efterafgrøde kan sås inden midten af august. Ved såning efter dette tidspunkt bliver effekten af korsblomstrede efterafgrøder usikker. Der er gennemført flest forsøg med gul sennep. Ved valg af art kan der være behov for at tage hensyn til arternes forskellige vinterfasthed. I forsøg har korsblomstrede arter optaget op til 70 kg N/ha i overjordisk plantemateriale efter almindelige landbrugsafgrøder. I forsøg med grøntsager er der fundet optagelser på op til 170 kg N/ha.

Kornarterne har en relativt hurtig udvikling, som kan berettige dem som efterafgrøde efter tidlig høst af grøntsager. De vil dog være uegnede til såning i en hovedafgrøde. Der er i forsøg med kornefterafgrøder sået omkring 1. august efter grøntsager fundet kvælstofoptagelser op til 70 kg N/ha.

Bælgplanter har på grund af deres kvælstoffikserende evne især været anvendt som grøngødning. Foreløbige resultater tyder på, at undersåede bælgplanter kan reducere indholdet af uorganisk kvælstof i jorden sammenlignet med ubevokset jord. For mere effektivt at kunne reducere udvaskningen kan bælgplanter evt. indgå i blanding med andre arter.

En række andre arter kan være interessante som efterafgrøder. Arter, som etableres og udvikles hurtigt om efteråret, og som har et veludviklet rodnet, vil især være aktuelle. Foreløbige undersøgelser viser, at cikorie kan være interessant som udlæg i korn. Honningurt er en anden

art, som etableres relativt hurtigt, men den er uegnet som udlæg. Ved såning efter kål er der med honningurt opnået en kvælstofoptagelse på 150 kg/ha. Ulempen ved honningurt er, at den er meget følsom over for frost.

Ved gødskning af efterafgrøder om efteråret er der normalt opnået en øget produktion og kvælstofoptagelse i efterafgrøden, men der er sjældent opnået en meroptagelse af kvælstof, som svarer til den tilførte mængde. Ved uensartet etablering eller svag vækst af efterafgrøden kan dette medføre større udvaskning fra arealer med gødede efterafgrøder end fra arealer uden efterafgrøder. Hvis hovedformålet med en efterafgrøde er at mindske nitratkoncentrationen i jordvæsken, bør efterafgrøden derfor ikke tilføres kvælstof. Er formålet med en efterafgrøde at producere foder, vil en veletableret efterafgrøde af græs, gødet med en afstemt mængde gødning i de fleste tilfælde formentlig være i stand til at reducere udvaskningen til samme niveau som en tilsvarende ikke gødet efterafgrøde.

Tidspunktet for nedmuldning af en efterafgrøde kan få stor betydning for størrelsen af den reduktion, der opnås i udvaskningen. Ved tidlig nedmuldning om efteråret kan kvælstofmineraliseringen begynde ved endog meget lave temperaturer. Dette kan være uheldigt især på sandjord, da der er risiko for, at en del af det frigivne kvælstof udvaskes. Nedmuldning bør derfor vente til om foråret, hvis det er muligt. For at undgå at efterafgrøder på lerjord i det tidlige forår optager kvælstof, som ellers ville være til rådighed for den efterfølgende afgrøde, bør efterafgrøder på lerjord nedmuldes tidligst muligt om foråret eller evt. sent efterår, hvorved risikoen for negativ eftervirkning i den følgende afgrøde minimeres. Kun en mindre del af kvælstoffet, der optages i efterafgrøden, vil blive frigivet de første år efter nedmuldning. Det vurderes, at der på tværs af jordtyper og relevante efterafgrøder i de første tre år efter dyrkning af en efterafgrøde vil være en eftervirkning på henholdsvis 3, 1 og <1 kg N/ha, svarende til, at der kan spares henholdsvis ca. 6, 3 og 1 kg N/ha i handelsgødning. For at opnå de angivne værdier på lerjord forudsættes det, at efterafgrøden nedmuldes så tidligt, at den ikke optager væsentlige mængder kvælstof om foråret. Derved minimeres risikoen for negativ eftervirkning, som ofte ses på lerjord.

Det anslås, at der gennemsnitligt kan opnås en reduktion i udvaskningen på 25 kg N/ha ved dyrkning af veletablerede efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder tilført afstemte mængder gødning.

Gentagen nedmuldning af efterafgrøder vil øge jordens indhold af både kulstof og kvælstof. Dette kan medføre, at en del af det kvælstof, som er blevet tilbageholdt i jorden fra tidligere efterafgrøder, vil blive udvasket på et senere tidspunkt. Det er vist i forsøg, at efter ophør af flere års dyrkning af efterafgrøder i vårbyg kan der forekomme en betydelig merudvaskning. For at opnå maksimal reduktion af udvaskningen ved dyrkning af efterafgrøder er det derfor vigtigt at tilpasse afgrødevalg og sædskifte, så kvælstof mineraliseret fra efterafgrøder kan blive udnyttet. Det er også vist, at langvarig dyrkning af efterafgrøder kan øge jordens generelle frugtbarhed. Der kan måske være tale om en positiv effekt af en forøget biologisk aktivitet eller frigivelse af mikronæringsstoffer.

Mulighederne for anvendelse af eftergrøder vil være bestemt af sædskiftet. På kvægbedrifter vil der generelt kun være muligheder for at dyrke efterafgrøder, hvis der i sædskiftet dyrkes vårbyg efter korn og i forbindelse med dyrkning af majs. På svine- og planteavlsbedrifter vil det ligeledes især være aktuelt med efterafgrøder, når der dyrkes vårbyg efter korn. Hvis der ikke sås vintersæd efter ærter, raps og tidlige kartofler, vil der også her være mulighed for at dyrke efterafgrøder. På planteavlsbedrifter med specialafgrøder som grøntsager vil det ligeledes være aktuelt at anvende efterafgrøder.

Ved dyrkning af vårkorn bør der vælges alm. rajgræs som efterafgrøde. Græsset sås som udlæg i hovedafgrøden. Herved opnås, at efterafgrøden er i vækst ved høst, og at der undgås jordbearbejdning efter høst. Efter grøntsager og tidlige kartofler bør der vælges en efterafgrøde, der sås efter høst og som har en hurtig vækst, f.eks. en korsblomstret art eller vintersæd.

Anvendelse af efterafgrøder i forbindelse med vintersæd og majs er kun sparsomt belyst. Der er derfor behov for undersøgelser vedrørende isåning af udlæg i disse afgrøder. Ligeledes bør bælgeplanter og arter med dyb rodvækst undersøges mht. deres udvaskningsbegrænsende effekt. Endelig er der behov for nærmere analyser af den langsigtede effekt ved gentagen anvendelse af efterafgrøder.

3. Indledning

I forbindelse med Vandmiljøplan I blev det vedtaget, at mindst 65% af arealet på den enkelte bedrift skulle være dækket med grønne planter om efteråret. Det blev estimeret, at arealet med efterafgrøder ville komme til at udgøre ca. 600.000 ha på landsplan, for at kravet om 65% grønne marker kunne opfyldes. Da arealet med vinterformer af korn og raps efterfølgende steg betydeligt, fik arealet med efterafgrøder imidlertid aldrig det estimerede omfang.

I forbindelse med Vandmiljøplan II blev det besluttet, at der skulle implementeres en række tiltag, der tilsammen skulle medføre en reduktion i udvaskningen af kvælstof på 37.100 t N/år. Et af de vedtagne tiltag var dyrkning af efterafgrøder på yderligere 120.000 ha. Det blev vurderet, at udvaskningen med dette omfang af ”nye efterafgrøder” kunne reduceres med 3.000 t N/år, svarende til 25 kg N/ha/år.

Det blev i forbindelse med Vandmiljøplan II derfor besluttet, at 6% af et nærmere fastlagt areal skal dyrkes med efterafgrøder. En efterafgrøde er en afgrøde, som vokser videre, efter at hovedafgrøden er høstet. Efterafgrøden kan enten være isået hovedafgrøden, eller sås efter høst af denne. De efterafgrøder, der kan anvendes, er græsudlæg, korn og græs sået efter høst (dog senest 1. august), korsblomstrede afgrøder sået umiddelbart før eller efter høst (dog senest 20. august) og frøgræs. Det vil sige, at definitionen af 6% efterafgrøder både mht. til valg af efterafgrøde og såtidspunkt er mere begrænset, end hvad der opfattes som efterafgrøder set fra et landbrugsmæssigt synspunkt. Desuden skal efterafgrøder efter 6% reglen efterfølges af en forårssået afgrøde.

Det miljømæssige hovedformål med en efterafgrøde er, at den i efterårsperioden skal optage det kvælstof, som ellers ville blive udvasket. Herudover kan efterafgrøder have en række andre formål. Således kan efterafgrøder anvendes til foderforsyning, og på planteavlbrug har korsblomstrede efterafgrøder været anvendt med henblik på at opnå sædskiftemæssige forbedringer. Mulige positive driftsmæssige effekter er et mindre gødningsforbrug gennem udnyttelse af en positiv eftervirkning, en forbedret jordstruktur og en øget biologisk aktivitet i jorden. Dyrkning af efterafgrøder har således både driftsøkonomisk og miljømæssig interesse. Ved dyrkning af efterafgrøder er det dog vigtigt at minimere både problemer med ukrudt og andre skadevoldere samt udbyttereduktion i hovedafgrøden.

I de seneste tre årtier er der gennemført et stort antal forsøg med forskellige efterafgrøder. I landbruget har interessen især været koncentreret om efterafgrøder efter korn, hvor alternativet var bar jord om efteråret. I grøntsagsproduktionen har interessen været rettet mod dyrkning af efterafgrøder efter tidligt høstede grøntsager. Forsøgs- og forskningsindsatsen har især omhandlet dyrkningsteknik og udbytteforsøg herunder kvælstofoptagelse i efterafgrøden og i et mindre omfang rodvækst. Herudover er der foretaget en række forsøg, hvor effekten på kvælstofudvaskningen er bestemt, og forsøg, hvor omsætning og eftervirkning af efterafgrøden er undersøgt.

Formålet med denne rapport er at:

1. Præsentere en samlet gennemgang af de efterafgrøder, der er relevante under danske forhold.
2. Gennemgå afgrødernes mulige kvælstofoptagelse og reduktion af kvælstofudvaskning.
3. Belyse efterafgrødernes eftervirkning og diskutere valg af efterafgrøde i relation til sædskifte, jordtype og hovedafgrøde.

I rapporten gennemgås ikke kun ”6% efterafgrøder”, men også andre afgrøder, der kan være relevante som efterafgrøder.

4. Resultater

4.1 Græsarter

4.1.1 Plante- og afgrødefysiologi

I naturlige græsgange findes et meget stort antal græsarter. Ifølge Andersen (1996) omtaler Mentz (1935) i ”Danske Græsser” 118 arter. I dag er der i dansk landbrug kun få arter, der har væsentlig betydning. Græsser ligner korn mht. bygning, spiring og udvikling, men de er alle flerårige, og buskningen er langt kraftigere end hos korn (Andersen, 1996). De dyrkede græsser er ved forædling udvalgt mht. deres egnethed til såning som udlæg i kornafgrøder. Rydberg & Karlsson-Strese (1994) fandt derfor ikke overraskende, at mange af de dyrkede græsser var velegnede som forårssåede efterafgrøder, men at problemet var at undgå for kraftig vækst i første del af vækstsæsonen og dermed for stor konkurrence over for hovedafgrøden.

4.1.1.1 Vækstforhold

I det følgende gives en kort beskrivelse af de mest almindelige græsser. Beskrivelsen stammer hovedsagelig fra Andersen (1996).

Almindelig rajgræs (*Lolium perenne*) og italiensk rajgræs (*Lolium multiflorum*) hører til de vigtigste kulturgræsser. De to græsser krydser villigt, og mellemformer sælges under navnet hybridrajgræs. Westerwoldisk rajgræs (*L. multiflorum*, var. *westerwoldicum*) er en enårig varietet af ital. rajgræs. Den har lejlighedsvis været afprøvet i Danmark, men har hidtil ikke fået nogen større udbredelse. Rajgræstyperne har alle forholdsvis store frø.

Alm. rajgræs klassificeres i tidlige, halvsildige eller middeltidlige og sildige sorter på grundlag af skridningstidspunkt. De sildige sorter udvikler sig mere langsomt og er gennemgående mere persistente end de tidlige og middeltidlige sorter. Alm. rajgræs har god markspiring, og fortsætter væksten længe, i milde perioder vinteren igennem, og er tidligt i vækst om foråret. Alm. rajgræs er egnet til dyrkning på alle jordtyper med undtagelse af meget fugtige mosearealer.

Ital. rajgræs er et af vore hurtigst voksende græsser. Det gror godt til i udlægsåret, og begynder væksten tidligt i det følgende forår, men har kun ringe varighed, og er følsomt over for

kulde. Ital. rajgræs trives både på lerjord og sandjord, men sætter pris på jord i god kultur og på rigelig gødning.

Timothe (*Phleum pratense*) er et græs, som sjældent lider vinterskade i Danmark, men kravene til fugtighed er store. I tørre perioder er timothe et af de græsser, der først standser væksten. Det egner sig derfor ikke til dyrkning på sandjord, men har sit bedste dyrkningsområde på lermuldet jord i egne med rigelig nedbør. På eng- og mosejord fortrænges det dog let af andre arter. Markspiringen er stærkt afhængig af spiringsbetingelserne. Kornvægten er blot 0,4 mg, og de små frø kræver et fint såbed og ringe dækning. Udviklingen efter fremspiring er langsom.

Eng-svingel (*Festuca pratensis*) er et hårdført græs, der er fuldt vinterfast. Det sætter pris på fugtighed, men er dog knapt så krævende som timothe. Det lykkes godt på almindelig agerjord og på frugtbare, humusrige arealer i god kultur. Derimod egner det sig ikke til tør og mager sandjord. Spiringen i marken er til trods for de ret store frø ofte meget mangelfuld. Udviklingen er ret kraftig i udlægsåret.

Rød svingel (*Festuca rubra*) træffes på alle jordtyper under vidt forskellige forhold. Udviklingen er langsom, og rød svingel er svag i udlægsåret.

Ved traditionel etablering af deciderede græsmarker benyttes næsten udelukkende blandinger af græsarter bl.a. for at sikre en stor produktion under forskellige betingelser. Så vidt vides er blandinger af græsser ikke afprøvet som efterafgrøde. Når frøblandinger benyttes, er der sædvanligvis tale om en enkelt græsart i blanding med en enkelt bælgplanteart (f.eks. Torstensson *et al.*, 1993; Hiitola & Eltun, 1996). Det er dog ikke usandsynligt, at blandinger af græsarter vil kunne bevirke en mere stabil effekt som efterafgrøde under forskellige vejrforhold, både før og efter høst af hovedafgrøden.

I tidligere forsøg med græs som efterafgrøde var det hovedsagelig ital. rajgræs, der blev benyttet, men den viste sig ofte at konkurrere voldsomt med hovedafgrøden (f.eks. Jensen, 1991; Lewan, 1994), hvilket medførte mindre udbytter i dæksæden end ved dyrkning af alm. rajgræs. Andersen og Olsen (1993) fandt som gennemsnit over fire lokaliteter og tre år en udbyttereduktion i vårbyg ved udlæg af ital. rajgræs på 4 hkg/ha mod 0,6 hkg/ha ved udlæg af alm. rajgræs. Desuden bemærkede Rasmussen (1991a), at høsten var vanskeliggjort og udbyttene reduceret i år, hvor der i kornafgrøden var en kraftig bestand af ital. rajgræs.

4.1.1.2 Rødder

Aslyng (1978) angiver effektiv/fuld roddebygge for græs til frø eller hø til at være 75/100 cm på en fin sandblandet lerjord, som ikke begrænser rodudviklingen. Med effektiv roddebygge forstås den dybde, hvor rodtætheden er tilstrækkelig stor til, at planterne kan udnytte 80-90% af det tilgængelige vand. Andersen (1996) angiver, ud fra flere kilder, følgende roddebygger for forskellige græsser: rød svingel: 110 cm; ital. rajgræs: 90 cm; alm. rajgræs: 80 cm samt timothe og eng-svingel: 60 cm.

Det har ikke været muligt at finde specifikke undersøgelser over rodudviklingen hos græsser sået som udlæg i korn. Thorup-Kristensen (1993a) fandt, at ved såning omkring 1. august på

lerjord nåede enkimbladede efterafgrøder, heriblandt ital. rajgræs, i løbet af efteråret en rod- dybde på 60-100 cm, mens de tokimbladede afgrøder generelt havde rødder til 112 cm (max. måledybde) allerede i september. Om de enkimbladede er i stand til tidligere at opnå større rod- dybde ved såning om foråret er uvist. Resultater fra undersøgelser i græsmarker (Andersen, 1986) tyder dog på, at rod- dybden øges med tiden.

Ikke blot rod- dybden, men også mængden af rødder må formodes at have indflydelse på, hvor effektivt en efterafgrøde fungerer i forhold til at mindske udvaskningen. Den mængde nitrat, som udvaskes i efterårs- og vintermånederne efter dyrkning af landbrugsafgrøder (grøntsager ikke medregnet), stammer i de fleste år fra mineralisering af organisk bundet kvælstof og ikke fra ubrugt gødning (Martinez & Guiraud, 1990; Hansen & Djurhuus, 1996). Det meste af det kvælstof, der forventes optaget af en efterafgrøde i efterårs og vintermånederne, vil derfor frigives i den øverste del af jordprofilen.

Græsser har en stor del af deres rødder i de øverste jordlag (Jensen, 1980). Ved lavt udbytte- niveau i dæksæden målte Breland (1996a) rodmængder i 0-30 cm dybde på 20-30 hkg tør- stof/ha for ital. rajgræs i oktober måned. Andersen & Olsen (1994a) målte derimod rodmæng- der i 0-50 cm dybde på blot 6 hkg/ha i samme efterafgrøde sået efter høst af vinterbyg. An- dersen & Olsen (1994a) fandt desuden, at der ikke var signifikant forskel på jordens uorgani- ske kvælstofindhold i 0-50 cm dybde for ital. rajgræs, gul sennep og honningurt, alle sået på lerjord efter høst af vinterbyg.

Mængden af rødder, der udvikles af efterafgrøden i hovedafgrødens vækstperiode, påvirkes af bl.a. kvælstofgødskningen om foråret. Breland (1996a) fandt, at kvælstofgødskning af hoved- afgrøden fremmede rod- væksten hos ital. rajgræs, mens rod- væksten blev hæmmet hos hvid- kløver.

Ved sen høst af hovedafgrøden og efterfølgende meget nedbørsrige forhold kan hurtig rod- udvikling have betydning for udvaskningen af nitrat. Under disse forhold kan nedbøren for- mentlig føre nitrat ned under efterafgrødens rodzone (f.eks. Hansen & Djurhuus, 1997a). Tho- rup-Kristensen (1993a) fandt ved såning omkring 1. august langsommere rod- udvikling hos enkimbladede arter med rod- vækst på 1-2 cm i døgnet, mod op til 8 cm i døgnet for foderrød- dike. Det er dog ikke givet, at en afgrøde med hurtigere rod- vækst etableret efter høst ville kunne reducere udvaskning mere under ovennævnte forhold, da den langsommere rod- udvik- ling hos enkimbladede afgrøder, som f.eks. græsser, kan være delvist opvejet, når disse afgrø- der etableres som udlæg om foråret.

4.1.2 Såning og etablering

4.1.2.1 Udlæg i vårbyg

Da de dyrkede græsser som tidligere nævnt er tilpasset såning som udlæg i kornafgrøder, er det nærliggende at etablere efterafgrøder af græsser som udlæg. Desuden er udlæg af græs i kornafgrøder en for de fleste landmænd velkendt metode.

Græsfrø bør sås overfladisk i fugtig jord. Ital. og alm. rajgræs med relativt store frø kan iblandes kornet i såmaskinen og udsås samtidig med kornet, hvis der ikke sås for dybt. Der kan dog være risiko for, at der foregår en sortering i såmaskinen med uensartet etablering til følge. Ifølge Andersen (1996) bør storfrøede græsser som ital. og alm. rajgræs ikke sås dybere end 3 cm. En mulighed er at så frøet umiddelbart efter såning af kornet eller at udskyde såtidspunktet for at mindske græssets konkurrenceevne. Ohlander *et al.* (1996) konkluderede, at udlæg i byg bør sås, når vejrforholdene er gunstige på et tidspunkt mellem kornets såning og fremspiring. Ved senere såning er der risiko for at skade kornafgrøden.

Småfrøede græsser skal sås uafhængigt af kornet for at frøene kan sås i korrekt dybde. Ifølge Andersen (1996) bør småfrøede græsser (f.eks. timothe) ikke sås dybere end 1 cm og arter med mellemstore frø (f.eks. rød svingel) ikke dybere end 2 cm. Afhængig af vejrforholdene og jordens tilstand kan det ifølge Andersen (1996) være hensigtsmæssigt at tromle jorden før eller efter såning af græsser for at få placeret frøene i korrekt dybde og i kontakt med fugtig jord.

Bergkvist *et al.* (1994) afprøvede forskellige udsædsmængder af alm. rajgræs og fandt, at udsædsmængden kunne være så lav som 3 kg/ha under gunstige forhold. Under mindre gunstige forhold er en større udsædsmængde nødvendig for at sikre en ensartet etablering. I nyere forsøg med alm. rajgræs som efterafgrøde er ofte benyttet udsædsmængder på mellem 7 og 10 kg/ha (Andersen & Olsen, 1993; Anonym, 1993; Hansen & Djurhuus, 1997a; Stenberg, 1998; Tjell *et al.*, 1999).

4.1.2.2 Udlæg i vinterhvede

Ved udlæg i vintersæd er der mulighed for at etablere efterafgrøden om efteråret eller om foråret. Der er dog kun få undersøgelser af udlæg af græs i vintersæd til modenhed. Såning om efteråret samtidig med hvedens såning angives som en uegnet metode for alm. rajgræs (Andersen & Olsen, 1994b; Bergkvist *et al.*, 1994) og rød svingel (Andersen & Olsen, 1994b). En udsættelse af såtidspunktet til tidspunktet for hvedens fremspiring viste sig ligeledes at være uegnet, da såningen forårsagede betydelig skade i hveden (Bergkvist *et al.*, 1994). Såning om foråret af ital. eller alm. rajgræs i hvede er fundet at have mindre negativ effekt på hvedeudbyttet end efterårssåning (Andersen & Olsen, 1994b; Stenberg, 1998), men der er risiko for, at udlægget ikke kan klare konkurrencen. I hvede på marskjord fandt Rasmussen (1991a) dog store udbyttetab ved isåning af ital. rajgræs om foråret. Anonym (1993) fandt i forsøg hos landmænd, at det var usikkert at etablere græsudlæg ved såning i vintersæd om foråret. Dette afspejler sig ligeledes i dyrkningsvejledning for udlæg af sædskiftegræs (Anonym, 1996), hvori det bl.a. hedder, at i kraftige afgrøder og på lerjord mislykkes etablering ofte ved forårssåning. Samme sted nævnes efterårssåning udelukkende som en mulighed, hvis vintersæden høstes som helsæd.

4.1.2.3 Udlæg i majs

På grund af majsens sene høsttidspunkt er vækstbetingelserne ringe for en efterafgrøde sået efter høst. Nielsen & Mikkelsen (1999) konkluderede på baggrund af forsøg i de Landøkonomiske Foreninger i 1998-99, at sildig alm. rajgræs (10 kg/ha) bør sås, når majsens er 25-30 cm

høj for at sikre en god etablering af efterafgrøden. Dette påvirkede hverken udbytte eller foderværdi af majs, mens såning af 10 kg rødsvingel/ha samtidig med majs bevirkede et mindre udbytte af majs. Under canadiske forhold fandt Abdin *et al.* (1998), at heller ikke udlæg af ital. rajgræs sået enten 10 eller 20 dage efter såning af majs påvirkede udbyttet af majs. Under hollandske forhold var tørstofudbyttet et enkelt år negativt påvirket af udlæg af ital. rajgræs sået midt i juni, hvilket tilsyneladende skyldtes en mindre tæt plantebestand af majs dette år, hvor græsset fik bedre konkurrencevilkår (Schröder *et al.*, 1992). Udlæggets konkurrence over for hovedafgrøden er således afhængig af hovedafgrødens vækst i foråret og først på sommeren.

4.1.2.4 Udlæg i ærter

Jensen (1991) konkluderede på baggrund af to års forsøg, at udlæg af både ital. rajgræs og alm. rajgræs var uegnet i ærter, da rajgræsset reducerede udbyttet af ærterne ved udsædsmængder på henholdsvis 15 og 10 kg/ha. Udbyttereduktionen for alm. rajgræs var dog ikke signifikant. Muligvis vil mindre udsædsmængde og/eller senere såning af alm. rajgræs kunne mindske konkurrencen over for ærterne.

4.1.3 Udbytte og kvælstofoptagelse

Ital. og alm. rajgræs er de mest benyttede efterafgrøder til udlæg i korn. Begge græsser har vist, at de er i stand til at optage store kvælstofmængder i efterårsperioden. I forsøg med tilførsel af stigende mængder kvælstof til ital. rajgræs om efteråret opnåedes gennemsnitlige tørstofudbytter varierende fra 7 hkg/ha uden kvælstoftilførsel til 18 hkg/ha ved 120 kg N/ha. Den tilsvarende kvælstofoptagelse varierede fra 13 til 58 kg N/ha (Jacobsen, 1971). Udbytter af samme størrelse er opnået i forsøg med tilførsel af kvælstofmængder fra 0 til 80 kg N/ha (Jepsen, 1972) samt ved tilførsel af 100 kg N/ha (Jacobsen & Bentholt, 1981). I et forsøg, hvor der blev tilført 150 kg N/ha før såning af ital. rajgræs midt i juli måned, blev der målt et gennemsnitligt tørstofudbytte på 45 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 150 kg N/ha (Sørensen, 1992). Den høje kvælstofoptagelse i det sidstnævnte forsøg skyldtes givetvis den forholdsvis lange vækstperiode.

Alm. rajgræs optog fra 33 til 76 kg N/ha i overjordisk biomasse ved tilførsel af 100 kg N/ha i kartoffelrugtsaft i november måned (Simmelsgaard, 1991). På landbrugsarealer med tilførsel af husdyrgødning har efterafgrøder af alm. rajgræs ligeledes vist sig at være effektive. Landskontoret for Planteavl (Anonym, 1993) konkluderede ud fra forsøg på intensive svinebrug, at veletablerede (rettidigt såede) græsefterafgrøder effektivt kunne reducere nitratophobningen i efteråret. Uden tilførsel af kvælstof om efteråret blev der høstet op til ca. 40 kg N/ha i efterafgrøde om efteråret, samtidig med at det uorganiske kvælstofindhold i jorden blev reduceret med op til ca. 75 kg N/ha. Andre forsøg har dog vist en mindre effektiv kvælstofoptagelse. Tjell *et al.* (1999) fandt ved forsøg i det sydlige Sverige ved udbringning af ca. 180 kg total-N/ha i gylle i september-november måned, at alm. rajgræs ikke formåede at optage hele kvælstofoverskuddet, hvilket resulterede i øget udvaskning.

I betragtning af den ringe forskel, der er rapporteret i tørstofproduktion og kvælstofoptagelse for ital. og alm. rajgræs (Jensen, 1991; Andersen & Olsen, 1993, 1994a; Ohlander *et al.*, 1996), samt pga. den kraftigere vækst af ital. rajgræs i udlægsåret (Andersen & Olsen, 1993), vil alm. rajgræs generelt være bedst egnet som efterafgrøde sået som udlæg om foråret. Ved prøveudtagning sent efterår er der for alm. rajgræs dyrket uden tilførsel af gødning om efteråret rapporteret om overjordiske tørstofproduktioner på mellem 3 og 25 hkg/ha (Jensen, 1991; Djurhuus & Lind, 1992; Andersen & Olsen, 1993; Ohlander *et al.*, 1996; Hansen & Djurhuus, 1997a), mens rodbiomassen er blevet målt til mellem 4 og 18 hkg/ha (Jensen, 1991; Andersen & Olsen, 1993). Den overjordiske kvælstofoptagelse varierede fra 7 til 38 kg N/ha (Jensen, 1991; Djurhuus & Lind, 1992; Andersen & Olsen, 1993; Ohlander *et al.*, 1996, Hansen & Djurhuus, 1997a). De angivne kvælstofoptagelser er i visse tilfælde gennemsnitsværdier, der dækker over stor variation.

Årsager til ringe biomasseproduktion af efterafgrøde udlagt i dæksæd om foråret kan være: 1) dårlig etablering af efterafgrøden, 2) sen høst af hovedafgrøden, hvilket forkorter efterafgrødens egentlige vækstperiode (Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997a), 3) utilstrækkelig regn og køligt vejr efter høst og 4) utilstrækkeligt med lettilgængeligt kvælstof i jorden i efterårsperioden.

Generelt er det fundet, at gødskning af efterafgrøder med 30 eller 50 kg N/ha efter høst af hovedafgrøden har forøget såvel tørstofproduktion og kvælstofoptagelse (Jepsen, 1987; Andersen & Olsen, 1993, 1994a,c), men i intet tilfælde er der målt meroptagelser svarende til den tilførte mængde. Det synes derfor ikke hensigtsmæssigt at foretage gødskning om efteråret, da udvaskningen af mineralsk kvælstof derved kan øges. Hvis efterafgrøden ønskes udnyttet til foder, kan der tilføres gødning, men hvis hensigten med en efterafgrøde er at mindske nitratkoncentrationen i jordvæsken, bør den ikke tilføres kvælstof. En veletableret gødet efterafgrøde af alm. rajgræs har dog vist sig i stand til at kunne reducere udvaskningen til samme niveau som en tilsvarende ugødet efterafgrøde og til et betydeligt lavere niveau end for ubevokset jord (Simmelsgaard, 1991).

4.1.4 Reduktion af kvælstofudvaskning

I en overvejende del af de udvaskningsrelaterede forsøg med efterafgrøder er der målt ammonium og nitrat på et enkelt tidspunkt i løbet af efteråret. Men mineralisering og transport af nitrat ned gennem jorden er dynamiske processer, som jordprøver blot giver et øjebliksbillede af. Resultaterne fra sådanne undersøgelser vil derfor ikke nødvendigvis være udtryk for, hvilken effekt efterafgrøder har på den samlede udvaskning.

Kvælstof, der er optaget i en ikke-gødet, ikke-kvælstoffikserende efterafgrøde, er midlertidigt fjernet fra jordens indhold af mineralsk kvælstof og dermed ikke mere umiddelbart tilgængeligt for udvaskning. Ved nedmuldning af efterafgrøden om efteråret kan omsætning af efterafgrøden især på sandjord medføre tab af kvælstof. Men heller ikke ved forårsnedmuldning er der altid sammenhæng mellem kvælstofindholdet i efterafgrøden og den udvaskningsreducerende effekt (Hansen *et al.*, 1995). Dette skyldes dels, at der er usikkerheder forbundet med

bestemmelse af både planteoptagelse og udvaskning, og dels at kvælstofindholdet i rødder ofte ikke er bestemt. Hertil kommer, at på jorde, hvor udvaskningen er lav pga. jordtype og/eller nedbør, vil en efterafgrøde normalt optage mere kvælstof end udvaskningen reduceres. En anden medvirkende årsag kan være, at mineralisering og denitrifikation ikke nødvendigvis er den samme i en mark med efterafgrøde som i en mark uden efterafgrøde. Der er således fundet mindre mineralisering ved tilstedeværelse af en afgrøde end uden (Reid & Goss, 1982; Sparling *et al.*, 1982), og Trollenier (1989) fandt, at denitrifikationen kunne være både større eller mindre på bevokset jord i forhold til ubevokset jord.

Rajgræs har i mange forsøg vist sig i stand til at reducere jordens indhold af uorganisk kvælstof i løbet af efteråret (Anonym, 1993; Børresen & Eltun, 1993; Beck-Friis *et al.*, 1994; Känkänen *et al.*, 1999). I visse tilfælde har der dog ikke kunnet konstateres en effekt i forhold til at udelade brug af efterafgrøder. Dette kan hænge sammen med, at en del af kvælstoffet på arealer uden efterafgrøde kan være udvasket før prøveudtagningen, ligesom ukrudt og spildkorn kan have reduceret kvælstofindholdet i forsøgsled uden efterafgrøde (Andersen & Olsen, 1993, 1994a).

I forsøg i Danmark og det sydlige Sverige er der fundet reduktioner i udvaskningen på mellem 9 og 50 kg N/ha ved forårsplojning af hovedsagelig alm. rajgræs som efterafgrøde (Simmelsgaard, 1991; Djurhuus, 1992; Thomsen *et al.*, 1993; Lewan, 1994; Hansen & Djurhuus, 1997a; Aronsson & Torstensson, 1998; Tjell *et al.*, 1999). Den laveste reduktion i udvaskningen er målt i år med lav afstrømning og dermed også lav udvaskning. I et svensk forsøg med sen efterårsplojning kunne der ikke måles effekt af efterafgrøden på udvaskningen (Stenberg *et al.*, 1999). Hansen *et al.* (1995) konkluderede ud fra forsøg på sandjord (Simmelsgaard, 1991; Djurhuus, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997a), at alm. rajgræs som efterafgrøde i gennemsnit reducerede nitratudvaskningen med 38 kg N/ha ved forårsplojning og forårstilførsel af organisk gødning eller handelsgødning i anbefalede mængder.

Ovennævnte forsøg viser stor variation i effekten af rajgræs som efterafgrøde. I flere forsøg er der rapporteret om enkelte år med dårlig etablering eller udvikling af efterafgrøden (Hansen & Djurhuus, 1997a; Aronsson & Torstensson, 1998; Stenberg *et al.*, 1999). Ligeledes afhænger effekten af efterafgrøder af, hvilken forsøgsbehandling der sammenlignes med. Hvis der ved forårsplojning af efterafgrøden sammenlignes med konventionel praksis uden efterafgrøde, vil man i nogle tilfælde sammenligne med efterårsplojning uden efterafgrøde (Tjell *et al.*, 1999; Lewan, 1994). I disse tilfælde vil effekten af efterafgrøden kunne være større, end hvis der sammenlignes med forårsplojning uden efterafgrøde (Aronsson & Torstensson, 1998). Dette skyldes, at der ved jordbearbejdning om efteråret, især på lerjord, er risiko for øget mineralisering i forhold til ubearbejdet jord (Hansen & Djurhuus, 1997a). Hvad der er det mest rimelige sammenligningsgrundlag afhænger af, om det i praksis er muligt at pløje ikke-bevoksede marker om foråret, hvilket i høj grad afhænger af lerindholdet i den pågældende jord.

4.2 Korsblomstrede arter

4.2.1 Plante- og afgrødefysiologi

I forhold til de fleste andre efterafgrøder har mange korsblomstrede arter en hurtig og kraftig vækst (Pedersen, 1963; Andersen, 1994), hvilket gør dem velegnet som efterafgrøder sået efter høst af en hovedafgrøde. Flere af arterne forekommer både som vinter- og vårformer. Vårformerne er mere eller mindre følsomme over for frost. Det kan derfor være uhensigtsmæssigt at anvende vårformer i egne, hvor nattefrost kan forekomme tidligt om efteråret. Eksempelvis er gul sennep ret følsom over for frost. Korsblomstrede arter er især relevante efter dyrkning af specialafgrøder som grøntsager, men kan også anvendes som efterafgrøder efter korn. Gul sennep har været anvendt i størst udstrækning, men andre korsblomstrede arter har været prøvet i forsøg med godt resultat, f.eks. vinter- og vårraps, foderræddike og tyfon, som er en krydsning mellem turnips og kinakål (Andersen & Olsen, 1994a). Korsblomstrede arter har en meget hurtig og dyb rodvækst, og har derfor særlige muligheder for at optage kvælstof fra dybe jordlag og dermed forhindre kvælstofudvaskning (Thorup-Kristensen, 1993a). Beskrivelsen af de enkelte plantearter og deres egenskaber i det følgende stammer fra Holmegaard (1987).

Gul sennep (*Sinapis alba*) er en enårig plante med hurtig udvikling. Stænglen er opret og stærkt forgrenet, 75-125 cm høj. Bladene er fjersnitdelte og blomsterne citrongule. Rodsystemet består af en kraftig hovedrod med mange side- og finrødder. Gul sennep tåler ikke meget frost. Som efterafgrøde er den nøjsom med hensyn til jordbund.

Raps (*Brassica napus*) har en enkelt opret stængel med oprette, blågrønne, næsten glatte blade. Den nederste del af stænglen er ugrenet, men den øverste del forgrener sig stærkt i afgrøder med tynd bestand. Blomsterne er citrongule. Der findes både vinter- og vårformer. Vinterformerne er kraftigere end vårformerne, og når en højde på 150-200 cm, mens vårformerne er lavere ca. 125 cm. Rodsystemet er en kraftig pælerod med grove siderødder og en stor rodproduktion før blomstring. Raps kan dyrkes på både sandjord og lerjord, men udvikler sig bedst på næringsrige jorde.

Rybs (*Brassica rapa*, ssp. *silvestris*) har megen lighed med raps, men er knap så kraftig og ca. 150 cm høj. De nedre blade er græsgrønne og hårede. Blomsterne er lidt mindre og lidt mørkere end hos raps. Rybs findes både som vinter- og vårform. Rybs stiller mindre krav til jordbund end raps.

Ræddike (*Raphanus sativus niger*) har en 70-100 cm høj temmelig stærkt forgrenet stængel. Blomsterne er hvide eller violette. Foderræddike danner en næringsrig opsvulmet hovedrod. Olieræddike har en middeldyb pælerod med mange side- og finrødder. Udviklingshastigheden kan stort set måle sig med gul sennep. Den syner ikke af meget på jordoverfladen, men danner langt mere rodmasse end sennep. Ræddike stiller ikke særlige krav til jordbund, men er ømfindelig for tørke. Normalt overvintrer ræddike ikke.

4.2.2 Såning og etablering

Når korsblomstrede arter dyrkes efter høst af korn, sås de som regel i stubharvet jord umiddelbart efter høst. Sådybden bør være 1-2 cm og udsædsmængden 10-20 kg/ha afhængig af frøvægten. I forsøg, hvor gul sennep blev sået i henholdsvis stubharvet og skrælplojet jord, fandtes en bedre udvikling af sennep i den skrælplojede end i den stubharvede jord (Olsen, 1987; Andersen & Olsen, 1994a). I praksis vil der imidlertid næppe blive foretaget en skrælplojning før såning af en efterafgrøde.

Da kornhøsten oftest først er tilendebragt sidst i august har det været forsøgt at udså gul sennep 2-3 uger før forventet høst af kornet for derved at forlænge vækstperioden. I forsøg har udviklingen af sennep dog gennemgående været dårligere end sennep sået i stubharvet jord efter høst (Skriver, 1983).

Afgrødens udvikling i løbet af efteråret er i høj grad bestemt af, hvor tidligt afgrøden kan etableres, samt af vejrforholdene i efteråret. Sen såning og dårlige vejrforhold med lave temperaturer kan medføre, at afgrøden aldrig når et udviklingstrin eller en vækstintensitet, så den effektivt tømmer jorden for uorganisk kvælstof og holder dette på et lavt niveau. Omvendt kan afgrøden ved tidlig såning og gode vækstbetingelser i efteråret udvikle sig særdeles kraftigt og optage store mængder kvælstof, forudsat at der er tilstrækkeligt tilgængeligt kvælstof i jorden. Efter normal høst af korn kan det være vanskeligt at få efterafgrøden sået rettidigt. I gennemsnit af 7 års forsøg på 5 lokaliteter (Rasmussen & Andersen, 1991) blev kun omkring halvdelen af samtlige forsøg sået før den 1. september. Dette vil ofte være for sent til, at der opnås en afgrøde af rimelig størrelse.

4.2.3 Udbytte og kvælstofoptagelse

Som nævnt ovenfor har såtidspunktet og dermed vækstperiodens længde afgørende betydning for udbyttets størrelse og kvælstofoptagelsen. Resultater fra en række danske undersøgelser med forskellige korsblomstrede arter, hovedsageligt gul sennep, er sammenstillet af Kyllingsbæk (1987). I forsøg, hvor efterafgrøden var sået før ca. 20. august og tilført 30-70 kg N/ha ved såningen, fandtes en tørstofproduktion varierende fra 12 til 25 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse varierende fra 27 til 70 kg N/ha (Hostrup, 1977; Hostrup & Hansen, 1977; Stokholm, 1979; Hvelplund & Østergaard, 1980; Pedersen, 1981). I en enkelt undersøgelse, hvor sennep var sået ca. 15. august, men uden tilførsel af kvælstof, var udbyttet dog kun godt 7 hkg tørstof/ha, men kvælstofoptagelsen var forholdsvis høj, 27 kg N/ha.

I de fleste forsøg, hvor efterafgrøden var sået efter ca. 20. august, varierede tørstofudbyttet fra 3 til 7 hkg tørstof/ha og kvælstofoptagelsen fra 16 til 30 kg N/ha (Hostrup, 1977; Hostrup & Hansen, 1977; Stokholm, 1979; Rasmussen & Olsen, 1983; Haahr *et al.*, 1985). I to af forsøgene med gul sennep, tilført 40 kg N/ha ved såningen efter ærter eller vårbyg, fandtes dog et betydeligt større udbytte på henholdsvis 17 og 12 hkg tørstof/ha. I forsøget efter ærter var kvælstofoptagelsen 77 kg N/ha. Kvælstofoptagelsen i afgrøden efter vårbyg blev ikke målt, men har formentlig været af størrelsesordenen 30-40 kg N/ha.

I langt de fleste forsøg er efterafgrøden tilført kvælstof for at fremme udviklingen, oftest 30-40 kg N/ha, undertiden mere. Dette har dog sjældent medført en meroptagelse af tilsvarende størrelse (Andersen & Jensen, 1983; Olsen, 1987; Andersen & Olsen, 1994a,b).

Den store variation i tørstofudbytte og kvælstofoptagelse, både ved tidlig og sen såning af efterafgrøden, skyldes antagelig forskelle i vejrforholdene og forskelle i jordens indhold af tilgængeligt kvælstof, hvad enten kvælstoffet stammer fra tilført kvælstof ved såning af efterafgrøden eller fra kvælstofmineralisering.

Sammenlignes resultaterne af udbytte og kvælstofoptagelse opnået i forsøgene etableret før og efter ca. 20. august ses, at forskellen i udbyttet er forholdsvis større end forskellen i kvælstofoptagelsen. I overensstemmelse hermed var kvælstofprocenten markant lavere i afgrøderne sået før 20. august end i afgrøderne sået efter den 20. august, hvor udbyttet gennemgående var lavere. Kvælstofindholdet i tørstoffet varierede fra 2,3 til 3,7% N i afgrøderne, hvor udbyttet var højt, og fra 4,3 til 5,3% N i afgrøderne, hvor udbyttet var forholdsvis lavt.

Rasmussen & Andersen (1991) fandt i gennemsnit af 7 års forsøg på 5 lokaliteter, omfattende 2 lerblandede sandjorde og 3 lerjorde, et tørstofudbytte af gul sennep varierende fra 0 til 16 hkg tørstof/ha. Efterafgrøden blev ikke tilført kvælstof ved såningen. Ofte var afgrøden så svagt udviklet, at høst ikke var praktisk mulig. I gennemsnit af årene, hvor efterafgrøden blev høstet, var udbyttet 7 hkg tørstof/ha. Kvælstofoptagelsen blev ikke målt.

I undersøgelser med efterafgrøder af gul sennep, foderræddike, foderraps og foderrybs, sået i stubharvet jord efter vårbyg, fandtes på en grov sandjord uden tilførsel af kvælstof et tørstofudbytte på 4-5 hkg og en kvælstofoptagelse på 9-11 kg N/ha. Tilførtes 30 kg N/ha ved såning af efterafgrøden steg tørstofudbyttet til 7-9 hkg/ha og kvælstofoptagelsen til 16-21 kg N/ha (Andersen & Olsen, 1994b). I tilsvarende undersøgelser på lerjord blev der, uden tilførsel af kvælstof ved såningen af efterafgrøderne, fundet et tørstofudbytte på 5-8 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 13-18 kg N/ha. Tilførsel af 30 kg N/ha øgede udbyttet til 9-19 hkg/ha og kvælstofoptagelsen til 22-35 kg N/ha (Olsen, 1987; Andersen & Olsen 1994a,b).

Blev efterafgrøderne sået efter vinterbyg, som høstes 3-4 uger før vårbyg, fandtes på lerjord uden tilførsel af kvælstof ved såningen et tørstofudbytte på 15-17 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 40-45 kg N/ha. Tilførtes 30 kg N/ha ved såningen varierede tørstofudbyttet fra 10 til 24 hkg/ha og kvælstofoptagelsen fra 23 til 60 kg N/ha (Olsen, 1987; Andersen & Olsen, 1994a).

Udbytte og kvælstofoptagelse i overjordiske plantedele var gennemgående større i gul sennep end i foderræddike og tyfon, men da rodudbyttet er større i disse arter end i gul sennep, var det samlede tørstofudbytte og kvælstofoptagelsen lige så stort som i gul sennep (Andersen & Olsen, 1994a).

Vinterraps har ikke været anvendt som efterafgrøde i nævneværdig grad, men vinterrapsens evne til at optage kvælstof om efteråret er belyst i flere undersøgelser. Ved rettidig såning midt i august kan vinterraps optage store mængder kvælstof om efteråret under gode vækstbetingelser og med tilstrækkeligt kvælstof i jorden. I forsøg er der fundet

kvælstofoptagelser op til 80 kg N/ha (Schultz, 1972; Haahr *et al.*, 1985). I undersøgelser med tilførsel af stigende mængder kvælstof til vinterraps på en lerjord fandt Augustinussen (1987) optagelser på 33, 48 og 58 kg N/ha ved tilførsel af henholdsvis 0, 30 og 60 kg N/ha. Rapsen blev sået sidst i august. Tørstofudbyttet var stort set ens uanset kvælstoftilførslen, 13-14 hkg/ha. I senere undersøgelser (Augustinussen, 1993, 1994) fandtes en kvælstofoptagelse om efteråret på 40 kg N/ha i vinterraps sået omkring den 20. august uden tilførsel af kvælstof. Ved tilførsel af 30 kg N/ha ved såningen steg kvælstofoptagelsen med godt 20 kg til ca. 60 kg N/ha. Blev såtidspunktet udskudt til den 5. september faldt kvælstofoptagelsen til 14 kg N/ha, men steg til omkring 28 kg N/ha ved tilførsel af 30 kg N/ha ved såningen.

I de Landøkonomiske Foreninger er der også gennemført forsøg med forskellige korsblomstrede arter som efterafgrøder. I gennemsnit af 12 forsøg i perioden 1974-1976 med fodermarvkål, gul sennep og foderrybs tilført 100 kg N/ha ved såning fandtes et tørstofudbytte på henholdsvis 10, 20 og 16 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 37, 70 og 54 kg N/ha (Jacobsen & Bentholt, 1977a). I det sidste forsøgsår indgik foruden de tre nævnte arter også vinterraps og vårrybs. På grund af meget sen fremspiring var udbytteerne af disse to efterafgrøder meget lave. I gennemsnit af 3 forsøg opnåedes i vinterraps et udbytte på knap 3 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse på 10 kg N/ha. I vårrybs var udbyttet godt 3 hkg tørstof/ha og kvælstofoptagelsen 13 kg N/ha.

Til kvælstofoptagelsen i de overjordiske plantedele skal lægges optagelsen i rødderne. Optagelsen i rodmassen i en veludviklet afgrøde af gul sennep sået midt i august er fundet at være af størrelsesordenen 15 kg N/ha (Hvelplund & Østergaard, 1980). I andre undersøgelser med gul sennep, foderræddike og tyfon (Andersen & Olsen, 1994a) var indholdet af kvælstof i rodtørstof af gul sennep kun 2-3 kg N/ha. I foderræddike og tyfon fandtes et kvælstofindhold i rodmassen på henholdsvis 18-21 kg N/ha og 10 kg N/ha. Ved vurderingen af de forskellige arters evne til at optage kvælstof, bør der således tages hensyn til, at optagelsen i roden er forskellig for de forskellige arter.

Forsøg har vist, at korsblomstrede arter kan være velegnede som efterafgrøder dyrket efter høst af grøntsager. Både i danske (Thorup-Kristensen, 1994) og tyske (Elers & Hartmann, 1987) forsøg har korsblomstrede arter vist sig at kunne producere imellem 30 og 60 hkg tørstof/ha og optage imellem 110 og 170 kg N/ha i løbet af efteråret, og optagelsen har typisk været væsentligt større end hos enkimbladede arter. Fordelene ved dyrkning af korsblomstrede arter viser sig især store, når efterafgrøden kan etableres tidligt (Elers & Hartmann, 1987), og når der er store mængder tilgængeligt kvælstof i jorden.

4.2.4 Reduktion af kvælstofudvaskning

Målinger af mængden af nitrat efterladt i jorden sidst på efteråret har vist, at korsblomstrede arter, dyrket efter grøntsagsafgrøder, i mange tilfælde kan udtømme jorden væsentligt mere effektivt end andre efterafgrøder (Macdonald *et al.*, 1997; Justes *et al.*, 1999; Thorup-Kristensen, 200x) og dermed reducere udvaskningsrisikoen. Ved sammenligning af en række arter over to år blev det fundet, at jordens indhold af mineralsk kvælstof i det sene efterår var

reduceret fra 170 kg N/ha uden efterafgrøder til 50-80 kg N/ha med de fleste arter, men helt ned til 20-30 kg N/ha med korsblomstrede arter.

De største forskelle i nitratkoncentrationer observeres normalt i større jorddybder, altså i jordlag som korsblomstrede arter kan nå med deres dybe rødder, mens andre arter ikke har kunnet nå dem under de givne forsøgsbetingelser. F.eks. fandt Thorup-Kristensen (200x), at forskellene især kunne findes i jordlag fra ca. 75 cm til 150 cm. Da mange undersøgelser af efterafgrøders effekt kun måler virkningen på nitratindholdet i øvre jordlag, f.eks. 50 eller 60 cm, overses denne effekt af korsblomstrede efterafgrøder ofte. I resultater fra Thorup-Kristensen (1994) var indholdet af nitratkvælstof under raps, sennep og ræddike kun lidt lavere end under rug og rajgræs i de øverste 50 cm af jorden, mens indholdet i jordlaget fra 50 til 100 cm var 3 til 10 gange højere under rug og rajgræs end under korsblomstrede arter.

I andre undersøgelser, hvor der ikke har været målt til så stor dybde, har resultaterne tydet på en langt mindre effekt på indholdet af uorganisk kvælstof i jorden. Andersen & Olsen (1994a) fandt på en lerjord i 0-50 cm dybde 9 og 15 kg uorganisk N/ha mindre i jorden med en efterafgrøde end i jorden uden en efterafgrøde sået efter hhv. vårbyg og vinterbyg, målt først i november før efterafgrøden blev pløjet ned. Det følgende forår var der ingen forskel. Blev nedpløjningen af efterafgrøden udsat til om foråret, var indholdet af uorganisk kvælstof ca. 6 kg N/ha mindre end i jorden uden efterafgrøde. I undersøgelser af Andersen & Olsen (1994b) fandtes ligeledes, både på en sandjord og en lerjord, kun nogle få kg N/ha mindre i jorden med en efterafgrøde end i jorden uden en efterafgrøde. I forsøg med vinterraps fandt Augustinussen (1993, 1994) om efteråret et fald i jordens indhold af nitratkvælstof fra godt 60 kg N/ha i ubevokset jord til omkring 10 kg N/ha i jord med vinterraps sået midt i august både med og uden tilførsel af 30 kg N/ha ved såningen af vinterrapsen. Blev vinterrapsen først sået omkring 10. september var jordens indhold af nitratkvælstof kun ca. 10 kg mindre end i ubevokset jord. Indholdet af ammonium var stort set ens omkring 20 kg N/ha uanset om jorden var plantedækket eller ej.

En forklaring på den store forskel i reduktionen af jordens kvælstofindhold i de omtalte undersøgelser kan være, at efterafgrøderne i undersøgelserne af Thorup-Kristensen (200x) er sået efter grøntsagsafgrøder omkring 1. august på lerjord med et højt indhold af mineralsk kvælstof, mens efterafgrøderne efter korn først er sået omkring 1. september på jorde med et langt lavere indhold af mineralsk kvælstof. På grovsandede jorde vil den maksimale roddybden tillige ofte være mindre end 60 cm.

Der foreligger kun få danske undersøgelser, hvor virkningen af korsblomstrede efterafgrøder på udvaskning af kvælstof efter høst af korn er målt direkte. Andersen & Jensen (1983) og Djurhuus (1985) målte udvaskningen i forsøg med gul sennep på forskellige lokaliteter. I de fleste tilfælde blev efterafgrøden tilført 30-40 kg N/ha om efteråret. Hvor der var tilført kvælstof om efteråret fandtes i de fleste tilfælde en større udvaskning fra jorden med en efterafgrøde end uden efterafgrøde, hvilket formentligt skyldtes, at afgrøden på grund af sen såning og dårlige vækstbetingelser ikke var i stand til at optage den tilførte mængde kvælstof. Merudvaskningen varierede fra 2 til 20 kg N/ha. Uden tilførsel af kvælstof til efterafgrøden fandtes en reduktion i udvaskningen varierende fra 10 til 35 kg N/ha.

4.3 Kornarter

4.3.1 Plante- og afgrødefysiologi

Kornarter har, bl.a. på grund af de store frø, en hurtig etablering, som gør dem egnede som efterafgrøder til etablering efter høst, men samtidig uegnede som undersåede efterafgrøder. Den hurtige etablering betyder også, at de ved sen udsåning kan nå at udvikle sig kraftigere end andre efterafgrøder (Elers & Hartmann, 1987; Elers *et al.*, 1987). Specielt vinterrug ser ud til at være egnet til sen udsåning.

Alm. rug (*Secale cereale*) findes både som vår- og vinterformer. Buskningen af vinterrug sker delvist om efteråret. Rug kan klare sig på let mager sandjord, og tåler bedre tørke end de fleste afgrøder.

Stauderug (*Secale multicaule*) danner tætte bladrigge tuer og langt mere plantemasse end alm. rug både overjordisk og især underjordisk. Den klarer sig godt på de fleste jordtyper, også på næringsfattige sandjorde.

4.3.2 Såning og etablering

Anvendt som efterafgrøde i landbruget sås rug i stubbearbejdet jord i normal sådybde 3-4 cm. Jordbearbejdning forud for såning af rug efter en havebrugsafgrøde vil afhænge af hovedafgrøden. Normalt anvendes en udsædsmængde på 100-120 kg/ha.

4.3.3 Udbytte og kvælstofoptagelse

Selvom der ikke er findes mange målinger af korn-efterafgrøders kvælstofoptagelse og effekt på udvaskningen, kan der udledes en del af den betydelige viden, man har om vinterkornarternes vækst og kvælstofoptagelse i efteråret. Det skal dog bemærkes, at hvis efterafgrøder bliver sået i august, vil effekterne være større end ved såning af vintersæd som hovedafgrøde i september.

Udbytte og kvælstofoptagelse i vinterkornarterne vinterbyg, vinterrug og vinterhvede er undersøgt af Andersen *et al.* (1994) i perioden 1989-1992. Undersøgelsen blev gennemført på en grovsandet jord og en lerjord med forfrugterne vårraps, markært, vårbyg og sukkerroer. I forsøgene på sandjorden indgik kun vinterrug og vinterhvede. Ved såning 10. september fandtes i gennemsnit i slutningen af november på sandjorden et tørstofudbytte i vinterrug og vinterhvede på henholdsvis 4 og 3 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 15 og 11 kg N/ha. På lerjorden var tørstofudbyttet for vinterrug, vinterbyg og vinterhvede henholdsvis 9, 7 og 6 hkg tørstof/ha og kvælstofoptagelsen henholdsvis 35, 29 og 25 kg N/ha. Blev vintersæden sået i oktober, faldt tørstofudbyttet på sandjorden til 2 hkg/ha i vinterrug og til 1 hkg/ha i vinterhvede. Kvælstofoptagelsen faldt til 8 kg N/ha for begge arter. På lerjorden faldt tørstofudbyttet for både vinterrug, vinterbyg og vinterhvede til ca. 2 hkg/ha og kvælstofoptagelsen til 11 kg N/ha i vinterrug og vinterbyg og 9 kg N/ha i vinterhvede. Ved sen såning af vintersæd efter sukker-

roer var der kun optaget 3 kg N/ha sidst i november. Lignende undersøgelser er foretaget af Andersen *et al.* (1986). Sidst i november fandtes et tørstofudbytte i vinterbyg på 4 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 20 kg/ha, i vinterrug et tørstofudbytte på 5 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 21 kg N/ha og i vinterhvede et tørstofudbytte på 3 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 12 kg N/ha.

Ved undersøgelser af vinterrug sået efter vårbyg på en grov sandjord uden tilførsel af kvælstof fandtes et tørstofudbytte på 4 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 10 kg N/ha (Andersen & Olsen, 1994b). Hvor der var tilført 30 kg N/ha, var udbyttet på 8 hkg tørstof med en kvælstofoptagelse på 18 kg N/ha. På lerjorden var udbyttet 5 hkg tørstof og kvælstofoptagelsen 12 kg N/ha, og ved tilførsel af 30 kg N/ha var udbyttet af tørstof 9 hkg og kvælstofoptagelsen 22 kg N/ha.

Med henblik på at opnå en foderafgrøde blev der i de Landøkonomiske Foreninger i 1973 og 1974 gennemført i alt 14 forsøg med forskellige efterafgrøder bl.a. vårrug sået efter høst af vårbyg. Ved såning tilførtes 100 kg N/ha. Afgrøderne blev høstet sidst i oktober eller først i november. I gennemsnit af de 14 forsøg opnåedes i vårrug et tørstofudbytte på 18 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 55 kg N/ha (Jacobsen & Benthholm, 1974, 1975).

I havebruget har vinterrug og havre været anvendt som efterafgrøder efter grøntsager. I vinterrug sået efter rosenkål på en lerjord med et meget højt indhold af mineralisk kvælstof opnåedes et tørstofudbytte på 19 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 69 kg N/ha fra såning 1. august til midt i november (Thorup-Kristensen, 1993a,c).

Kornarter er det mest oplagte alternativ til korsblomstrede arter ved udsåning efter tidligt høstede afgrøder. I sammenligning med de korsblomstrede efterafgrøder har kornarterne dog ikke nær så dyb rodvækst, og optager derfor mindre kvælstof (Thorup-Kristensen, 1993a, 1994). Kornarterne har til gengæld den fordel frem for korsblomstrede arter, at de ikke opformerer sygdomme som f.eks. kålbrok, der er et problem i sædskifter med korsblomstrede arter. Til gengæld kan kornarterne muligvis vedligeholde eller opformere kornsygdomme. Sammenlignet med rajgræs etableret som efterafgrøde på samme måde betyder den hurtige etablering også, at kornarterne opnår en større rodtybde og kan nå at optage en større del af jordens kvælstofindhold i efteråret (Thorup-Kristensen, 1994).

4.3.4 Reduktion af kvælstofudvaskning

Der findes kun enkelte undersøgelser, hvor udvaskningen er målt ved dyrkning af vintersæd. I gennemsnit af 3 år med dyrkning af vintersæd og vårsæd efter forskellige forfrugter fandt Andersen *et al.* (1994) en reduktion i udvaskningen på 39 kg N/ha ved dyrkning af vinterrug sammenlignet med udvaskningen ved dyrkning af vårbyg på en grov sandjord, hvor forfrugten var vårbyg. Med ærter som forfrugt var reduktionen i udvaskningen større, 70 kg N/ha. På en lerjord fandtes tilsvarende en reduktion i udvaskningen på 11 kg N/ha ved dyrkning af vinterrug i stedet for vårbyg, hvor forfrugten var sukkerroer. Også her var reduktionen større (43 kg N/ha), når forfrugten var ærter. Den her fundne reduktion i udvaskningen ved dyrkning af vintersæd var i gennemsnit 59% i forhold til dyrkning af vårbyg. I undersøgelser af Kjelle-

rup (1991) fandtes en noget mindre reduktion i udvaskningen ved dyrkning af vintersæd, svarende til 10-16%. Generelt må det forventes, at udvaskningen alt andet lige er mindre ved dyrkning af vintersæd end vårsæd, hvor jorden ikke er plantedækket om efteråret, med mindre der er en efterafgrøde. Tilberedningen af såbedet forud for såningen af vintersæden kan dog medføre en øget mineralisering (Hansen & Djurhuus, 1997a). For at der kan opnås en reduktion i udvaskningen skal vintersæden være i stand til at optage en kvælstofmængde ud over kvælstof frigjort ved den øgede mineralisering.

4.4 Bælgplanter

4.4.1 Plante- og afgrødefysiologi

Bælgplanter omfatter en lang række arter med meget forskellige vækstforhold. Der findes både en-, to- og flerårige arter. Fælles for arterne er deres evne til biologisk kvælstoffiksering, og at de normalt har et lavt C/N-forhold i plantematerialet. Der har af sædskiftemæssige årsager altid været interesse for at inddrage bælgplanter som efterafgrøder, fordi de bidrager med kvælstoffiksering fra luften og dermed ofte har en langt bedre eftervirkning end andre arter (Thorup-Kristensen & Bertelsen, 1996; Schröder *et al.*, 1997). Ved dyrkning af grøngødning i økologisk jordbrug vil der i praksis næsten altid indgå bælgplanter.

Rødkløver (*Trifolium pratense*) er to til flerårig og forædlet til mange sorter, som varierer fra tidlige over middelsildige til sildige sorter. I ungdomsstadiet har den langstilkede trekoblede blade, som danner en roset. Under blomstringen dannes 20-100 cm lange, opdelt skud. Rødkløver har en kraftig pælerod med en del siderødder. Rødkløver stiller relativt store krav til jorden, og trives bedst på humusrige, dybe lerjorde.

Hvidkløver (*Trifolium repens*) er flerårig. Den er relativt langsom i udvikling, men danner efterhånden et lavt og tæt plantedække. Roden er en overfladisk spinkel pælerod. Den trives på alle jorde, men bedst på lerjorde.

Perserkløver (*Trifolium resupinatum*) er enårig med oprette, senere nedliggende til opstigende stængler, som når en længde på op til 1 m. Perserkløver kan spire i løbet af et døgn og har den hurtigste udvikling blandt kløverarterne. Roden er en enkel, middeldyb, svag pælerod med relativt få siderødder. Arten har beskedne krav til jordbunden og trives på svagt sure til svagt alkaliske jorde. Den trives også på lette sandede voksesteder, blot der er tilstrækkelig jordfugtighed. Perserkløver er noget frostfølsom og er ofte ikke vinterfast under danske forhold.

Sneglebælg (*Medicago lupulina*) er en- til toårig, sjældent flerårig. Sneglebælg er middelhurtig til hurtig i udvikling og danner mange tynde, nedliggende til opstigende, 60-90 cm lange skud. Den trives bedst på neutrale til kalkholdige jorde, men kan dog trives på mere næringsfattige jorde.

Kællingetand (*Lotus corniculatus*) er en flerårig bælgplante med opret – senere opstigende stængel, 40 – 70 cm høj. Planten udvikler sig langsomt i starten, hvor rodsystemet opbygges. Roden er en opdelt pælerod med middeldyb, relativt kraftige siderødder, som er godt besat

med finrødder, der fordeler sig godt i jorden. Kællingetand er hårdfør og nøjsom og trives både på svære og lette jorde.

Gul foderært (*Pisum sativum*) og grå markært (*Pisum arvense*) har stort set ens udviklingsmønstre. De er enårige, har svage klatrende stængler med en skudlængde på op til et par meter. Udviklingen er hurtig. Ærter har en middeldyb pælerod med enkelte siderødder og en del finrødder. De kræver jord i god kulturtilstand og trives bedst på kalkrige jorde.

Vintervikke (*Vicia villosa*) er enårig og overvintrende. Den har en klatrende stængel med en skudlængde på op til 150 cm. Ved såning midt på sommeren er udviklingen hurtig. Vintervikke har en middeldyb pælerod med få side- og finrødder. Den er ret fordringsløs med hensyn til jordbund, men vokser bedst på ikke for sur sandjord.

Fodervikke (*Vicia sativa*) er enårig evt. enårig overvintrende med svage, klatrende stængler, som når en længde på 60-120 cm. Fodervikke har en hurtig udvikling og en kort vækstperiode. Rodudviklingen er også hurtig. Roden er en enkelt pælerod med en del side- og finrødder. Fodervikke er relativ fordringsløs i krav til jordbunden. Den trives dog bedst på middel til svære kalkholdige lerjorde, men også på lettere jorde.

4.4.2 Såning og etablering

Bælgplanter kan anvendes både som undersåede og eftersåede efterafgrøder. Anvendes bælgplanter som undersåede efterafgrøder, udlægges de på sædvanlig måde i dæksæd. Udsædsmængden varierer afhængig af arten. De mest almindeligt anvendte arter er hvidkløver og rødkløver, som normalt udsås i blanding med græsser og derved svarer til udlæg af kløvergræsmarker, men også arter som f.eks. sneglebælg og kællingetand er anvendelige (Thorup-Kristensen, 1997; Tersbøl, 1999). Også en række arter, som aldrig har været brugt i praksis, kan være egnede (Karlsson-Strese *et al.*, 1998).

Anvendes bælgafgrøder til såning efter høst af landbrugsafgrøder, eksempelvis efter korn, vil det især være arter som vintervikke eller blodkløver, der er relevante. Drejer det sig om efterafgrøder sået efter grøntsagsafgrøder, der høstes tidligere, kan et lidt større udvalg af bælgplanterne være en mulighed (Thorup-Kristensen, 1994; Breland, 1996a; Thorup-Kristensen & Bertelsen, 1996).

4.4.3 Udbytte og kvælstofoptagelse

Der er kun gennemført få forsøg med rene bælgplanteafgrøder som efterafgrøder efter korn. I forsøg på en lerjord med såning af bælgplanter i skræpløjet eller stubharvet jord fandt Olsen (1987) i gennemsnit af 6 forsøg et tørstofudbytte i foderærter på 1,8 hkg/ha uden tilførsel af kvælstof og 2,5 hkg tørstof/ha ved tilførsel af 30 kg N/ha. Kvælstofoptagelsen var henholdsvis 11 og 14 kg N/ha. I 3 års tilsvarende forsøg med foderærter sået efter vinterbyg fandtes i gennemsnit et tørstofudbytte på 8,4 hkg uden tilførsel af kvælstof og 12,2 hkg tørstof/ha ved tilførsel af 30 kg N/ha. Kvælstofoptagelsen var henholdsvis 33 og 60 kg N/ha.

I de Landøkonomiske Foreninger blev der i 1973 gennemført 7 forsøg med foderærter og fodervikke som efterafgrøde sået efter høst af vårbyg. Det primære formål var at undersøge muligheder for opnåelse af en foderafgrøde. Der blev ikke tilført kvælstof ved såningen. Afgrøderne blev høstet sidst i oktober eller først i november. I gennemsnit af de 7 forsøg opnåedes et tørstofudbytte på godt 10 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 32 kg N/ha (Jacobsen & Bentholt, 1974).

4.4.4 Reduktion af kvælstofudvaskning

Med hensyn til at reducere kvælstofudvaskningen er der ikke noget, der tyder på, at bælgplanter er en fordel fremfor andre arter. I nogle tilfælde kan bælgplanter tømme jorden og reducere udvaskningen lige så effektivt som f.eks. græsser, men i andre tilfælde er bælgplanter klart mindre effektive end andre efterafgrøder (Thorup-Kristensen, 1994). Nogle undersøgelser tyder på, at undersåede bælgplanter er rimeligt effektive til at udtømme jorden for nitrat i efteråret og dermed til at forhindre udvaskning (Jørgensen, 1997; Thorup-Kristensen, 1997; Tersbøl, 1999).

Bælgplanter sået sidst på sommeren reducerer også udvaskningen af nitrat, men ofte er deres effekt klart ringere end effekten af andre efterafgrøder (Jäggeli, 1978; Thorup-Kristensen, 1994; Thorup-Kristensen & Bertelsen, 1996). Dette problem kan løses ved at dyrke dem i blandinger, f.eks. blanding af vintervikke og vinterrug. Sådanne blandinger kan have en næsten lige så god eftervirkning som bælgplanterne i renbestand (Thorup-Kristensen & Bertelsen, 1996). En blanding kan formentlig ved et lavt kvælstofindhold i jorden sikre et lavere C/N-forhold i efterafgrøden og dermed medføre en større eftervirkning i den følgende afgrøde end en ren græsefterafgrøde.

Selv når bælgplanter udtømmer jorden effektivt i efteråret, er deres miljøeffekt ikke nødvendigvis lige så god som andre efterafgrøders. Dels kan bladtab i det sene efterår føre til en frigivelse af kvælstof i løbet af vinteren. Dette kan især på sandjord risikere at udvaskes inden foråret, men der foreligger endnu ikke data, der viser, hvor stort dette problem er. Et andet problem kan være den store eftervirkning. Hvis ikke denne udnyttes effektivt, kan det føre til udvaskning i det følgende efterår. Der skal altså sikres en effektiv udnyttelse af bælgplanternes eftervirkning, hvis de skal være dyrkningsmæssigt og miljømæssigt effektive.

4.5 Andre arter

De mest anvendte arter til efterafgrøder er græsarterne og de korsblomstrede arter, som er nært beslægtede med henholdsvis korn, raps og kålarterne, og som derfor angribes af samme skadevoldere. Det er derfor af stor interesse at have andre arter til rådighed i tilfælde af problemer med skadevoldere.

4.5.1 Honningurt

4.5.1.1 Plante- og afgrødefysiologi

Honningurt (*Phacelia esculentum*) er oprindelig hjemmehørende ved Californiens kyster, men kan modne frø under danske forhold. Honningurt har ret små frø. Arten er forædlet, og sorterne afviger lidt med hensyn til vækstmåde og udviklingshastighed. Honningurt har ringe foderværdi, og afgrøden kan ved højt indhold af kvælstof i jorden indeholde forholdsvis meget nitrat.

Honningurt er enårig med opret senere nedliggende stængel. Skuddene bliver ca. 70 cm lange. Bladene er fjersnitdelte og blomsterne hvidlige til lyseblå. Varme er afgørende for plantens trivsel. Om efteråret gror den hurtigt, så længe der er varme i jorden. Har planten først etableret sig, tåler den en del tørke. Honningurt har en relativt kraftig pælerod med en del siderødder. Særlig i løs jord fordeler rødderne sig godt. Den er fordringsløs og trives godt på de fleste jorde. Den udvikler sig godt på lettere jord og med tilstrækkelig løsning også på sværere jorde.

4.5.1.2 Såning og etablering

Honningurt egner sig ikke til undersåning i korn, men kan anvendes til undersåning i rækkeafgrøder som majs. Hvis der er varme og fugtighed, tåler den et ret groft såbed som stubharvet jord. Er disse betingelser ikke til stede, sås på et rent, findelt og fast såbed i 1-2 cm dybde og en udsædsmængde på 10-15 kg frø/ha.

Honningurt skal sås først i august for at opnå en udvikling, som effektivt reducerer kvælstofudvaskningen. I landbruget kan dette være vanskeligt, idet høsten som regel først afsluttes sidst i august eller først i september. Ved såning først i august etablerer honningurt sig hurtigt og dækker jorden godt. Den har en hurtig og dyb rodvækst, næsten som de korsblomstrede arter (Thorup-Kristensen, 1993a, 1994).

4.5.1.3 Udbytte og kvælstofoptagelse

Olsen (1987) fandt i gennemsnit af 6 års forsøg på en lerjord med honningurt, sået efter vårbyg i stubharvet jord sidst i august, et tørstofudbytte på knap 4 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse på ca. 6 kg N/ha i gennemsnit af med og uden tilførsel af 30 kg N/ha før såning af honningurten. Sået i skrælplojet jord var udbyttet og kvælstofoptagelsen noget større, henholdsvis ca. 6 hkg tørstof/ha og kvælstofoptagelsen ca. 13 kg N/ha. I undersøgelser af Andersen & Olsen (1994a), som også blev gennemført på en lerjord, fandtes tilsvarende i gennemsnit af 4 års forsøg efter vårbyg et tørstofudbytte på godt 14 hkg/ha og en kvælstofoptagelse på 27 kg N/ha som gennemsnit for stubbehandlet og skrælplojet jord samt med og uden tilførsel af 30 kg N/ha.

Sået efter høst af vinterbyg, som høstes tidligere end vårbyg, var udbyttet og kvælstofoptagelsen større. I gennemsnit af 3 forsøg (Olsen, 1987) fandtes ved såning af honningurten i stubbehandlet jord et tørstofudbytte på 6 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse på 14 kg N/ha i gennemsnit af med og uden tilførsel af 30 kg N/ha ved såningen af honningurten. Ved såning

i skrælplojet jord var tørstofudbyttet 17 hkg/ha og kvælstofoptagelsen 35 kg N/ha. I gennemsnit af 2 års forsøg fandt Andersen & Olsen (1994a) et tørstofudbytte på knap 20 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse på 28 kg N/ha i gennemsnit for stubbehandlet og skrælplojet jord samt med og uden tilførsel af 30 kg N/ha.

I de Landøkonomiske Foreninger blev der i 1976 gennemført 3 forsøg med honningurt. Honningurten blev sået efter vårbyg og tilført 100 kg N/ha ved såningen i stubharvet jord omkring den 25. august. Den blev høstet omkring 11. november. Fremspiringen var meget sen, og det opnåede tørstofudbytte kun på godt 3 hkg/ha og kvælstofoptagelsen på 13 kg N/ha (Jacobsen & Bentholt, 1977b).

Honningurt er formentlig bedre egnet som efterafgrøde i havebruget, hvor den kan sås efter grøntsager, som høstes tidligere end f.eks. kornafgrøder. Sået efter rosenkål på en lerjord med et højt indhold af mineralsk kvælstof fandt Thorup-Kristensen (1993a) i to forsøg et tørstofudbytte på 48 og 36 hkg tørstof/ha og en kvælstofoptagelse på 153 og 108 kg N/ha fra såningen til høst midt i november. Samme størrelsesorden for udbytte og kvælstofoptagelse er fundet af Sørensen (1991) på en sandblandet lerjord tilført 150 kg N/ha før såning af efterafgrøden. Honningurt blev sået midt i juli, i begyndelsen af august og midt i august og blev høstet midt i november. Ved de tre såtider høstede, i gennemsnit af forsøg i tre år, et tørstofudbytte i honningurt på henholdsvis ca. 58, 48 og 40 hkg tørstof/ha, og kvælstofoptagelsen var henholdsvis ca. 150, 155 og 130 kg N/ha.

4.5.1.4 Reduktion af kvælstofudvaskning

I undersøgelserne af Olsen (1987) blev indholdet af uorganisk kvælstof i jorden reduceret med ca. 10 kg N/ha om efteråret ved dyrkning af ugødet honningurt efter vårbyg. Ved tilførsel af 30 kg N/ha ved såning af honningurten var indholdet af uorganisk kvælstof i jorden den samme med og uden en efterafgrøde. Sået efter vinterbyg blev indholdet af uorganisk kvælstof reduceret med ca. 55 kg N/ha fra ca. 75 til ca. 20 kg N/ha, uanset om der var tilført 30 kg N/ha ved såningen af honningurten eller ej. I tilsvarende undersøgelser af Andersen & Olsen (1994a) med dyrkning af honningurt efter vinterbyg reducerede honningurt indholdet af uorganisk kvælstof med 16 kg N/ha. Det følgende forår fandtes ingen forskel i jordens indhold af uorganisk kvælstof.

Sået efter grøntsagsafgrøder er der fundet betydelig større reduktion af jordens indhold af uorganisk kvælstof. I undersøgelser med forskellige efterafgrøder (Thorup-Kristensen, 1994) fandtes en reduktion i jordens indhold af uorganisk kvælstof, målt i november, fra 170 kg N/ha i udyrket jord til godt 60 kg N/ha ved dyrkning af honningurt. Tilsvarende reduktion i jordens indhold af uorganisk kvælstof er fundet af Sørensen (1992) ved dyrkning af honningurt.

4.5.2 Cikorie

Cikorie har i undersøgelser fra Sverige vist sig at være velegnet til dyrkning som undersøgt efterafgrøde (Karlsson-Strese *et al.*, 1998). Ved undersøring i byg fandtes, at cikorie var i stand til kombinere en ret kraftig vækst med en forholdsvis lille påvirkning af bygafgrøden.

Cikorie har en kraftig rodvækst og en lang vækstperiode, hvilket bevirker, at den kan side-stilles med bederoer med hensyn til at optage mineraliseret kvælstof om efteråret (Rydberg & Karlsson-Strese, 1994).

4.6 Nedmuldning og omsætning af efterafgrøder i jorden

Nedmuldningstidspunktet har betydning for længden af efterafgrødens vækstperiode og dermed efterafgrødens mulighed for at optage kvælstof. Hvis efterafgrøden først nedmuldes om foråret, er der i løbet af milde vintre mulighed for øget produktion. Forsøg på intensive svinebrug (Anonym, 1993) viste, at der kunne høstes væsentlig større mængder kvælstof i efterafgrøden, hvis den først blev pløjet om foråret i stedet for om efteråret. Tilsvarende er fundet for vintersæd. I milde vintre vil vintersæd også kunne øge væksten og kvælstofoptagelsen fra efteråret til det følgende forår (Andersen *et al.*, 1986; Olsen, 1990). Der kan dog også ske et fald i produktionen fra sent efterår til forår, hvilket er fundet både for græs (Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997a) og for vinterraps (Schultz, 1972; Augustinussen, 1987). Muligvis kan korte perioder med frost i selv milde vintre medføre reduktion i levende plantemateriale af alm. rajgræs (Djurhuus & Lind, 1992).

Umiddelbart efter nedmuldningen af afgrøden begynder den mikrobielle nedbrydning. Nedbrydningshastigheden afhænger i første række af jordtemperaturen og fugtighedsforholdene. Desuden har findelingen af afgrøden, samt hvor godt denne er indblandet i jorden, betydning. Afgrødens kvælstofindhold eller rettere sagt forholdet mellem indholdet af kulstof og kvælstof (C/N-forholdet) i plantematerialet er en af de faktorer, der kan være afgørende for, hvor hurtigt der sker en nettomineralisering. Er kvælstofindholdet i plantematerialet lavt, dvs. C/N-forholdet er højt, kan der ske en binding af uorganisk kvælstof (immobilisering), som f.eks. ved nedmuldning af halm. Er C/N-forholdet derimod lavt, vil der hurtigt ske en nedbrydning af det organisk bundne kvælstof til uorganisk kvælstof. Andre egenskaber ved den nedmuldede efterafgrøde kan dog også have betydning for omsætningen. Således fandt Müller *et al.* (1988), at indholdet af lignin og cellulose havde en større betydning end C/N-forholdet.

Indholdet af kulstof i plantemateriale er af størrelsesordenen 40-45% i tørstoffet og varierer forholdsvis lidt. Kvælstofindholdet alene er derfor en god rettesnor ved vurderingen af, om der hurtigt efter nedmuldningen vil forekomme en nettomineralisering og dermed risiko for udvaskning, hvis nedmuldningen er foretaget om efteråret. Er kvælstofindholdet omkring 2% i tørstoffet eller derover, hvilket ofte er tilfældet i frisk plantemateriale, vil der ret hurtigt forekomme en nettomineralisering. Er kvælstofindholdet under ca. 1,5% i tørstoffet, kan der forekomme en midlertidig immobilisering af jordens indhold af uorganisk kvælstof. Dette kan formentlig være tilfældet, når efterafgrøder dyrkes efter afgrøder, hvor der ikke efterlades eller frigives væsentlige mængder uorganisk kvælstof til efterafgrøden (Breland, 1996b). Garwood *et al.* (1999) fandt, at en negativ virkning af efterafgrøder blev mindsket ved at nedmuldningen skete så tidligt, at jorden kunne ligge brak i en periode før såning af den efterfølgende vårsædsafgrøde.

Når efterafgrøderne nedmuldes vinter eller tidlig forår, vil jordtemperaturen, og dermed den mikrobielle aktivitet, der resulterer i mineralisering, være relativt lav. Alligevel er der konstateret en betydelig frigivelse af kvælstof fra efterafgrødemateriale inkuberet ved lave temperaturer. Således fandt van Schöll *et al.* (1997), at 20% af kvælstoffet i en efterafgrøde inkuberet ved 1°C var på uorganisk form efter 10 uger. Der kan ved lave temperaturer være tale om, at en del vandopløseligt kvælstof i plantematerialerne overgår til uorganisk form ved ikke-biologiske processer. Thorup-Kristensen (1993c) vurderede, at mindst 30% af kvælstof nedmuldet i efterafgrødemateriale om efteråret var mineraliseret inden forår. Selv om omsætningen forløber langt hurtigere ved højere temperaturer (van Schöll *et al.*, 1997), er der altså også ved lave temperaturer tale om en betydelig kvælstoffrigivelse.

Kvælstof mineraliseret fra efterårstilført efterafgrødemateriale i løbet af en vinterperiode vil evt. kunne udvaskes fra rodzonen. Jensen (1992) fandt, at 7% af kvælstoffet fra en rajgræsefterafgrøde nedmuldet i starten af december var nedvasket til under 45 cm dybde i de efterfølgende vintermåneder. Tidlig efterårsnedmuldning af en efterafgrøde kan således have en negativ effekt både mht. udvaskningsreduktion og udnyttelse af det optagne kvælstof.

På sandjorde uden plantevækst om efteråret er nedbørsmængderne oftest store nok til at nedvaske nitrat til under den efterfølgende afgrødes rodedybde. På disse jorde kan forårsplojning derfor anbefales for at opnå størst mulig udvaskningsbegrænsende effekt (Beck-Friis *et al.*, 1994; Känkänen *et al.*, 1999). Generelt gælder det, at hvis forårsplojning ikke kan praktiseres, er det bedst at udskyde efterårsplojningen så længe som muligt, således at efterafgrødens vækstperiode bliver længst mulig.

Med hensyn til nedmuldningsmetode fandt Rasmussen (1991a) samt Hansen & Djurhuus (1997b), at fræsning af efterafgrøden på grovsandet jord gav ringere eftervirkning i den efterfølgende bygafgrøde end plojning. På lerjord var der udbyttetab ved reduceret jordbearbejdning i forbindelse med nedmuldning af efterafgrøden (Rasmussen, 1991a; Känkänen *et al.*, 1999).

4.7 Eftervirkning

Ved eftervirkningen af efterafgrøder forstås den indflydelse efterafgrøderne har på de følgende afgrøders udbytte og kvælstofoptagelse, samt hvordan dyrkning og nedmuldning af efterafgrødematerialer påvirker jorden og dens indhold af organisk stof.

Kvælstofeftervirkningen af efterafgrødemateriale vil dels afhænge af forløbet af mineralisering/immobilisering i perioden efter nedmuldning, og dels af vækstperiodens varighed for de afgrøder, der dyrkes efter nedmuldningen. Eftervirkningen vil ved sammenlignende undersøgelser af afgrøder dyrket med og uden efterafgrøder ligeledes afhænge af, hvor meget kvælstof, der om foråret vil være til rådighed i jord uden efterafgrøder (Thorup-Kristensen, 1993b). Hvorvidt en mark med efterafgrøde om foråret vil indeholde mindre kvælstof end en mark uden efterafgrøde vil bl.a. afhænge af klima og jordtype. På sandjord, hvor efterårs- og vinternefbøren sædvanligvis er tilstrækkelig til at udvaske størstedelen af det plantetilgængelige kvælstof, vil der om foråret sjældent være forskel på indholdet i marker med og uden

efterafgrøde. Men på lerjord og under nedbørsfattige forhold kan der generelt forventes en mindre kvælstofmængde i jorden, hvor der har været dyrket efterafgrøder sammenlignet med marker uden efterafgrøder. Disse forhold bevirker, at der i forsøg med sammenligning af afgrøder dyrket med og uden efterafgrøder kun bestemmes en positiv kvælstofeftervirkning af efterafgrøder, hvis mineraliseringen af kvælstof i nedmuldet plantemateriale kan opveje effekten af et lavere indhold af plantetilgængeligt kvælstof i rodzonen om foråret. Udnyttelsesgraden af mineraliseret kvælstof fra en efterafgrøde vil dels afhænge af varigheden af den efterfølgende afgrødes næringsstofoptagelse (Hvelplund & Østergaard, 1980), og dels af, hvor stor en del af det mineraliserede kvælstof, der optages. Ved anvendelse af ^{15}N -beriget handelsgødning er det vist, at det ofte er under halvdelen af det tilførte kvælstof, der bliver optaget i de overjordiske dele af en indhøstet bygafgrøde (Thomsen, 1993; Thomsen & Jensen, 1994). Tilsvarende kan det forventes, at det kun er halvdelen af kvælstof mineraliseret fra en efterafgrøde, der kan genfindes i de overjordiske plantedele af en afgrøde med vækstforhold svarende til en bygafgrøde.

4.7.1 Eftervirkning af græsarter

Efter nedmuldning af ^{15}N -mærket rajgræsefterafgrøde fandt Jensen (1992), at tre efterfølgende bygafgrøder i de overjordiske plantedele havde optaget hhv. 19%, 4% og 2% af det med efterafgrøden tilførte kvælstof. Thomsen & Jensen (1994) fandt en generelt lavere (10%, 2% og 1%) optagelse af kvælstof tilført med de overjordiske dele af en rajgræsefterafgrøde. Af kvælstof i rødder af rajgræsefterafgrøde blev der i første vækstsæson efter nedmuldningen optaget 12-15% (Thomsen, 1993). Optagelsesprofilerne fundet af Jensen (1992) og Thomsen & Jensen (1994) viser, at ca. 75% af den samlede kvælstofoptagelse i løbet af tre år sker i løbet af første vækstsæson. En effektiv udnyttelse af en efterafgrøde vil derfor afhænge meget af, hvilken afgrøde der bliver dyrket den efterfølgende vækstsæson. Jensen (1992) viste dog, at der med en efterfølgende rajgræsafgrøde blev indhøstet mindre ^{15}N mineraliseret fra en efterafgrøde sammenlignet med optagelsen i en vårbygafgrøde, formentligt fordi den opsamlende rajgræsafgrøde indeholdt mere ^{15}N i rødderne end vårbyg.

Et udlæg af rajgræs kan på det tidspunkt, hvor moden byg høstes, indeholde 7-15 kg N/ha (Schjørring *et al.*, 1988a,b; Lindén *et al.*, 1993). Eftervirkningen vil derfor afhænge af, om den bestemmes i afgrøder med fortsat efterafgrødedyrkning eller i afgrøder uden efterafgrøder. Hvis en nedmuldet efterafgrøde ikke frigiver nok kvælstof til, at en mængde svarende til græsudlæggets kvælstofindhold kan optages af hovedafgrøden, vil eftervirkningen af efterafgrøder bestemt i et dyrkningssystem med fortsat anvendelse af efterafgrøder umiddelbart forekomme neutral eller negativ (Beck-Friis *et al.*, 1994). Når eftervirkningen af græsefterafgrøder bestemmes ved gentagen dyrkning over en årrække, kan den stadige tilbageholdelse af kvælstof med efterfølgende mineralisering efterhånden betyde, at efterafgrødeeffekten skifter fra at være negativ til at være positiv (Hiitola & Eltun, 1996). Blandt andet disse faktorer er medvirkende til, at der i forsøg med græsefterafgrøder findes eksempler på både negativ, neutral og positiv effekt.

Negative effekter af græsefterafgrøder kan forekomme, hvis en overvintrende efterafgrøde vanskeliggør jordbearbejdningen og dermed skaber et dårligt såbed. Dette var formentlig årsagen til, at majs sået umiddelbart efter nedmuldning af efterafgrøder havde lavere udbytte sammenlignet med majs dyrket uden efterafgrøde (Martinez & Guiraud, 1990; Dapaah & Vyn, 1998). Der blev også set negative effekter på de efterfølgende afgrøder i Garwood *et al.* (1999), Jensen (1991) og Wyland *et al.* (1995), hvilket skyldtes kombinationer af dårligt såbed og et reduceret indhold af uorganisk kvælstof om foråret.

I nogle undersøgelser har eftervirkningen af efterafgrøder været neutral. Efter et års dyrkning af rajgræs som efterafgrøde i vårbyg eller vårhvede kunne der ikke bestemmes nogen eftervirkning i den efterfølgende vårsædsafgrøde dyrket uden udlæg (Breland, 1996a). Tilsvarende fandt Andersen & Olsen (1993) heller ingen eftervirkning i to vårsædsafgrøder dyrket uden udlæg i to år efterfølgende et års dyrkning af en rajgræsefterafgrøde.

I et femårs-forsøg med gentagen dyrkning af byg på lerjord med alm. rajgræs som efterafgrøde var der ingen effekt af den undersåede efterafgrøde (Hansen & Djurhuus, 1997b). Derimod blev udbyttet i vårbyg dyrket på sandjord øget med op til 5 hkg/ha og kvælstofoptagelsen med 18 kg N/ha efter at byg havde været dyrket kontinuert i 19 år med isået rajgræs som efterafgrøde (Hansen & Djurhuus, 1997b). At eftervirkningen af græsafrøder kan være relateret til jordtypen viste Rasmussen (1991b), som fandt en positiv virkning af efterafgrøder på sandjord, neutral virkning på morænelerjord og en negativ effekt på marskjord.

Eftervirkningen er også afhængig af gødskningsniveauet i den efterfølgende afgrøde. I de Landøkonomiske Foreninger (Jacobsen og Bentholt, 1977a) gennemførtes i årene 1971-1976 i alt 15 forsøg, dels på sandjorde og dels på lerjorde, med tilførsel af 0, 45 og 90 kg N/ha om efteråret til en efterafgrøde af italiensk rajgræs kombineret med 0, 40, 80 og 120 kg N/ha til den efterfølgende bygafgrøde. På begge jordtyper medførte efterårsnedpløjning af efterafgrøden størst eftervirkning, når byggen blev gødet med 0-40 kg N/ha. Når gødningsmængden til byg blev øget til 80-120 kg N/ha var efterafgrødens eftervirkning faldende. Forsøget viste desuden, at stigende tilførsel af kvælstof til efterafgrøden øgede eftervirkningen i den efterfølgende vårbyg. Lignende resultater er fundet af Jepsen (1972).

Som det fremgår af ovenstående, er der ikke tale om nogen entydig eftervirkning af græsefterafgrøder på de efterfølgende afgrøders udbytte og kvælstofoptagelse. Grunden til dette er bl.a., at med de kvælstofmængder, der normalt kan optages i græsefterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder, vil der ofte kun være tale om beskedne kvælstofmængder, der mineraliseres i de efterfølgende vækstsæsoner. Hvis en græsefterafgrøde indeholder 40 kg N/ha i top og rod, vil en efterfølgende afgrøde kunne optage mellem 4 og 8 kg N/ha heraf i de overjordiske plantedele (Jensen, 1992; Thomsen & Jensen, 1994). I det andet år efter nedmuldningen vil der tilsvarende kunne forventes optaget omkring 2 kg N/ha fra efterafgrøden. Under markforhold vil en øget kvælstofoptagelse i denne størrelsesorden i mange tilfælde skulle opveje et lavere indhold af uorganisk kvælstof i jorden om foråret efter dyrkning af efterafgrøde.

4.7.2 Eftervirkning af korsblomstrede arter

Eftervirkningen af korsblomstrede efterafgrøder i efterfølgende kornafgrøder er generelt positive på sandjorde, men ofte negative på lerjorde. I undersøgelser af Rasmussen & Andersen (1991) på 5 lokaliteter omfattende 2 lerblandede sandjorde og 3 lerjorde fandtes i gennemsnit af 7 års forsøg ingen effekt i den efterfølgende vårbyg på den ene af de to lerblandede sandjorde og et merudbytte på 1,1 hkg kerne/ha på den anden. På de tre lerjorde fandtes henholdsvis ingen effekt, en udbyttereduktion på 1,1 hkg kerne og et merudbytte på 1,6 hkg kerne/ha. En del af forklaringen på den positive effekt på den ene af lerjordene kan være, at gødningsniveauet på den pågældende lerjord var noget lavere end på de to øvrige lerjorde.

På en grov sandjord er der opnået merudbytter varierende fra 0,6 til 4,2 hkg kerne/ha i en efterfølgende afgrøde af vårbyg (Olsen, 1987; Andersen & Olsen, 1994b). Den største effekt opnåedes ved nedpløjning af efterafgrøden om foråret. På lerjorde fandtes i samme undersøgelser en eftervirkning varierende fra et merudbytte på 1,9 hkg kerne/ha til en udbyttereduktion på 4,2 hkg kerne/ha. I modsætning til sandjorden var den negative effekt af efterafgrøden størst ved nedpløjning om foråret.

I de Landøkonomiske Foreninger blev der i årene 1977-1982 gennemført et stort antal forsøg, 128 i alt, for at klarlægge om dyrkning af gul sennep som efterafgrøde kunne forbedre udbytniveauet ved ensidig dyrkning af vårbyg (Skriver, 1983). Sennep blev sået i stubharvet jord og tilført 30 kg N/ha ved såning. Efterafgrøden blev dels pløjet og dels fræset ned om efteråret. I gennemsnit af alle forsøg fandtes ingen nævneværdig eftervirkning af efterafgrøden i den efterfølgende afgrøde af vårbyg.

Eftervirkningen af gul sennep er fundet at afhænge af gødningsniveauet i den efterfølgende vårsæd (Rasmussen & Olsen, 1983). I gennemsnit var eftervirkningen således henholdsvis 2,4, 1,2, 0 og -0,4 hkg kerne/ha ved kvælstofniveauer på ca. 60, 90, 120 og 150 kg N/ha.

Forsøg i økologisk planteavl (Tersbøl, 1999) tyder ligeledes på, at eftervirkningen af korsblomstrede efterafgrøder i korndyrkning kan være langt bedre, når den måles i kornafgrøder, der dyrkes ved lavt kvælstofniveau. Der kan måske også forventes bedre eftervirkninger i konventionel produktion, når kvælstoftildelingen er lav.

Eftervirkningen er meget afhængig af dyrkningsbetingelserne. Hvis korsblomstrede efterafgrøder dyrkes efter specialafgrøder, hvor de kan optage meget kvælstof, kan eftervirkningen blive meget stor. Der er målt eftervirkninger på mere end 60 kg N/ha i optagelse, svarende til en tilført gødningsmængde på ca. 100 kg N/ha (Thorup-Kristensen, 1994). Under sådanne forhold viser korsblomstrede efterafgrøder sig normalt at have markant bedre eftervirkning end andre efterafgrøder.

4.7.3 Eftervirkning af kornarter

Eftervirkningen af vinterrug er undersøgt af Andersen og Olsen (1994b) i forsøg med forskellige efterafgrøder sået efter vårbyg. Eftervirkningen i den efterfølgende vårbyg i gennemsnit af med og uden tilførsel af 30 kg kvælstof var på en grov sandjord 2,1 hkg kerne/ha ved ned-

pløjning af vinterrugen om efteråret og 2,4 hkg kerne/ha ved nedpløjning om foråret. På lerjorden fandtes en reduktion i kerneudbyttet på 3,9 hkg/ha ved nedpløjning om efteråret og en reduktion på 9,8 hkg/ha ved nedpløjning af efterafgrøden om foråret. Vinterrug opnår ikke så højt et C/N-forhold som rajgræs og kan derfor have en bedre eftervirkning end græs (Andersen & Olsen, 1993; Kuo *et al.*, 1996).

4.7.4 Eftervirkning af bælgplantearter

Schröder *et al.* (1997) viste, at der kunne opnås en meget stor eftervirkning af rødkløver undersået i hvede svarende til omkring 90 kg N/ha. Foreløbige resultater tyder på, at en række arter af græsmarksbælgplanter har god eftervirkning (Jørgensen, 1997). Der er ikke fundet markante forskelle i eftervirkningen af de afprøvede arter.

Der er kun gennemført få danske forsøg med rene bælgplanteafgrøder som efterafgrøder efter korn. I forsøg på en lerjord med foderærter fandt Olsen (1987) i gennemsnit af 6 forsøg en lille reduktion i kerneudbyttet i den efterfølgende afgrøde af vårbyg. I 3 års tilsvarende forsøg med foderærter sået efter vinterbyg fandtes i gennemsnit en positiv eftervirkning i den efterfølgende vårbygafgrøde på 1,3 hkg kerne/ha. Schröder *et al.* (1997) fandt i gennemsnit af 11 forsøg en eftervirkning af rødkløver undersået i vinterhvede på 94 kg N/ha.

4.7.5 Eftervirkning af honningurt

Honningurt dør væsentligt tidligere i efteråret end f.eks. de korsblomstrede arter og frigiver derfor kvælstof igen allerede i løbet af efteråret, hvis der forekommer nattefrost. Det er generelt for tidligt under danske forhold, og betyder, at meget af det kvælstof, der frigives, kan nå at udvaskes, inden det kan udnyttes af en afgrøde i det følgende år. Kun under forhold, hvor udvaskningen går relativt langsomt, og hvor kvælstof frigivet i november normalt ikke vil blive udvasket før foråret, kan honningurt være et alternativ. Problemet med tidlig frigivelse af optaget kvælstof forstærkes, hvis en forholdsvis stor del af kvælstof i afgrøden findes som nitrat, hvilket kan være tilfældet for honningurt, som har en tendens til at ophobe nitrat, især ved meget let tilgængeligt kvælstof i jorden. I undersøgelser med kornafgrøder (Olsen, 1987; Andersen & Olsen, 1994a) er der fundet varierende resultater af honningurt, ofte med negativ eftervirkningen.

4.7.6 Langsigtet eftervirkning

Da det kun er en mindre del af det kvælstof, der tilbageholdes i en efterafgrøde, som bliver optaget de første år efter nedpløjning af efterafgrøden, vil gentagen dyrkning af efterafgrøder også have en langsigtet virkning på kvælstofbalancen på markniveau. Gentagen nedmuldning af efterafgrøder vil øge jordens indhold af både kulstof og kvælstof (Thomsen, 1995; Hansen *et al.*, 2000a). Det øgede kvælstofindhold kan medføre, at en del af det kvælstof, som er blevet tilbageholdt i jorden under tidligere dyrkning af efterafgrøder, vil blive udvasket på et senere tidspunkt. Lewan (1994) målte et højere indhold af nitrat i jord efter at dyrkning af efterafgrøder i vårbyg var blevet indstillet efter tre år. Ligeledes fandt Hansen *et al.* (2000a)

og Thomsen & Christensen (1999) øget udvaskning efter ophør af flere års dyrkning af efterafgrøde i vårbyg. Den øgede udvaskning svarede i Thomsen & Christensen (1999) til, at 30% af det kvælstof, der var blevet tilbageholdt efter fem års dyrkning af efterafgrøder, blev udvasket i de efterfølgende fem år, hvor byg blev dyrket uden efterafgrøder. For at opnå maksimal udbytte af efterafgrøder er det derfor vigtigt så vidt muligt at tilpasse afgrødefølgen således at kvælstof mineraliseret fra efterafgrøderne bliver udnyttet.

Langvarig brug af efterafgrøder kan medføre andre effekter end frigivelse af kvælstof. Hansen *et al.* (2000b) viste, at effekten af gentagne nedmuldninger af efterafgrøder på sandjord ikke kunne opvejes af kvælstoftilførslen til den efterfølgende afgrøde. Tilførslen af organisk stof påvirkede derfor ikke kun mængden af mineraliserbart kvælstof, men øgede også jordens generelle frugtbarhed. Der kan måske være tale om en positiv effekt af en forøget biologisk aktivitet (Dick, 1992), frigivelse af mikronæringsstoffer (Eriksen & Thorup-Kristensen, 200x) eller lignende.

5. Diskussion og konklusion

5.1 Relationer mellem efterafgrøders kvælstofoptagelse, udvaskningsreduktion og eftervirkning

Efterafgrøder optager kvælstof, som ellers er udsat for udvaskning. På sandjorde med ringe vandholdende kapacitet vil efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt afhænge af den aktuelle kvælstofoptagelse i over- og underjordiske plantedele. På lerjorde med større vandholdende evne eller under meget nedbørsfattige forhold vil planteoptagelse af kvælstof i efterafgrøden ikke altid være ensbetydende med en tilsvarende reduktion i udvaskningen. Det skyldes, at udvaskningen selv uden dyrkning af en efterafgrøde kan være så lav, at udvaskningen ikke reduceres tilsvarende kvælstofoptagelsen i efterafgrøden.

Bælgplanter, der foruden at optage mineralsk kvælstof fra jorden også er i stand til at udnytte frit kvælstof fra luften, vil ikke nødvendigvis reducere udvaskningen svarende til deres kvælstofindhold. Hvor stor en del af bælgplanters kvælstofindhold der optages fra jorden, og hvor stor en del der stammer fra luften, afhænger af en række forhold, herunder jordens kvælstofindhold.

I forsøg er der ofte udelukkende bestemt kvælstofindhold i overjordisk plantemateriale, da det er vanskeligt og tidskrævende at bestemme kvælstofindhold i rodmassen. Ved vurdering af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt på baggrund af overjordisk kvælstofoptagelse skal det tages i betragtning, at forskellige arter af efterafgrøder har forskelligt forhold mellem overjordisk og underjordisk kvælstofoptagelse. F.eks. optager foderræddike forholdsvis meget kvælstof i rødder i sammenligning med gul sennep og honningurt (Andersen & Olsen, 1994a).

Ved benyttelse af efterafgrøders kvælstofoptagelse til vurdering af deres effekt på udvaskningen antages det sædvanligvis, at efterafgrøder ikke har andre effekter på jorden end at fjerne uorganisk kvælstof, der ellers ville kunne udvaskes. Men Schröder *et al.* (1997) fandt indiat-

oner på, at denne antagelse kan være forkert. F.eks. er mineraliseringen fundet at være mindre ved tilstedeværelse af planter end uden planter (Sparling *et al.*, 1982; Reid & Goss, 1982), mens denitrifikationen både kan være større eller mindre på bevokset jord end på ubevokset (Trolldenier, 1989). Dette betyder, at efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt kan være større end anslået ud fra deres optagelse af kvælstof.

Ved udtagning af jordprøver på et givent tidspunkt om efteråret opnås der et øjebliksbillede af, hvor meget en efterafgrøde har reduceret det mineralske kvælstofindhold i jorden i forhold til ubevokset jord, men resultatet viser ikke, hvor stor en udvaskning der evt. har været forud for udtagning af jordprøverne.

Ved direkte måling af udvaskningen i forsøg med og uden efterafgrøde er det muligt at vurdere efterafgrøderne uden at gøre antagelser om sammenhænge mellem kvælstofoptagelse, mineralsk kvælstof i jorden og udvaskning. Alm. rajgræs er den efterafgrøde, der forsøgsmæssigt er bedst belyst mht. effekt på udvaskningen. Ved udlæg i vårsæd dyrket på sandjord og gødet med anbefalede mængder af handelsgødning eller organisk gødning om foråret blev det fundet, at middeltidlig eller sildig alm. rajgræs, der ikke blev gødet om efteråret, i gennemsnit producerede 11 hkg/ha af overjordisk tørstof og optog 24 kg N/ha ligeledes i overjordisk materiale. Udvasningen blev reduceret med 38 kg N/ha sammenlignet med ubearbejdet jord uden bevoksning (Simmelsgaard, 1991; Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997a). Forsøgene blev udført i år med milde vintre. I år med koldere vintre vil den udvaskningsreducerende effekt formentlig være mindre. Det er desuden en forudsætning, at efterafgrøden etableres ensartet efter god landmandspraksis. På lerjord vil kvælstofoptagelsen formentlig være af samme størrelsesorden, mens den udvaskningsbegrænsende effekt ofte vil være mindre pga. generel mindre udvaskning på lerjord.

På baggrund af ovennævnte forsøg anslås det, at udvaskningen som gennemsnit over jordtyper kan reduceres med 25 kg N/ha ved dyrkning af veletablerede ikke kvælstoffikserende efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder med afstemt brug af handels- eller husdyrgødning. For at opnå dette resultat kræves en god driftsledelse med rigtig valg af efterafgrøde samt rettidig såning og ensartet etablering af efterafgrøden.

Effekten af at benytte bælgplanter eller bælgplanter i blanding med andre arter er ikke tilstrækkeligt belyst til, at der kan anslås en størrelse for den udvaskningsbegrænsende effekt.

Generelt gælder det, at hvis efterafgrøderne etableres dårligt og/eller uensartet, vil der opnås ringere resultater end de ovenfor nævnte. På bedrifter, hvor der har været anvendt store mængder husdyrgødning i flere år, eller hvor der af andre årsager er et stort indhold af mineralsk kvælstof i jorden, kan der sædvanligvis forventes større udvaskningsreduktion end anført. Men udvaskningsreduktionen afhænger af sammenligningsgrundlaget, idet effekten af en efterafgrøde vil være mindre end angivet ved sammenligning med arealer, hvor jorden er bevokset med spildfrø og ukrudt i afstrømningsperioden (Jacobsen & Melander, 1994) og større end angivet ved sammenligning med arealer med intensiv jordbearbejdning i efterårsperioden (Hansen & Djurhuus, 1997b).

Når efterafgrøder nedmuldes, tilføres jorden letomsætteligt organisk stof og dermed organisk bundet kvælstof. I almindelig landbrugsjord angives totalindholdet af kvælstof i indtil 100 cm dybde at kunne variere fra ca. 5 til 9 t/ha. Det er derfor i praksis umuligt at måle en stigning i jordens totale kvælstofindhold efter et enkelt års nedmuldning af en efterafgrøde. Men gentagen nedmuldning af efterafgrøder på samme areal vil øge jordens indhold af organisk bundet kvælstof (Thomsen, 1995; Hansen *et al.*, 2000a). Dette kvælstof vil ligesom jordens øvrige indhold af organisk bundet kvælstof kunne mineraliseres både i og uden for den egentlige vækstsæson. Den del, der mineraliseres i efterfølgende vækstsæsoner, vil kunne udnyttes af efterfølgende afgrøder, mens der er risiko for, at den del, der mineraliseres når jorden er uden bevoksning, udvaskes. Det betyder, at der bør tages hensyn til den øgede kvælstoffrigivelse ved langvarig dyrkning af efterafgrøder, ellers vil en del af det kvælstof, der tidligere er blevet optaget af efterafgrøder, kunne tabes ved udvaskning og dermed formindske efterafgrødernes udvaskningsreducerende effekt.

Kun en mindre del af kvælstoffet, der optages i ikke-kvælstoffikserende efterafgrøder, vil blive frigivet de første år efter nedmuldning. Ved en overjordisk kvælstofoptagelse på ca. 20 kg N/ha viser ¹⁵N-forsøg, at der i de tre første år efter nedmuldning af efterafgrøden optages henholdsvis 3, 1 og <1 kg N/ha i den efterfølgende afgrøde. Disse kvælstofoptagelser svarer til, at man ved et års efterafgrødedyrkning kan spare ca. det dobbelte i handelsgødning, altså henholdsvis 6-, 3- og 1 kg/ha og høste samme udbytte. For at opnå de angivne værdier for eftervirkning forudsættes det, at efterafgrøden nedmuldes så sent som muligt, men alligevel så tidligt at den i foråret ikke optager væsentlige mængder kvælstof, som ellers ville kunne udnyttes af hovedafgrøden ("pre-emptive competition", Thorup-Kristensen, 1993c). Derved minimeres risikoen for negativ eftervirkning, som ofte ses på lerjord. Det anslås, at immobilisering af kvælstof ved nedmuldning af efterafgrøde er af ringe betydning, idet C/N-forholdet sædvanligvis er af en sådan størrelse, at immobilisering ikke kan forventes (Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997a).

Eftervirkningen af veletablerede bælgplanter vil kunne være større end beskrevet ovenfor, da disse sædvanligvis har en højere kvælstofkoncentration ved nedmuldning, men effekten er utilstrækkeligt belyst.

5.2 Valg af efterafgrøde i relation til bedriftsform

Mulighederne og betingelserne for anvendelse af efterafgrøder er forskellige i kvæg-, svine- og plantebedrifter. Den efterfølgende diskussion er derfor relateret til de mest udbredte produktionssystemer med en efterfølgende beskrivelse af mulighederne for at dyrke efterafgrøder efter de vigtigste hovedafgrøder.

5.2.1 Sædskifter på kvægbedrifter

De fleste kvægbedrifter er efterhånden så specialiserede, at der dyrkes grovfoderafgrøder som græs, helsæd/græsudlæg, roer eller majs på det meste af arealet. På kvægbrugsbedrifter vil der ofte være opbygget en forholdsvis stor pulje af organisk stof, som let mineraliseres. Dette

medfører en stor risiko for udvaskning af kvælstof i perioder, hvor jorden ikke er plantedækket. Fornyelse af græsmarker vil ofte ske ved udlæg i vårsæd, hvor vårsæden evt. høstes som helsæd. Der synes ikke at være behov for efterafgrøder efter roer, der optages sent om efteråret, idet roer fortsætter vækst og kvælstofoptagelse indtil optagning (Shepherd & Lord, 1996). Hvis der i sædskiftet dyrkes byg efter korn, vil der være mulighed for at så en efterafgrøde. Ligeledes vil det være muligt ved dyrkning af majs.

5.2.2 Sædskifter på svinebedrifter

Sædskifter på svinebedrifter vil ofte været domineret af korn og evt. forskellige andre salgsafgrøder, f.eks. ærter, raps og kartofler. Da der tilføres husdyrgødning, er det vigtigt, at der i videst muligt omfang er etableret voksende afgrøder på arealerne i perioder med risiko for udvaskning af næringsstoffer. Efter ærter og raps bliver der ofte sået vintersæd, hvilket betyder, at der i praksis kun sjældent vil indgå efterafgrøder efter disse afgrøder.

5.2.3 Sædskifter på plantebedrifter overvejende med korn

Sædskifter på planteavlsbedrifter vil ofte stort set være identiske med sædskifter på svinebedrifter, og dermed er mulighederne for efterafgrøder også de samme. Ofte vil mineraliseringspotentiallet dog være mindre på planteavlsbedrifter, selvom disse i stigende grad modtager husdyrgødning fra andre bedrifter.

5.2.4 Sædskifter på plantebedrifter med specialafgrøder

Plantebedrifter med specialafgrøder spænder fra ejendomme med næsten udelukkende specialafgrøder til bedrifter med overvejende korn og et mindre areal med specialafgrøder. De fleste specialafgrøder dyrket på friland kræver store kvælstofmængder i forhold til de mængder, som optages. Dette skyldes bl.a. såning i rækker med stor afstand samt en forholdsvis langsom rodudvikling. I store dele af vækstperioden vil planternes rødder derfor ikke effektivt kunne udtømme jorden for mineralsk kvælstof. Ved dyrkning af grøntsager/specialafgrøder vil der således være en relativt stor risiko for udvaskning af næringsstoffer, især på sandjord. Selvom arealerne med grøntsager/specialafgrøder er relativt små, er det vigtigt, at der opnås en god udnyttelse af næringsstofferne, og at tabet til omgivelserne minimeres.

5.3 Generelle forhold vedrørende valg og dyrkning af efterafgrøder

Driftsform og sædskifte er af afgørende betydning for dyrkning af efterafgrøder. Som det fremgår af resultatafsnittet, er der fundet meget store spredninger i effekten af efterafgrøder. Valg af den rigtige efterafgrøde til det aktuelle formål er vigtig. Der kan opstilles en række krav til efterafgrøder. De tre vigtigste er:

1. Stor produktion og dermed næringsstofoptagelse af efterafgrøden i den periode, hvor efterafgrøden skal reducere udvaskningen.
2. Minimal konkurrence over for hovedafgrøden, hvor efterafgrøden er isået hovedafgrøden.

3. Efterafgrøden må ikke befordre sædskiftesygdomme.

For at undgå at efterafgrøder på lerjord i det tidlige forår optager tilbageværende kvælstof, som ellers ville være til rådighed for den efterfølgende afgrøde, bør efterafgrøder på lerjord nedmuldes tidligst muligt om foråret eller evt. sent efterår/vinter. Frostfølsomme arter som honningurt og gul sennep standser selv væksten, når de udsættes for frost. Dette kan være uheldigt, da den efterfølgende omsætning af efterafgrøden medfører, at en del af det frigivne kvælstof kan udvaskes i vinterens løb. På sandjord, hvor der skal mindre nedbørmængder til at forårsage udvaskning, er det særlig uheldigt, hvis efterafgrøden visner, og omsættes om efteråret. For at undgå dette, bør der på sandjord vælges efterafgrøder, der ikke er følsomme over for frost, og der bør foretages nedmuldning om foråret frem for om efteråret. I sammenligning med lerjord er der på sandjord desuden sjældent tilbageværende kvælstof i jorden om foråret, hvilket mindsker risikoen for, at en efterafgrøde på det tidspunkt vil optage kvælstof, der kunne være til rådighed for den efterfølgende afgrøde.

5.4 Valg af efterafgrøde i relation til hovedafgrøde

5.4.1 Vårbyg

Når der dyrkes vårbyg som hovedafgrøde før en anden forårssået hovedafgrøde, er der mulighed for at dyrke en efterafgrøde i den mellemliggende efterårs- og vinterperiode. Udlæg af middeltidlig eller sildig alm. rajgræs i vårbyg om foråret er en oplagt mulighed for at etablere en efterafgrøde, der som oftest konkurrerer svagt med hovedafgrøden, og som er klar til at vokse og optage kvælstof efter høst af vårbyggen. En anden mulighed er at så en efterafgrøde efter høst af hovedafgrøden. De fleste græsser er uegnede til etablering efter høst, men arter som gul sennep, honningurt og lignende er velegnede. Dog er etableringen af efterafgrøden efter høst samt efterafgrødens vækst i efteråret stærkt afhængig af såtidspunktet, som er bestemt af hovedafgrødens høsttidspunkt. For at få en god udvikling af f.eks. gul sennep, og dermed en høj kvælstofoptagelse, kræves det, at den sås inden midten af august. Risikoen for sen høst kendes ikke om foråret, når der skal træffes beslutning om, hvorvidt der skal anvendes en undersået efterafgrøde eller en efterafgrøde sået efter høst. En forårssået græsefterafgrøde giver relativ stor sikkerhed for, at efterafgrøden har mulighed for at begynde væksten snarest efter høst af hovedafgrøden. Der findes sandsynligvis andre efterafgrøder end græsser, f.eks. cikorie, som vil være velegnede til forårsudlæg i korn, men mulighederne er kun undersøgt i begrænset omfang. God etablering og vækst af gul sennep efter udstrøning af frø før høst af byg er muligvis realistisk, men metoden er forsøgsmæssigt svagt belyst.

5.4.2 Vinterhvede

Resultaterne fra de få forsøg, der er gennemført til belysning af efterafgrødedyrkning i vinterhvede, tyder på, at det er vanskeligt at etablere en undersået græsefterafgrøde, der ikke påvirker afgrøden negativt, og som samtidig udvikles tilstrækkeligt til at kunne reducere udvask-

ningen. Udstrøning af frø inden høst af vinterhveden kan eventuelt være et alternativ, men dette er ikke tilstrækkeligt undersøgt.

5.4.3 Øvrige kornarter

Anvendelse af efterafgrøder i de øvrige kornarter som rug, vinterbyg og havre er ikke forsøgsmæssigt undersøgt. På grund af de forskellige vækstforhold, der gør sig gældende for de forskellige kornarter, kan resultaterne fra vårbyg og vinterhvede formentlig ikke overføres.

5.4.4 Helsæd

Helsæd er tidligt høstet korn, evt. iblandet ærter, som anvendes til foder. Helsæden kan bestå af vinterhvede, vinterbyg eller vårsæd, men vårbyg er den mest anvendte kornart. Når vårbyg anvendes til helsæd, vil der normalt være isået et udlæg af rajgræs eller kløvergæs, som vokser videre efter høst af helsæden. De tidligere nævnte problemer med isåning af udlæg i vinterhvede betyder, at der ofte ikke vil være udlæg i vinterhvede høstet som helsæd. Er dette tilfældet, kan det være aktuelt med såning af en efterafgrøde. Da helsæden allerede høstes i juli, vil der være mulighed for etablering af en korsblomstret efterafgrøde eller honningurt.

5.4.5 Majs

Arealet med majs i Danmark er stærkt stigende, og på mange kvægbrugsbedrifter har man arealer med majs. Majsen tilføres normalt forholdsvis store mængder husdyrgødning. Væksten stoppes i almindelighed af nattefrost i oktober måned, og majsen høstes umiddelbart derefter. Da næringsstoffoptagelsen stopper længe før nedvisning, medfører det, at der er en lang periode med risiko for udvaskning fra arealer med majs. Der findes ingen efterafgrøder, som kan udvikles tilstrækkeligt ved såning efter høst af majs. Det er derfor vigtigt, at der isås en afgrøde, som kan fortsætte vækst og næringsstoffoptagelse efter høst af majsen. Såning af græs mellem majsrækkerne i forår eller forsommer synes at være en anvendelig metode, men det er vigtigt, at denne udsåning sker efter en strategi, som kun medfører et minimum af konkurrence over for majsen. Ved tidlig isåning af en græsefterafgrøde før majsens intense vækstperiode skal der vælges en græsart, som er langsomt voksende. Andre arter vil evt. kunne anvendes som efterafgrøde, men der foreligger kun få forsøg om emnet.

5.4.6 Roer

Roer høstes så sent, at det normalt ikke vil være muligt at etablere efterafgrøder efter optagningen. Isåning af en efterafgrøde, som fortsætter væksten efter optagning af roerne, f.eks. græs, er næppe realistisk, da det formentlig vil medføre for mange problemer med konkurrence over for roerne samt en vanskelig optagning. Det vurderes tillige, at behovet for efterafgrøder efter roer er begrænset, idet roerne i modsætning til majs, fortsætter med kvælstofoptagelsen lige frem til optagningen.

5.4.7 Raps

Efter raps dyrkes der ofte vintersæd, men hvis rapsen efterfølges af en forårssået afgrøde, bør der isås en efterafgrøde. Mulighederne for anvendelse af efterafgrøder i raps er ikke forsøgs-mæssigt belyst.

5.4.8 Ærter

Ærter efterfølges i lighed med raps ofte af vintersæd. Hvis ærter efterfølges af en forårssået afgrøde, kan der evt. isås en efterafgrøde af langsomt voksende græs om foråret, men viden om mulige arter og metoder savnes.

5.4.9 Kartoffler

Efter sildige kartofler til industri vil det være for sent at så efterafgrøder. Efter optagning af tidlige til middeltidlige kartofler vil der være mulighed for at så efterafgrøder. Rug vil ofte være en velegnet efterafgrøde på grund af den hurtige etablering og udvikling på let jord, som der oftest vil være tale om. Sennep, og evt. andre arter, kan også være aktuelle efterafgrøder.

5.4.10 Grøntsager

Grøntsager er en meget heterogen gruppe med meget forskellig længde af vækstperioden. Der kan være tale om en kort kultur, som høstes tidligt, f.eks. salat, og undertiden vil der være flere høst af korte kulturer efter hinanden på samme areal. Endelig kan der være tale om enkelt-kulturer, som skal udnytte hele vækstperioden, f.eks. flere kålarter. Efter tidligt høstede arter af grøntsager er det vigtigt at vælge effektive arter af efterafgrøder. Korsblomstrede vil ofte være et godt valg, bl.a. på grund af deres forholdsvis store roddybde. Vinterrug kan også være en aktuell mulighed, f.eks. hvis der er behov for en høj grad af vinterfasthed på lettere jorde, men flere andre arter kan komme på tale. Foreløbige undersøgelser tyder på, at cikorie med en hurtig vækst og stor roddybde kan blive en interessant fremtidig efterafgrøde.

6. Behov for forskning og udvikling

I forbindelse med udarbejdelsen af den foreliggende rapport var det ønsket at give en oversigt over, hvilke muligheder der er for anvendelse af diverse efterafgrøder efter de forskellige hovedafgrøder. Det viste sig, at dette ikke kunne gøres fyldestgørende, da en del problemstillinger enten var forsøgmæssigt svagt belyst, eller slet ikke var undersøgt. Nogle af de emner, der mangler viden om, er bl.a. anvendelse af efterafgrøder i majs og vintersæd. Majsarealet i Danmark er stigende, og da majs ofte tilføres husdyrgødning, er det vigtigt, at der kan etableres en ikke-konkurrerende efterafgrøde, som kan optage mineraliseret kvælstof, efter at majsen har stoppet væksten.

På en del plantebedrifter dyrkes der meget vintersæd. For at kunne anvende efterafgrøder efter høst af hovedafgrøden er det vigtigt at udvikle metoder til forårs- eller efterårsundersåning af en efterafgrøde, der ikke konkurrerer for voldsomt med vintersædsafgrøden. Ligeledes bør mulighederne for at så en efterafgrøde ved udstrøning af frø umiddelbart inden høst af vintersæden undersøges.

Bælgplanter kan ikke anvendes som ”6% efterafgrøde” som reglerne p.t. er udformet, men nogle forsøgsresultater tyder på, at bælgplanter kan reducere indholdet af uorganisk kvælstof i jorden. Pga. bælgplanternes kvælstoffikserende evne vil de ofte efterlade mere kvælstof i jorden end ikke-kvælstoffikserende planter. Dette kvælstof kan, hvis det udnyttes effektivt, bidrage positivt til en ejendoms kvælstofbalance. Der er behov for at undersøge, om bælgplanter er i stand til effektivt at reducere kvælstofudvaskningen. I sådanne undersøgelser bør indgå studier af bælgplanteefterafgrøder i renbestand samt efterafgrøder bestående af bælgplanter blandet med græsser. Sidstnævnte forventes at kunne øge sikkerheden for efterafgrødens reducerende effekt på kvælstofudvaskningen.

Forsøg med efterafgrøder med særlig dyb rodvækst har vist, at de kan optage kvælstof fra jordlag, hvor man normalt regner med, at det er udvasket. Der er behov for at finde efterafgrøder med dyb rodvækst, som kan undersøges i korn og at undersøge rodvæksten og dens betydning for kvælstofudvaskningen under forskellige forhold, f.eks. varierende jordtyper og driftformer.

Der er behov for udvikling af metoder, der kan hjælpe den enkelte landmand til at forudsige, hvad dyrkning af efterafgrøder betyder for gødningsbehov i den følgende sæson, f.eks. ved udvikling af beslutningsstøttesystemer, der inddrager de forskellige faktorer, der bestemmer en efterafgrødes førsteårsvirkning.

Endelig er der behov for at kende langtidseffekten af gentagen anvendelse af efterafgrøder. Den akkumulerede effekt af de forskellige efterafgrøder bør undersøges på forskellige jordtyper, således at der bliver grundlag for at kunne inddrage kvælstofeftervirkningen af efterafgrøderne ved beregning af optimal kvælstoftilførsel til den enkelte mark.

7. Referencer

- Abdin, O., Coulman, B.E., Cloutier, D., Faris, M.A., Zhou, X. & Smith, D.L. 1998. Yield and yield components of corn interseeded with cover crops. *Agron. J.* 90, 63-68.
- Andersen, A. 1986. Rodvækst i forskellige jordtyper. *Tidsskr. Planteavl. Beretning nr. S 1827.*
- Andersen, A., Haahr, V. & Sandfær, J. 1986. Det tidsmæssige forløb af stofproduktion og næringsstofoptagelse i vinter- og vårformer af kornarter. *Tidsskr. Planteavl. Beretning nr. S 1854.*
- Andersen, A. & Jensen M.B. 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøder ved bygdyrkning. 2. Bygplanternes morfologiske udvikling i relation til kvælstof. *Tidsskr. Planteavl* 87, 217-236.
- Andersen, A. & Olsen, C.C. 1993. Rye grass as a catch crop in spring barley. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 43, 218-230.
- Andersen, A. & Olsen, C.C. 1994a. Forskellige kulturplanter anvendt som grøngødning i bygdyrkingen. *SP rapport nr. 23.*
- Andersen, A. & Olsen, C.C. 1994b. Efterafgrøder efter vårbyg. *SP rapport nr. 24.*
- Andersen, A. & Olsen, C.C. 1994c. Efterafgrøder i vintersæd. *SP rapport nr. 25.*
- Andersen, A., Olsen, C.C. & Djurhuus, J. 1994. Dyrkning af overvintrende kornarter efter forskellige forfrugter og med forskellig såtid. *SP rapport nr. 22.*
- Andersen, S. 1994. *Landbrugsplanterne.* DSR Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Andersen, S. 1996. *Landbrugsplanterne.* DSR Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Anonym, 1993. Artikeludgave af rapport over 5-årige forsøg med efterafgrøder 1988-1992. Landskontoret for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby.
- Anonym, 1996. *Dyrkningsvejledning. Udlæg af sædskiftegræs.* Landskontoret for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby.
- Aronsson, H. & Thorstensson, G. 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crop. *Soil Use Manage.* 14, 6-13.
- Aslyng, H.C. 1978. *Miljø og Jordbrug.* DSR Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Augustinussen, E. 1987. Kvælstofgødsningens indflydelse på vækst og udvikling af vinterraps. *Tidsskr. Planteavl* 91, 103-111.
- Augustinussen, E. 1993. Såtid og kvælstofoptagelse i vinterraps. *Grøn Viden, Landbrug nr. 114.*

- Augustinussen, E. 1994. Kvælstofoptagelse hos vinterraps i efterårsperioden. SP rapport nr. 21.
- Beck-Friis, B., Lindèn, B., Marstorp, H. & Henriksson, L. 1994. Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland. Institutionen för Markvetenskap, Avd. för Växtnäringslära. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 193.
- Bergkvist, G., Ohlander, L. & Nilsson-Linde, N. 1994. Undersown catch crop in cereals – establishment method and their effect on cereal yield and catch crop growth. NJF-seminar 245. Knivsta, Sverige 3.- 4. oktober 1994.
- Breland, T.A. 1996a. Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in small grains: crop development and yields. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 46, 30-40.
- Breland, T.A. 1996b. Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in small grains: effects on soil mineral nitrogen in field and laboratory experiments. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 46, 178-185.
- Børresen, T. & Eltun, R. 1993. The effect on soil properties and yields of continuous undersown cover crops in cereals in field experiments at Apelsvoll and Staur. *Norsk landbruksforskning. Supplement no. 16*, 94-110.
- Dapaah, H.K. & Vyn, T.J. 1998. Nitrogen fertilization and cover crop effects on soil structural stability and corn performance. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29, 2557-2569.
- Dick, R.P. 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agric. Ecosyst. Environ.* 40, 25-36.
- Djurhuus, J. 1985. Intern rapport. Betydningen af efterafgrøde, halmnedmuldning og jordbearbejdning for kvælstofudvaskning. Statens Forsøgsstation Højer.
- Djurhuus, J. 1992. N-transformation and N-transport in a sandy loam and a coarse sandy soil cropped with spring barley. II. Nitrate leaching. *Tidsskr. Planteavl* 96, 137-152.
- Djurhuus, J. & Lind, A.-M. 1992. N-transformation and N-transport in a sandy loam and a coarse sandy soil cropped with spring barley. I. Description of the experimental areas, climate, plant production and mineral N in soil. *Tidsskr. Planteavl. Beretning nr. S* 2213.
- Elers, B., Brandis, A., Scharpf, H.C. & Hartmann, H.D. 1987. Winterbegrünung auf abgeernteten Gemüseflächen. *Gemüse* 4, 290-292
- Elers, B. & Hartmann, H.D. 1987. Biologische Konservierung von Nitrat. *Gemüse* 4, 210-214.
- Eriksen, J. & Thorup-Kristensen, K. 200x. The effect of catch crops on sulphate leaching and availability of S in the succeeding crop on sandy loam soil in Denmark. *Agric. Ecosyst. Environ.* (accepted).

- Garwood, T.W.D., Davies, D.B. & Hartley, A.R. 1999. The effect of winter cover crops on yield of the following crops and nitrogen balance in a calcareous loam. *J. Agric. Sci., Cambridge* 132, 1-11.
- Haahr, V., Jensen, E.S. & Sørensen, L.H. 1985. Kvælstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. IV. Eftervirkning af frøbælgplanter, Risø-M-2455. Forsøgsanlæg Risø.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1996. Nitrate leaching as affected by long-term N fertilization on a coarse sand. *Soil Use Manage.* 12, 199-204.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997a. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.* 41, 203-219.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997b. Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.* 42, 241-252.
- Hansen, E.M., Djurhuus, J. & Kristensen, K. 2000a. Nitrate leaching as affected by introduction or discontinuation of cover crop use. *J. Environ. Qual.* 29, 1110-1116.
- Hansen, E.M., Djurhuus, J. & Simmelsgaard, S. E. 1995. Alm. rajgræs som efterafgrøde i vårbyg. Effekt på nitratudvaskning og udbytte på sandjord. *Grøn Viden, Landbrug* nr. 157.
- Hansen, E.M., Kristensen, K. & Djurhuus, J. 2000b. Yield parameters as affected by introduction or discontinuation of cover crop use. *Agron. J.* 92, 909-914.
- Hiitola, K. & Eltun, R. 1996. Effekt av undervekst på kornavling og på nitrogeninnholdet i planter og jord. *Norsk landbruksforskning* 10, 211-220.
- Holmegaard, J. 1987. Grøngødning og efterafgrøder. Forlag Skarv, Holte.
- Hostrup, S.B. 1977. Grovfoderproduktion med efterafgrøder. Korsblomstrede arter, kornarter og italiensk rajgræs i renbestand og i blanding. *Statens Planteavlsforsøg. Beretning* nr. 1372.
- Hostrup, S.B. & Hansen, P.F. 1977. Supplerende grovfoderproduktion med efterafgrøder. *Statens Planteavlsforsøg. Meddelelse* nr. 1317.
- Hvelplund, E. & Østergaard, H.S. 1980. Efterafgrøders kvælstofudnyttelse i relation til gødskningsøkonomi og miljø. *Landskontoret for Planteavl.*
- Jacobsen, A. 1971. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne. *Andelsbogtrykkeriet, Odense.*
- Jacobsen, A. & Benthholm, B.R. 1974. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1973, 2150-2151.
- Jacobsen, A. & Benthholm, B.R. 1975. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1974, 2146 - 2147.
- Jacobsen, A. & Benthholm, B.R. 1977a. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1976, 141-143.

- Jacobsen, A. & Benthholm, B.R. 1977b. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeningerne 1976, 158-159.
- Jacobsen, A. & Benthholm, B.R. 1981. Oversigt over Landsforsøgene 1980.
- Jacobsen, O.H. & Melander, B. 1994. Selvetableret plantedække i enårige brakmarker i relation til kvælstofudvaskning og ukrudt. Undersøgelser fra vinteren 1992/93. SP rapport nr. 48.
- Jäggli, F. 1978. Sickerverluste an Mineralstoffen. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft 26, 130-136.
- Jensen, E.S. 1991. Nitrogen accumulation and residual effects of nitrogen catch crops. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 41, 333-344.
- Jensen, E.S. 1992. The release and fate of nitrogen from catch-crop materials decomposing under field conditions. *J. Soil Sci.* 43, 335-345.
- Jensen, H.E. 1980. Afgrødeproduktion og -kvalitet, lysenergi- og vandudnyttelse, kvælstofbalance og -transport i relation til vand- og kvælstofstatus ved dyrkning af alm. rajgræs (*Lolium perenne*). Doktordisputas. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Jepsen, H.M. 1972. Mellemafgrøders eftervirkning ved korndyrkning. Statens Planteavlsvforsøg. Bilag ved Statens Planteavlsmøde 1972.
- Jepsen, H.M. 1987. Etablering af vintersæd og efterafgrøder. Statens Planteavlsmøde 1987, 7-12.
- Justes, E., Mary, B. & Nicolardot, B. 1999. Comparing the effectiveness of radish cover crop, oilseed rape volunteers and oilseed rape residues incorporation for reducing nitrate leaching. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 55, 207-220.
- Jørgensen, O.T. 1997. Green manures as a source of nitrogen for a succeeding early vegetable crop. Hovedopgave ved Institut for Jordbrugsvidenskab. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Känkänen, H., Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H. & Vuorinen, M. 1999. The effect of incorporation time of different crops on the residual effect on spring cereals. *Agric. Food Sci. Finland* 8, 285-298.
- Karlsson-Strese, E.M., Rydberg, I., Becker, H.C. & Umaerus, M. 1998. Strategy for catch crop development. II. Screening of species undersown in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) with respect to catch crop growth and grain yield. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 48, 26-33.
- Kjellerup, V. 1991. Kvælstofudvaskning efter ærtedyrkning på sandjord. Grøn Viden, Landbrug nr. 90.
- Kuo, S., Sainju, U.M. & Jellum, E. 1996. Winter cover cropping influence on nitrogen mineralization, presidedress soil nitrate test, and corn yields. *Biol. Fert. Soils* 22, 310-317.

- Kyllingsbæk, A. 1987. Grønne marker og kvælstofomsætning. I: Kvælstofomsætning i dyrket jord. Akademiet for de Tekniske Videnskaber.
- Lewan, E. 1994. Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. *Plant Soil* 166, 137-152.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödslande odlingsystem med och utan insådd fånggröda. *Ekohydrologi* 30. Avd. för Vatten-
vårdslära. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Macdonald, A.J., Poulton, P.R., Christian, D.G. and Howe, M.T. 1997. Mineralization of cover crop N: its contribution to subsequent crop N uptake and losses. I: Long term reduction of nitrate leaching by cover crops, Second progress report of EU concerted action (AIR3) 2108 (ed. Schröder, J.J.). Wageningen, 109-114.
- Martinez, J. & Guiraud, G. 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *J. Soil Sci.* 41, 5-16.
- Mentz, A. 1935. Danske græsser. 2. udgave. Gyldendal.
- Müller, M.M., Sundman, V., Soininvaara, O. & Meriläinen, A. 1988. Effect of chemical composition on the release of nitrogen from agricultural plant materials decomposing in soil under field conditions. *Biol. Fert. Soils* 6, 78-83.
- Nielsen, K.A. & Mikkelsen, M. 1999. Oversigt over Landsforsøgene 1999.
- Ohlander, L., Bergkvist, G., Stendahl, F. & Kvist, M. 1996. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 46, 161-168.
- Olsen, C.C. 1987. Efterafgrøder sået efter vårbyg og vinterbyg. *Grøn Viden, Landbrug nr. 3*.
- Olsen, C.C. 1990. Vintersædens værdi som grønne marker. I: Vintersæd (eds. Hansen, L. & Olsen, C.C.). *Tidsskr. Planteavl. Beretning nr. S 2084*, 66-80.
- Pedersen, A. 1963. Landbrugets Planteavl I. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Pedersen, K.E. 1981. Sorter af gul sennep som efterafgrøde 1978 – 80. Statens Planteavlssøg. Meddelelse nr. 1606.
- Rasmussen, K.J. 1991a. Reduceret jordbearbejdning og ital. rajgræs som efterafgrøde. I. Vækstbetingelser, udbytter, afgrødeanalyser og ukrudt. *Tidsskr. Planteavl* 95, 119-138.
- Rasmussen, K.J. 1991b. Reduceret jordbearbejdning og ital. rajgræs som efterafgrøde. II. Jordtæthed, rodudvikling og jordkemi. *Tidsskr. Planteavl* 95, 139-154.
- Rasmussen, K.J. & Andersen, A. 1991. Nedmuldning af halm og efterafgrøde ved forskellig jordbearbejdning og kvælstofgødskning i fastliggende forsøg. *Tidsskr. Planteavl* 95, 105-118.

- Rasmussen, K.J. & Olsen, C.C. 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøder ved bygdyrkning. 1. Vækstbetingelser, jordfysiske målinger og udbytter ved ensidig byg og sædskiftebyg. Tidsskr. Planteavl 87, 193-215.
- Reid, J.B. & Goss, M.J. 1982. Suppression of decomposition of ^{14}C -labelled plant roots in the presence of living roots of maize and perennial ryegrass. J. Soil Sci. 33, 387-395.
- Rydberg, I. & Karlsson-Strese, E.-M. 1994. Variation between and within species for the ability to "catch" nitrogen. NJF-seminar 245. Knivsta, Sverige 3.- 4. oktober 1994.
- Schjørring, J.K., Gottschau, A., Nørlund, T., Nielsen, N. E. & Jensen, H. E. 1988a. The dynamics of nitrogen in the root zone of field-grown spring barley as affected by nitrogen application, irrigation and undersown catch crops. Experimental results 1984. Research Report nr. 1213. Department of Soil and Water and Plant Nutrition. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.
- Schjørring, J.K., Nørlund, T., Gottschau, A., Nielsen, N. E. & Jensen, H. E. 1988b. The dynamics of nitrogen in the root zone of field-grown spring barley as affected by nitrogen application, irrigation and undersown catch crops. Experimental results 1983. Research Report nr. 1208. Department of Soil and Water and Plant Nutrition. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.
- Schröder, J., de Groot, W.J.M. & van Dijk, W. 1992. Nitrogen losses from continuous maize as affected by cover crops. Aspects Appl. Biol. 30, 317-326.
- Schröder, J., Tenholte, L. & Janssen, B.H. 1997. Non-overwintering cover crops - a significant source of N. Netherlands J. Agric. Sci. 45, 231-248.
- Schultz, J.E.R. 1972. Undersøgelse af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofproduktion og næringsstofoptagelse gennem vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 76, 415-435.
- Shepherd, M.A. & Lord, I.E. 1996. Nitrate leaching from a sandy soil: the effect of previous crop and post-harvest soil management in an arable rotation. J. Agric. Sci., Cambridge, 127, 215-229.
- Simmelsgaard, S.E. 1991. Slutrapport for projektet: Kvælstofudvaskning efter udbringning af kartoffelrugtsaft. Statens Planteavlsforsøg. Intern rapport.
- Skriver, K. 1983. Oversigt over Landsforsøgene 1982, 51-52.
- Sparling, G.P., Cheshire, M.V. & Mundie, C.M. 1982. Effect of barley plants on the decomposition of ^{14}C -labelled soil organic matter. J. Soil Sci. 33, 89-100.
- Stenberg, M. 1998. Spring establishment of perennial ryegrass in winter wheat. Swed. J. Agric. Res. 28, 83-90.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. Soil Tillage Res. 50, 115-125.

- Stokholm, E. 1979. Grøngødningens indflydelse på udbytte og jordstruktur. *Tidsskr. Planteavl* 83, 543-549.
- Sørensen, J.N. 1992. Effect of catch crops on the content of soil mineral nitrogen before and after winter leaching. *Z. Pflanz. Bodenkunde* 155, 61-66.
- Tersbøl, M. 1999. Oversigt over landsforsøgene, 264-268.
- Thomsen, I.K. 1993. Nitrogen uptake in barley after spring incorporation of ¹⁵N-labelled Italian ryegrass into sandy soils. *Plant Soil* 150, 193-201.
- Thomsen, I.K. 1995. Catch crop and animal slurry in spring barley grown with straw incorporation. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 45, 166-170.
- Thomsen, I.K. & Christensen, B.T. 1999. Nitrogen conserving potential of successive ryegrass catch crops in continuous spring barley. *Soil Use Manage.* 15, 195-200.
- Thomsen, I.K., Hansen, J.F., Kjellerup, V. & Christensen, B.T. 1993. Effects of cropping system and rates of nitrogen in animal slurry and mineral fertilizer on nitrate leaching from a sandy loam. *Soil Use Manage.* 9, 53-58.
- Thomsen, I.K. & Jensen, E.S. 1994. Recovery of nitrogen by spring barley following incorporation of ¹⁵N-labelled straw and catch crop material. *Agric. Ecosyst. Environ.* 49, 115-122.
- Thorup-Kristensen, K. 1993a. Root Development of Nitrogen Catch Crops and Succeeding Crop of Broccoli. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 43, 58-64.
- Thorup-Kristensen, K. 1993b. The effect of nitrogen catch crops on the nitrogen nutrition of a succeeding crop. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 43, 58-64.
- Thorup-Kristensen, K. 1993c. The effect of nitrogen catch crops on the nitrogen nutrition of a succeeding crop. I. Effects through mineralization and pre-emptive competition. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 43, 74-81.
- Thorup-Kristensen, K. 1994. Effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, *Fert. Res.* 37, 227-234.
- Thorup-Kristensen, K. 1997. Anvendelse af grøngødning og efterafgrøder. I: *Økologisk Planteproduktion* (ed. Kristensen, E.S.) SP-rapport nr. 15, 47-62.
- Thorup-Kristensen, K. 200x. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant Soil* (accepted).
- Thorup-Kristensen, K. & Bertelsen, M. 1996. Green manure crops in organic vegetable production. I: *New Research in Organic Agriculture*. (eds. Kristensen, N.H. & Høeg-Jensen, H.). Proceedings from the 11th International Scientific IFOAM Conference, Copenhagen, 75-79.
- Tjell, K.H., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A, Lindén, B., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Mineralkvävedynamik och växtnäringens utlakning i handels- stallgödslande

- odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmjord i södra Halland, perioden 1990-1998. Ekohydrologi 50. Avd. för Vattenvårdslära. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Torstensson, G., Gustafson, A. & Lindén, B. 1993. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik. Ekohydrologi nr. 31. Avd. för Vattenvårdslära. Sveriges Lantbruksuniversitetet.
- Trolldenier, G. 1989. Plant nutritional and soil factors in relation to microbial activity in the rhizosphere, with particular emphasis on denitrification. Z. Pflanz. Bodenkunde 152, 223-230.
- van Schöll, L., van Damm, A.M. & Leffelaar, P.A. 1997. Mineralisation of nitrogen from an incorporated catch crop at low temperatures: experiments and simulation. Plant Soil 188, 211-219.
- Wyland, L.J., Jackson, L.E. & Schulbach, K.F. 1995. Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system. J. Agric. Sci., Cambridge 124, 17-25.



Spørgsmål fra Plantedirektoratet

Plantedirektoratet (PD) er i gang med arbejdet med bekendtgørelse om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække for planperioden 2011/12, og har i den forbindelse anmodet DJF om en vurdering af om boghvede og honningurt kan anvendes som efterafgrøder.

PD beder DJF redegøre for om disse to arter vil egne sig som efterafgrøder på lige fod med de eksisterende arter af efterafgrøder. DJF bør bl.a. forholde sig til deres kuldetolerance, deres vækspotentiale og deres evne til at opsamle kvælstof.

Svar fra DJF

Honningurt.

Honningurt anvendt som efterafgrøde er beskrevet i Hansen et al. (2000) på s. 27-28 og s. 34 (rapporten er vedlagt svaret i sin helhed).

Uddrag herfra:

- Honningurt skal sås først i august for at opnå en udvikling, som effektivt reducerer kvælstofudvaskningen. Ved såning først i august etablerer honningurt sig hurtigt og dækker jorden godt. Om efteråret gror den hurtigt, så længe der er varme i jorden.
- En veletableret honningurt kan optage kvælstof i løbet af efteråret i samme størrelsesorden som korsblomstrede efterafgrøder, men udvintrer tidligere end f.eks. de korsblomstrede arter og frigiver derfor kvælstof igen allerede i løbet af efteråret, hvis der forekommer nattefrost.
- Honningurt egner sig ikke til undersåning i korn.
- Honningurt er mere kuldefølsom end de korsblomstrede arter.

Honningurts potentiale for vækst og kvælstofopsamling er stort under gunstige vækstbetingelser, dvs. hvis honningurt etableres tidligt om efteråret.

Konklusionen er, at honningurt kan anvendes som pligtig efterafgrøde med følgende begrænsning: Honningurt sået efter høst, dog senest 10. august.

Boghvede.

Der foreligger os bekendt ingen danske undersøgelser af boghvedes egenskaber som efterafgrøde. Boghvede indgår i såkaldte miljø- eller vildtblandinger, sandsynligvis fordi boghvedeblomster og -frø er gode fødekilder for insekter og vildt, og dermed en "miljø- og vildtvenlig" afgrøde. Der foreligger dog ingen danske målinger af boghvedes evne til at optage kvælstof i løbet af efteråret. Bachmann og Eichler-Löbermann (2010) nævner, at boghvede ofte benyttes som efterafgrøde i Tyskland. Det har dog ikke været muligt at finde udenlandsk litteratur, som beskriver forsøg, hvor boghvede er vurderet som efterafgrøde under markforhold.



Reference

Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Djurhuus, J., Kyllingsbæk, A., Jørgensen, V. & Thorup-Kristensen, K. (2000) Efterafgrøder - Dyrkning, kvælstofoptagelse, kvælstofudvaskning. DJF rapport Markbrug nr. 37.

Bachmann, S. & Eichler-Löbermann, B. (2010) Soil phosphorus pools as affected by application of poultry litter ash in combination with catch crop cultivation. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 41:1098-1111.
