

Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko

A1: Driftmæssige reguleringer



Foto: Elly Møller Hansen.



Foto: Elly Møller Hansen.

Efterafgrøder er et effektivt middel til at begrænse kvælstofudvaskningen fra landbrugsjord. Efterafgrøder kan samtidigt reducere tabet af øvrige plantenæringsstoffer, øge kulstofbindingen i jord og dermed fremme jordens indhold af organisk stof.

Efterafgrøder ud over lovkrav

Peter Sørensen, Elly Møller Hansen & Jesper Waagepetersen
 Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet



Årgang 1, 2009
 Nr. A1, vers. 1

Definition

Efterafgrøder er afgrøder der dyrkes i tidsrummet mellem to hovedafgrøder med henblik på at mindske kvælstofudvaskningen fra landbrugsjord i efterårs- og vintermånederne.

Formål

Efterafgrøder dyrkes med det hovedformål at mindske kvælstofudvaskningen fra planternes rodzone om efteråret og i milde vintermåneder, hvor risikoen for kvælstofudvaskning er størst. Efterafgrøder kan også samtidigt medvirke til at binde øvrige næringsstoffer, øge kulstofbindingen i jord og fremme jordens indhold af organisk stof.

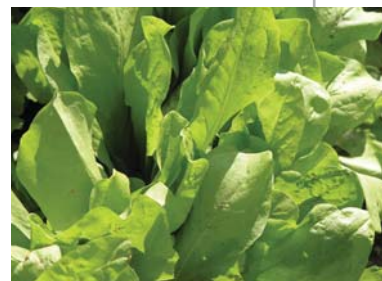
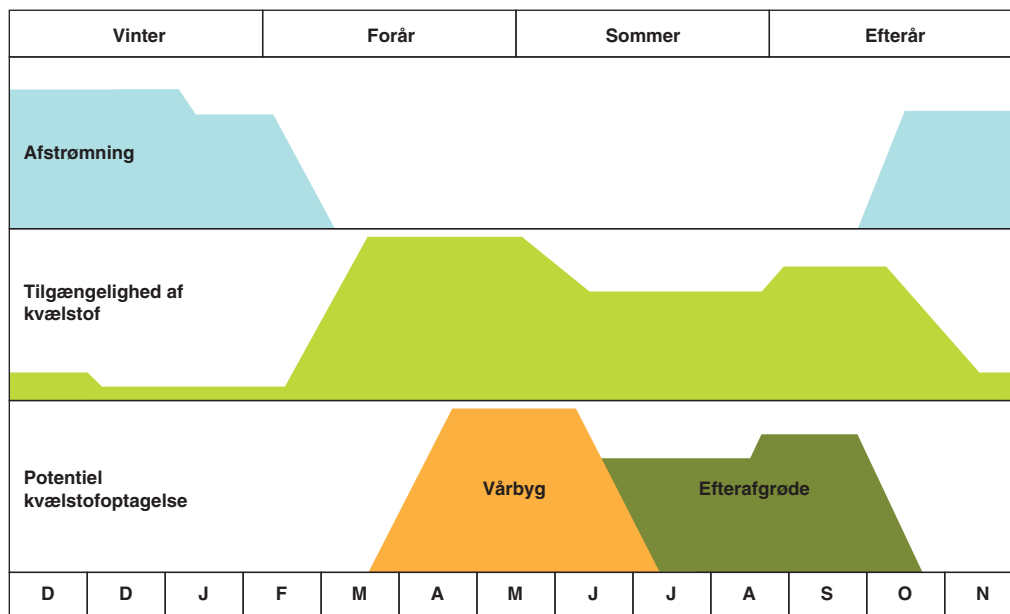


Foto: Godfick/commons.wikimedia.org



Foto: Kurt Struelsen/commons.wikimedia.org



Figur 1. Skematisk illustration af afstrømning, tilgængelighed af mineralisk kvælstof (tilført og mineraliseret) og potentielt planteoptag for en "normal" sæson. Som eksempel er her vist vårbyg med udlæg af efterafgrøde (Bent T. Christensen).

2

Virkemåde

Efterafgrøder virker ved at de optager mineralisk kvælstof fra jorden i perioden efter høst af en hovedafgrøde og frem til den følgende hovedafgrøde. Dermed kan kvælstofudvaskningen fra planternes rodzone mindskes om efteråret og i milde vintermåneder, hvor risikoen for tab af kvælstof ved udvaskning af nitrat er størst (Figur 1). En betydelig del af det udvaskelige kvælstof stammer fra mineralisering af jordens indhold af organisk bundet kvælstof, der også frigives efter hovedafgrøden ophører med at optage kvælstof. Kravene til en god efterafgrøde er derfor, at den er i stand til at vokse og opsamle kvælstof udenfor den egentlige vækstsæson. En lang række afgrøder kan anvendes som efterafgrøde, men i gældende lovgivning er der pålagt visse begrænsninger mht. til artsvalg og dyrkning for de lovpligtige efterafgrøder.

Etablering af efterafgrøder

Afgrøder nævnt i tabel 1 opfylder lovkravet om, at der skal dyrkes efterafgrøder på en del af ejendommens areal afhængigt af ejendommens

størrelse, sædskifte og tilførsel af husdyrgødning. Hovedafgrøder nævnt i tabel 2 indgår i arealet, hvoraf et krav om 10-14 procent efterafgrøder skal beregnes. Kravet om 10-14 procent efterafgrøder skal overholdes som et gennemsnit af 4 år. Kravet om efterafgrøder kan helt eller delvis ophæves, hvis summen af vintergrønne marker og efterafgrøder udgør 100 procent.

Ved etablering af efterafgrøder ud over lovkravet er man frit stillet med hensyn til valg af art og etableringsmetode. Nogle efterafgrøder etableres som udlæg om foråret, andre sås efter



Figur 2. Cikorie anvendt som efterafgrøde.

Foto: Henning Thomsen.

høst. Ved at så efterafgrøden om foråret opnås der fordel af, at efterafgrøden kan etablere sig i sommerens løb. Efterafgrøden vil derfor være i stand til at optage kvælstof umiddelbart efter høst af hovedafgrøden. Det er også lovligt at etablere efterafgrøder ved udstrøning af frø umiddelbart inden høst af hovedafgrøden, selvom virkningen heraf er mangelfuldt belyst. Der er dog vist lovende resultater for udsåning af olieræddike i f.eks. vinterhvede.

Ved såning af efterafgrøder efter høst af hovedafgrøden er efterafgrødens etablering og vækst 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, bør den sås inden midten af august (Hansen et al., 2000).

Risikoen for sen høst af f.eks. vårbyg og dermed sen såning af efterafgrøden kendes ikke om foråret, når der skal træffes beslutning om, hvorvidt efterafgrøden skal sås som udlæg om foråret eller efterafgrøden skal sås efter høst. Ved udsigt til sen høst vil det dog ofte være muligt at så før høst. Rettidig såning af efterafgrøder efter høst af vinterbyg og vinterraps vil formentlig kunne lykkes hvert år, da disse afgrøder høstes forholdsvis tidligt.

De dyrkede græsser er ved forædling udvalgt mht. deres egnethed til såning som udlæg i kornafgrøder og mange af de dyrkede græsser er velegnede som forårssåede efterafgrøder. Vælges en forårssået græsefterafgrøde opnås 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 og farvevaid, som vil være velegnet til forårsudlæg i korn, men deres effekter er kun undersøgt i begrænset omfang.

Bælgplanter kan, foruden at udnytte frit kvælstof fra luften, optage mineralsk kvælstof

fra jorden og dermed reducere risikoen for udvaskning i den periode, hvor de vokser på marken. Hvor stor en del af bælgplanters kvælstofindhold, der optages fra jorden, og hvor stor en del, der stammer fra luften, afhænger bl.a. af jordens kvælstofindhold. Der er opnået en høj udvaskningsreduktion ved anvendelse af kløvergræs som efterafgrøde. På grund af bælgplanters kvælstoffikserende evne vil de ofte efterlade mere kvælstof i jorden end ikke-kvælstoffikserende planter. Dette kvælstof kan, hvis det udnyttes effektivt, bidrage positivt til kommende afgrøders kvælstofforsyning, men der er risiko for, at en del af kvælstoffet mineraliseres, når jorden er uden et effektivt plantedække, der kan optage kvælstof. Ikke alle bælgplanter er vinterfaste. Ifølge den nuværende lovgivning kan bælgplanter ikke benyttes som lovpligtig efterafgrøde (tabel 1).

På grund af usikker etablering af efterafgrøder efter høst af de fleste landbrugsafgrøder, har nyere forsøg med efterafgrøder hovedsagelig koncentreret sig om dyrkning af alm. rajgræs udlagt i vårsæd om foråret. I grøntsagsproduktionen har interessen været rettet mod dyrkning af efterafgrøder efter tidligt høstede grøntsager, hvor det har været mest hensigtsmæssigt at etablere efterafgrøder efter høst. Netop på grund af visse grøntsagers tidlige høsttidspunkt har såning efter høst været en sikker etableringsmetode.

Efter traditionelle landbrugsafgrøder efterlades der i de fleste år kun en lille mængde mineralsk kvælstof i jorden, og hovedparten af det udvaskede kvælstof stammer derfor ofte fra mineralisering af jordens kvælstof. De fleste grøntsager dyrket på friland kræver derimod store kvælstofmængder i forhold til de mængder, der optages (Hansen et al., 2000), og kan derfor efterlade mineralsk kvælstof i jorden ved høst. Samti-

Tabel 1. Afgrøder til opfyldelse af krav om 10-14 procent efterafgrøder. Kilde: Vejledning om gødsknings- og harmoniregler 2009/2010, Plantedirektoratet.

Udlæg af græs, korsblomstrede afgrøder og cikorie
Korn og græs sået før eller efter høst, dog sået senest den 1. august
Korsblomstrede afgrøder sået før eller efter høst, dog senest den 20. august
Frøgræs

Tabel 2. Afgrøder, der indgår i arealet, hvoraf der på 10-14 procent skal etableres efterafgrøder. Kilde: Vejledning om gødsknings- og harmoniregler 2006/2007, Plantedirektoratet.

Korn (vår- og vintersæd) og majs
Vår- og vinterraps samt rybs
Ærter og hestebønner
Solsikke, sennep, soya, oliehør og andre 1-årige afgrøder, der ikke har kvælstofoptagelse om efteråret i høståret. 1-årigt udtagne arealer



Figur 3. Olieræddike anvendt som efterafgrøde (korsblomstret).
Foto: Elly Møller Hansen.



Figur 4. Farvevajd anvendt som efterafgrøde (korsblomstret).
Foto: Elly Møller Hansen.

dig efterlader grøntsagsafgrøder ofte betydelige mængder kvælstof i letomsættelige afgrøderester, som hurtigt kan mineraliseres efter høst. Potentialet for kvælstofoptagelse i efterafgrøder, der dyrkes efter grøntsager eller andre specialafgrøder, kan derfor være betydeligt større end i efterafgrøder, der dyrkes efter korn.

Der findes i dag ikke noget krav om, hvor tæt en efterafgrøde skal være, men det kunne være relevant at opstille krav til efterafgrødetæthed i fremtiden.

Nedmuldningstidspunkt

For de lovpligtige efterafgrøder kræves at nedmuldning sker efter 20. oktober, med undtagelse af efterafgrøder efter majs, hvor nedmuldning først må ske efter 1. marts. På sandjord kan der dog opnås bedre effekter af efterafgrøder ved at

udskyde nedmuldning til om foråret. På lerjord er der også fundet bedre effekter ved at udskyde nedmuldningen til slutningen af november.

Hvilke effekter på kvælstofudvaskning kan forventes?

Efterafgrøder kan, hvis der er meget kvælstof i jorden, og efterafgrødernes vækstperiode er tilstrækkelig lang, optage store mængder kvælstof. I et forsøg med simuleret grøntsagsproduktion, hvor der blev tilført 150 kg N pr. ha før såning af italiensk rajgræs midt i juli måned, blev der målt en gennemsnitlig kvælstofoptagelse på 150 kg N pr. ha. I et tilsvarende forsøg blev der fundet lignende kvælstofoptagelser i foderræddike og gul sennep ved såning 1. august (Thorup-Kristensen, 1994). Efter traditionelle landbrugsafgrøder er kvælstofoptagelsen sædvanligvis langt mindre.

Forskellige arter af efterafgrøder har forskelligt forhold mellem overjordisk og underjordisk kvælstofoptagelse. F.eks. optager olieræddike forholdsvis meget kvælstof i rødder i sammenligning med gul sennep og honningurt. Dette er medvirkende til, at det er vanskeligt at vurdere efterafgrøders udvaskningsbegrænsende effekt på basis af N-optagelse i overjordisk biomasse.

Ved anvendelse af korsblomstrede efterafgrøder efter høst af korn er målt reduktion i udvaskningen på 10-35 kg N pr. ha. Alm. rajgræs er den efterafgrøde, der forsøgsmæssigt er bedst belyst ved direkte måling af udvaskningen. Ved udlæg i vårsæd dyrket på sandjord og gødet med anbefalede mængder af handelsgødning eller organisk gødning om foråret er der fundet en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 38 kg N pr. ha. På lerjord vil den udvaskningsbegrænsende effekt ofte være mindre p.g.a. generel mindre udvaskning på lerjord. Under danske forhold er der fundet reduktion i udvaskningen på 12-35 kg N pr. ha på lerjord. På lerjord er reduktionen mere afhængig af den aktuelle nedbørsmængde i efterårs- og vinterperioden.

På lerjord er visse arter med dyb rodvækst, som f.eks. farvevajd og cikorie (se figurer), i stand til at optage betydelige mængder kvælstof fra jordlag i 100-250 cm dybde (Thorup-Kristensen, 2004). Det betyder, at efterafgrøder med dyb rodvækst i nogle tilfælde kan hente nitrat op fra jordlag, hvor det ellers ikke er tilgæn-

geligt for hovedafgrøden. Det kræver, at disse efterafgrøder er sået tilstrækkeligt tidligt til at opnå en dyb rodvækst. Erfaringerne med disse afgrøder og deres effekt er dog indtil videre begrænset. På grovsandet jord opnås en meget lavere roddybde, mens der formentligt også kan opnås stor roddybde på finsandede jorde.

Den gennemsnitlige reduktion i udvaskningen anslås til 25 kg N pr. ha ved dyrkning af veletablerede ikke-kvælstoffikserende efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder med afstemt brug af handels- eller husdyrgødning (Hansen, 2004). For at opnå dette resultat kræves en god driftsledelse med rigtigt valg af efterafgrøde samt rettidig såning og ensartet etablering af efterafgrøden. Skønnet for den gennemsnitlige reduktion i udvaskning dækker over reduktionen i året med efterafgrøde samt en merudvaskning ved mineralisering af efterafgrøden i de følgende 5-10 år.

Flertallet af danske forsøg er gennemført i planteavlssædskifter, der ikke har en stor pulje af organisk bundet kvælstof fra husdyrgødning og kløvergræs. Der er derfor begrænset viden om effekten af efterafgrøder i husdyrintensive sædskifter. Det findes dog målinger, der tyder på, at der på arealer med store mængder mineralsk kvælstof i jorden om efteråret kan opnås en udvaskningsbegrænsende effekt af efterafgrøder på 75 kg N pr. ha eller mere. Specielt i året efter ompløjning af kløvergræs kan der være et betydeligt udvaskningstab, der kan begrænses med efterafgrøder.

I VMPIII arbejdet har man antaget en gennemsnitlig udvaskningsreduktion, der er 12 kg N pr. ha større på brug med over 0,8 DE pr. ha. I Tabel 3 er angivet skøn over udvaskningsreduktionen ved høj og lav husdyrbestand på henholdsvis sandjord og lerjord. Der er her tale om gennemsnitlige skøn, hvor der ikke er taget hensyn til, at forhistorie, husdyrart og sædskifte har stor betydning. På den enkelte bedrift har den langsigtede dyrkningshistorie og anvendelse af husdyrgødning afgørende betydning for størrelsen af efterafgrøders udvaskningsreduktion.

Effekten af at benytte bælgplanter som efterafgrøde er belyst i mindre omfang. Udlæg af blandinger af græs og kløver reducerer udvaskningen betydeligt, dog lidt mindre end rent græs (Askegaard og Eriksen, 2008), og samtidigt kan opnås en større eftervirkning af kvælstof.

Tabel 3. Reduktion af kvælstof udvaskning og eftervirkning ved anvendelse af lovpligtige efterafgrøder på forskellige jordtyper med varierende tilførsel af organisk gødning. (Anonym, 2008)

	Under 0,8 DE pr. ha		Over 0,8 DE pr. ha	
	Lerjord	Sandjord	Lerjord	Sandjord
	Kg N pr. ha			
Udvaskningsreduktion	16	34	28	46
Effekt af eftervirkning	11	23	19	31

Eftervirkning af efterafgrøde

Det ekstra kvælstof der opsamles i efterafgrøder frigives gradvist igen i de efterfølgende år. Tidsforløbet for denne frigivelse er bl.a. bestemt af kulstof/kvælstofforholdet i afgrøden og af om efterafgrøden udvintres tidligt. Eftervirkningen er et udtryk for, hvor meget handelsgødning det frigivne kvælstof kan erstatte. I tabel 3 er angivet skøn for eftervirkningen af efterafgrøder på ler- og sandjord ved høj og lav husdyrbelægning. Der er her regnet med den samlede eftervirkning inden for en overskuelig årrække (10-15 år).

Ved beregning af ejendommens kvælstofkvote skal der ved dyrkning af pligtige efterafgrøder fratrækkes 17 kg N pr. ha på arealer med under 0,8 DE pr. ha og 25 kg N pr. ha på arealer med tilførsel over 0,8 DE pr. ha. Der tages her ikke hensyn til jordtype. Reduktionen i kvælstofkvote gælder ikke for etablering af efterafgrøder udover lovkravet.

Øvrige effekter

Efterafgrøder medvirker til at øge kulstofopbygningen i jorden, og dermed reduceres netto emissionen af CO₂ samtidig med at jordkvaliteten forbedres.

Efterafgrøder medvirker også til reduktion af udvaskningen af andre næringsstoffer som f.eks. svovl. Efterafgrøder har dog ikke nogen entydig effekt på P tabet, idet det ikke er entydigt, hvordan marken ellers ville blive behandlet. Ompløjningstidspunktet af en efterafgrøde kan være afgørende for effekten på P tabet.

Efterafgrøder forventes ikke at have klar effekt på pesticidforbruget. Efterafgrøder forud for vårsæd kan øge problemer med ukrudt, idet mekanisk ukrudtsbekæmpelse er umulig. Omvendt kan en veletableret efterafgrøde konkurrere med ukrudt, hvorfor nettoeffekten er lille. Arealer med efterafgrøder gavner vildtet.

Omkostninger

Omkostningerne ved tiltag kan opgøres som dels budgetomkostninger, dels velfærdsøkonomiske omkostninger. Budgetomkostningerne er konsekvenser for landmandens private forbrugsmuligheder, mens velfærdsøkonomiske omkostninger er konsekvenser for det danske samfunds samlede forbrugsmuligheder. Der er beregnet omkostninger både for ler- og sandjord, og forskellene for ler- og sandjord skyldes både udbytteforskelle og at der dyrkes forskellige afgrøder på de to jordtyper.

Omkostningerne ved at dyrke efterafgrøder afhænger naturligvis af hvilken efterafgrøde der etableres, af eftervirkningen og hvordan denne udnyttes mv., men i gennemsnit er omkostningerne ved at dyrke efterafgrøder beregnet til 330 kr. pr. ha (Schou et al 2007).

Ved antagelse om at efterafgrøden etableres før vårafgrøder vil der i tillæg til de 330 kr. pr. ha skulle regnes med en omkostning som følge af tabte indtægter fra arealerne hvis man skal omlægge fra vinter til vårafgrøder. I gennemsnit er disse omkostninger beregnet til 0 kr. på sandjord og 190 kr. pr. ha pr. år på lerjord. Den samlede omkostning for landbrug, hvor der er behov for omlægning fra vinter- til vårafgrøder, er derfor beregnet til 330 og 520 kr. pr. ha for hhv. sandjord (Jensen et al., 2009) og lerjord.

Til brug for velfærdsøkonomiske opgørelser af omkostningerne for samfundet i projektvurderinger eller ved beregning af omkostningseffektivitet og cost-benefit er de såkaldte velfærdsøkonomiske omkostninger også beregnet. I disse omkostninger er bl.a. faktorpriserne omregnet til markedspriser ved justering for afgifter mv. De velfærdsøkonomiske omkostninger er beregnet til hhv. 385 og 610 kr. pr. ha pr. år.

Referencer

Anonym 2008: Afrapportering fra arbejdsgrupper om udredning af mulighederne for justering af afgrødesystemet med henblik på optimering af gødsknings- og miljøeffekt – "noget for noget". – Miljøministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Askegaard, M. & Eriksen, J. 2008: Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch crops on coarse sand. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123, 99-108.

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

Hansen, E.M. 2004: Efterafgrøder under nuværende praksis. I: Jørgensen, U. (red). Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. Faglig udredning i forbindelse med forberedelsen af Vandmiljøplan III. – DJF rapport. Markbrug 103, 93-102.

Jensen, PN, Hasler, B, Waagepetersen, J, Rubæk, GH & Jacobsen, BH 2009, Notat vedr. virkemidler og omkostninger til implementering af vandrammedirektivet, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Schou J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H. Jørgensen, U. & Jacobsen, B. 2007: Virkemidler til realisering af målene i EUs Vandrammedirektiv. Udredning for udvalg nedsat af Finansministeriet og Miljøministeriet: Langsigtet indsats for bedre vandmiljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 132 s. –Faglig rapport fra DMU nr. 625. <http://www.dmu.dk/Pub/FR625.pdf>

Thorup-Kristensen, K. 2004: Forslag til øget kvælstofeffekt af efterafgrøder ved optimeret artsvalg, management og placering. I: Jørgensen, U. (red). Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. Faglig udredning i forbindelse med forberedelsen af Vandmiljøplan III. – DJF rapport. Markbrug 103, 103-113.

Nyttig litteratur om emnet

Hansen, E.M. 2009: Etablering af efterafgrøder. Grøn Viden. – DJF rapport. Markbrug nr. 331.

Østergård, H.S. & Thorup-Kristensen, K. 2008: Efterafgrøder. Hvilken skal jeg vælge? Dansk Landbrugsrådgivning. Landscentret. – Planteproduktion. 19 pp.