

Til Landbrugsstyrelsen

Følgebrev

Dato 10. juli 2020

Journal 2020-0062370

Levering på bestillingen "Flerårigt sædskifte med tætning som alternativ til pligtige efterafgrøder"

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 11. marts 2020 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at vurdere, om der kan opstilles en flerårig sædskiftemodel som alternativ til pligtige efterafgrøder uden risiko for merudvaskning, ud fra en række kriterier beskrevet i bestillingen.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af seniorforsker Peter Sørensen, Postdoc Chiara de Notaris, seniorforsker Elly Møller Hansen, seniorforsker Ingrid K. Thomsen og seniorforsker Jim Rasmussen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Professor Jørgen Eriksen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hans kommentarer.

Landbrugsstyrelsen har kommenteret på et udkast til denne rapport. Kommentararket kan findes via dette [LINK](#).

Som en del af denne opgave er der indsamlet og behandlet nye data, og rapporten præsenterer resultater, som ikke ved rapportens udgivelse har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet" under ID 7.09 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2020-2023".

Venlig hilsen

Lene Hegelund
Specialkonsulent, kvalitetssikrer f. DCA-centerenheden



Flerårigt sædskifte med tætning som alternativ til pligtige efterafgrøder

Af Peter Sørensen, Chiara de Notaris, Elly Møller Hansen, Ingrid K. Thomsen, Jim Rasmussen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Fagfællebedømt af Jørgen Eriksen, Institut for Agroøkologi, AU

Baggrund

Landbrugsstyrelsen (LBST) sendte den 11. marts 2020 en bestilling til DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, vedrørende flerårigt sædskifte med tætning som alternativ til pligtige efterafgrøder. Et udkast til svar på bestillingen blev sendt til LBST d. 22. juni 2020, og d. 26. juni modtog AU kommentarer fra LBST. Kommentarerne fra LBST samt AU's svar er tilgængelige i et kommenteringsark [\[link\]](#).

I bestillingen er angivet at landbrugserhvervet ønsker at anvende kvælstoffikserende efterafgrøder i deres omdrift bl.a. pga. disses evne til at binde luftens kvælstof og dermed bringe ekstra kvælstof til dyrkningsjorden, men også pga. andre positive egenskaber som fx kulstofbinding, forbedret jordstruktur m.m. Erhvervet har derfor fremført ønske om, at der kan iblandes 25% kvælstoffikserende planter i de pligtige efterafgrøder. Landbrugsstyrelsen ønsker derfor en vurdering af om en løsning med forpligtelse om flerårigt sædskifte med tætning kan indgå som et alternativ til de pligtige efterafgrøder. Forslaget indebærer følgende 1½ årig forpligtelse om sædskifte på specifikke marker:

- Første efterår: Udlæg af efterafgrøder med blandinger med kvælstoffikserende arter.
- Disse skal overvintre og efterfølges af vårafgrøde i samme mark, eventuelt uden eller med lidt gødning.
- Vårafgrøden etableres med udlæg eller efterfølges af en efterafgrøde uden kvælstoffikserende arter.
- Hvis arealet fortsætter under samme forpligtelse, kan der også i andet år være kvælstoffikserende plantearter i udlægget/efterafgrøden, men for at effekten af x½ års forpligtelsen kan godskrives, skal sidste hold efterafgrøder være uden kvælstoffikserende arter for at opsamle den ekstra N fra de kvælstoffikserende arter.
- Bedriften skal igen overholde de normale regler for pligtige efterafgrøder for den pågældende mark året efter den er afmeldt forpligtelsen.

AU anmodes om at vurdere, om der kan opstilles en sådan flerårig sædskiftemodel som alternativ til pligtige efterafgrøder uden risiko for merudvaskning, herunder om der er forskel herpå i forhold til en økologisk og en konventionel driftsform, og om der er forskel på de driftsøkonomiske konsekvenser i forhold til de to driftsformer. I besvarelsen bør derfor indgå overvejelser om den driftsøkonomiske konsekvens ved brug af alternativet.

Landbrugsstyrelsen har endvidere opstillet følgende bud på årshjul i den specifikke mark under ordningen, med ønske om besvarelse af tilhørende spørgsmål:

År 1.

April: Bedriften melder brug af alternativet ind i GKEA. Umiddelbart efter høst eller til normal etableringsfrist: Etablering af efterafgrøder med N-fikserende arter.

Spørgsmål: Bør ordningen kun gælde græssædskifter, hvor græs er hovedafgrøden (eksempelvis fodergræsmarker med kløvergræs) eller kan den også gælde andre sædskifter med efterafgrøder (udlæg af efterafgrøder i blandinger med N-fikserende arter)?

År 2.

Forår: Tidligste frist for nedvisning eller opløjning af efterafgrøder eller græs med N-fikserende arter (se ovenfor). Dette skal efterfølges umiddelbart af en vårafgrøde. April: Bedriften melder udtræden af alternativet. Umiddelbart efter høst af vårafgrøde: Anden omgang efterafgrøder med eller uden kvælstoffikserende arter.

Følgende spørgsmål ønskes besvaret:

- Hvilke betingelser bør der knyttes til alternativet, herunder omregningsfaktor for 1½ års kravet ift. 1 års kravet om pligtige efterafgrøder?
- Hvor stor en procentdel af N-fikserende planter kan indgå i efterafgrøden?
- Hvad er en passende forfrugtsværdi fra anden omgang pligtige efterafgrøder efter udtræden (nr. to i 1½ års forpligtelsen)?
- Er effekten afhængig af, om der stilles krav om en 0 norm eller en reduceret norm til vårafgrøden efter efterafgrøden på den specifikke mark?
- Bør der skelnes mellem økologisk og konventionel drift?
- AU arbejder aktuelt med bestilling om græssædskifter i projekt Græs som virkemiddel i kvælstofreguleringen. Vil der være overlap i forhold til dette virkemiddel? Kan der være en oprydningseffekt af modellen med 1½ års forpligtelsen som også vil kunne benyttes ved græssædskifter?
- Efter forslag fra erhvervet: Kan betingelsen om pligtige efterafgrøder erstattes af generel betingelse om ingen nedpløjning af bælgplanteafgrøder for økologiske bedrifter? Eller kan krav om efterafgrøder i år 2 erstattes af (tidlig) vinterkorn på JB7-9 jorde efter udlæg i en vårafgrøde eller tidlig såning af vinterraps til høst jf. følgende scenarie:

1 efterår: kvælstoffikserende efterafgrøde (undersået eller eftersået)

2 forår: vårsæd

3 efterår: efterafgrøde med eller uden bælgplanter (undersået eller eftersået)

4 forår: forårssået afgrøde

Alternativ til punkt 3 og 4:

3 efterår: tidligt sået vinterkorn eller vinterraps

4 forår: vintersæd/vinterraps til høst

Endelig ønsker Landbrugsstyrelsen følgende besvaret:

AU har tidligere redegjort for kriterier for anvendelse af N-fikserende efterafgrøder i besvarelser til styrelsen af 16. januar 2017 og 1. marts 2017. Styrelsen vil gerne opfølgende have bekræftet, at der vil være en sandsynlighed for merudvaskning i forhold til udlæg af en normal pligtig efterafgrøde, såfremt der udlægges efterafgrøder med 25% N-fikserende plantearter og alene modregnes med udbyttmæssig eftervirkning og ikke følges op med supplerende håndtering af eftervirkningen.

Er det muligt at opgøre en klimaeffekt af alternativet?

Besvarelse

Indledning

Anvendelse af kvælstoffikserende efterafgrøder kan potentielt medføre øget kvælstofudvaskning i forhold til anvendelse af ikke-fikserende efterafgrøde. Det skyldes, at der ved en fiksering sker en øget tilførsel af kvælstof til dyrkningssystemet, der måske senere kan udvaskes.

Der kan opstilles to separate problemstillinger omkring en eventuel implementering af kvælstoffikserende efterafgrøder:

1. Hvorvidt de kvælstoffikserende efterafgrøder er lige så effektive som ikke-fikserende efterafgrøder til at reducere kvælstofudvaskningen i den efterårs- og vinterperiode, hvor de er etableret.
2. Hvorvidt kvælstoffikserende efterafgrøder efterlader mere kvælstof i jorden, der kan udvaskes på et senere tidspunkt.

Herunder er det vigtigt at afklare, hvilke betingelser der bør opfyldes, for at kvælstoffikserende afgrøder ikke øger risikoen for nitratudvaskning. Der er de seneste år gennemført en række undersøgelser ved AU, der kan belyse disse spørgsmål.

Effekt af efterafgrøder på udvaskning i året, hvor de er etableret

En undersøgelse af nitratudvaskning ved anvendelse af fikserende og ikke-fikserende efterafgrøder samt blandinger af disse har vist, at efterafgrøder bestående alene af fikserende arter ikke reducerede udvaskningen i samme omfang som ikke-fikserende arter (f.eks. Vogeler et al., 2019). Ved anvendelse af blandinger af fikserende og ikke-fikserende arter blev dog fundet samme effekt på udvaskningen som af ikke-fikserende efterafgrøder, bortset fra et enkelt forsøgsår på lerjord, hvor en fikserende fodervikke udkonkurrede en ikke-fikserende olieræddike (en årsag til fodervikkens dominans kunne være lavt indhold af mineralsk N i jorden, som olieræddike er afhængig af).

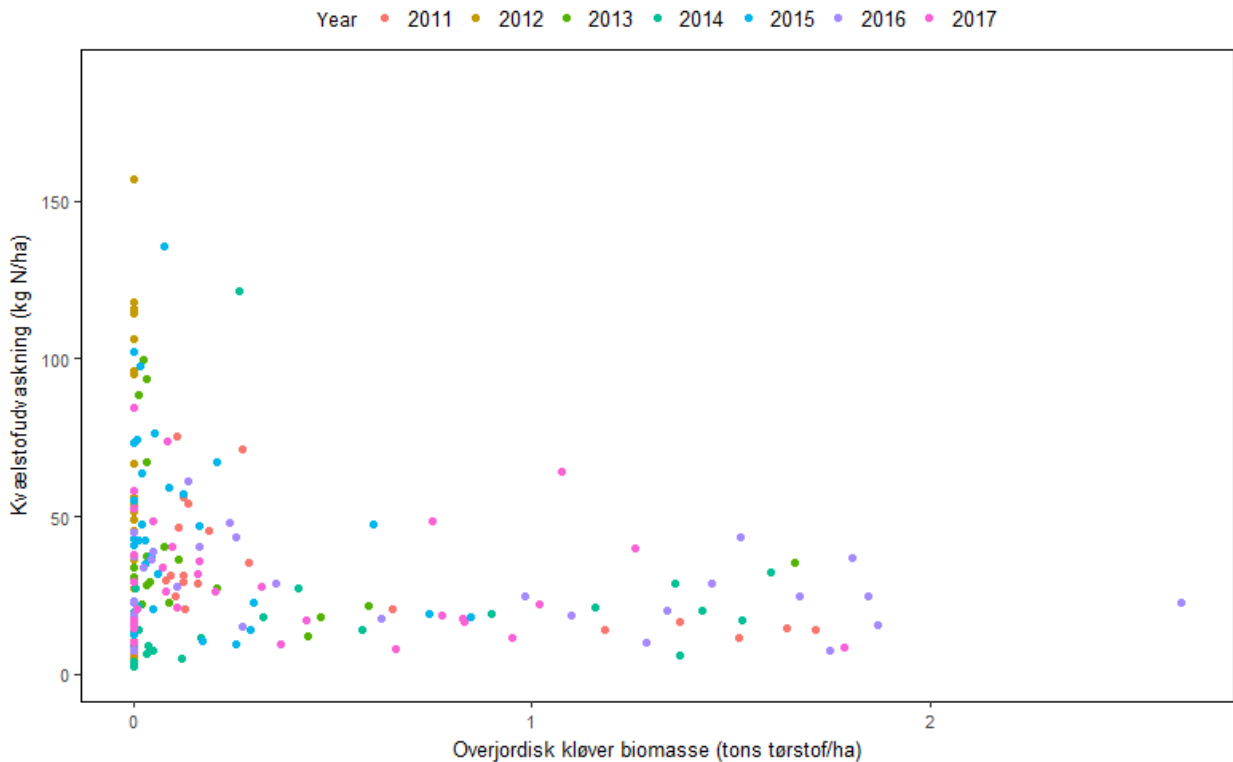
Siden 1997 har AU gennemført et stort sædskifteforsøg med måling af nitratudvaskning, hvor der kan laves direkte sammenligninger mellem kontinuert anvendelse af enten fikserende efterafgrøder, bestående af en blanding af både fikserende og ikke-fikserende arter, og tilsvarende ikke-fikserende efterafgrøder. Forsøget har vist, at der selv efter en længere årrække med kontinuert anvendelse af efterafgrøder er den samme reduktion i kvælstofudvaskningen ved blandinger med fikserende og ikke-fikserende arter, som med ikke-fikserende arter (Tabel 1). Endvidere viser dette forsøg, at efterafgrøder med fikserende arter i blanding har fungeret effektivt i et sædskifte med kløvergræs/lucerne der har et stort potentiale for udvaskning, og at de gennemsnitligt har reduceret udvaskningen med 53 kg N/ha i de år, efterafgrøden har været etableret (Tabel 1). I dette forsøg er der anvendt et blandingsforhold i fikserende efterafgrøder med 25-30% fikserende arter baseret på frøantal. Det er vigtigt at bemærke, at der i sædskifterne med efterafgrøde er etableret efterafgrøde eller kløvergræs hvert år i forsøget. Senere i denne besvarelse belyses effekten af fikserende efterafgrøde, hvis efterafgrøden slår fejl eller udelades i et efterfølgende år.

Tabel 1. Effekt af fikserende og ikke-fikserende efterafgrøder på reduktion af nitratudvaskningen målt i sædskifteforsøg i perioden 2011-14 (De Notaris et al., 2018), kg N/ha. Økologisk sædskifte gødet med biogasgylle og konventionelt sædskifte gødet med handelsgødning.

Sædskifte	Udvaskning uden efterafgrøde	Udvaskning med efterafgrøde	Effekt af efterafgrøde på udvaskning (gns. af hele sædskifte)	Effekt af efterafgrøde på udvaskning (gns. af år med efterafgrøde)
Konventionel planteavl*, ikke-fikserende efterafgrøde	51	31	20	25
Økologisk planteavl*, fikserende efterafgrøde	63	39	24	30
Økologisk sædskifte med 2 års kløvergræs/lucerne og 3 år med korn, fikserende efterafgrøde**	54	33	21	53

* Sædskifte: Vårhvede, vårbyg, kartofler, vårbyg/ært, hamp. **Kun efterafgrøde i 2 ud af 5 års sædskifte.

I samme forsøg som vist i Tabel 1 er der også lavet en analyse af, om en kraftig bestand af fikserende planter i efterafgrøden, i dette tilfælde kløver, kan medføre øget udvaskning. Der fandtes ingen øget udvaskning ved stor kløverbiomasse. Tværtimod blev der observeret størst udvaskning ved lav bestand af kløver (Figur 1). Ved lav kløverbiomasse fandtes normalt også lav biomasse af andre arter efterafgrøde. Mængden af total biomasse i efterafgrøden er afgørende for reduktionen i udvaskning (bl.a. De Notaris et al., 2018). Disse målinger er i overensstemmelse med andre målinger, der har vist, at de fikserende planter kun vil fiksere betydelige mængder kvælstof, når der ikke er tilgængeligt kvælstof for planten i jorden (De Notaris et al., 2020; Mortensen, 2020).



Figur 1. Relation målt mellem overjordisk biomasse af kløver i efterafgrøde og udvaskning målt i den udvaskningssæson, hvor efterafgrøden var etableret i langvarigt sædskifteforsøg på JB4 i Foulum (Ikke-publicerede data, AU).

Ovenstående forsøgsresultater viser, at der ved anvendelse af efterafgrøder bestående af blandinger af fikserende og ikke-fikserende arter kan opnås samme reducerende effekt på udvaskningen som ved ikke-fikserende efterafgrøder i etableringsåret. Der skal dog sikres en passende bestand af ikke-fikserende arter i blandingen, og det vurderes, bl.a. på baggrund af ovennævnte forsøg, at kvælstoffikserende arter sjældent vil opnå dominans, hvis der som anført af Hansen et al. (2017a) maksimalt anvendes 25 % frø af fikserende arter ved såning.

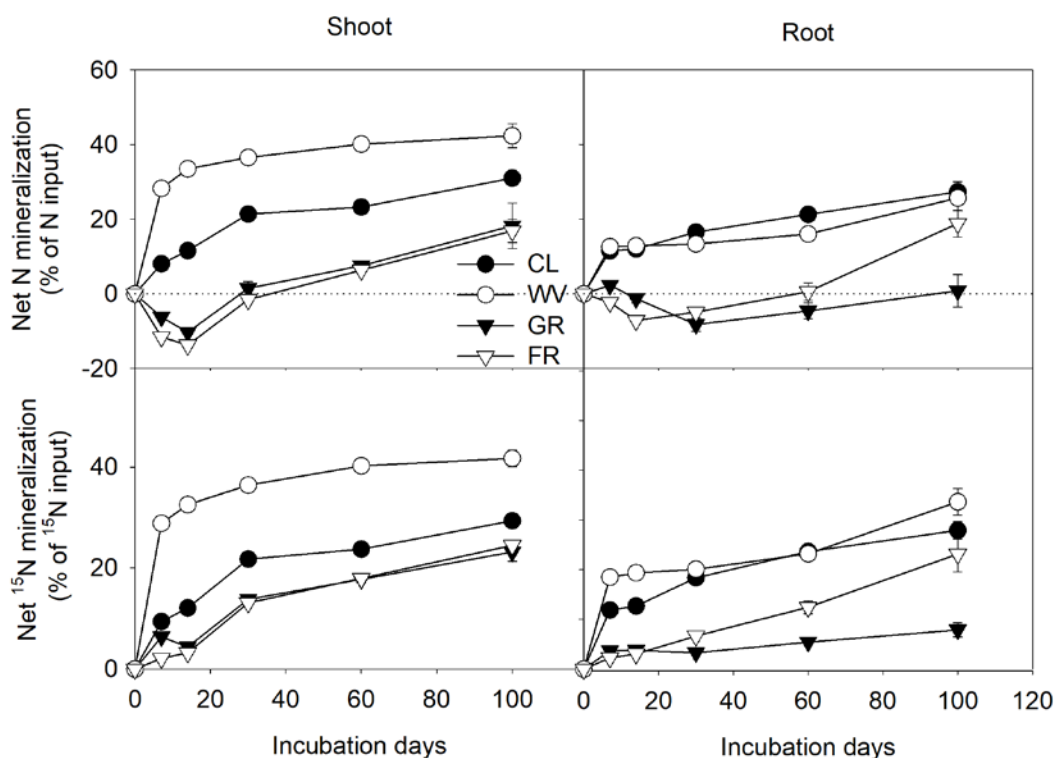
På baggrund af Suhr et al. (2005) og Thorup-Kristensen (2006) er det tidligere vurderet, at vintervikke ikke er tilstrækkelig vinterfast til at sikre lav udvaskning (Hansen et al., 2017b). I det langvarige sædskifteforsøg har vintervikke dog indgået i blanding med vinterrug og haft samme reducerende effekt på udvaskningen som en ikke-fikserende efterafgrødeblanding. På denne baggrund vurderes, at vintervikke også kan indgå i en effektiv efterafgrødeblanding.

Eftervirkning af efterafgrøder på gødningsvirkning og udvaskning

Ved anvendelse af fikserende efterafgrøder er der et større input af kvælstof til sædskiftet i forhold ikke-fikserende efterafgrøder. På basis af botaniske analyser af efterafgrøden beregnede De Notaris et al. (2018) fikseringen og fandt en gennemsnitlig fiksering i sædskiftet på 10 kg N/ha/år efter gødede hovedafgrøder og 23 kg N/ha/år efter ugødede hovedafgrøder (inklusive beregnet fiksering i rødder). Da efterafgrøderne

kun blev etableret i 4 ud af 5 års sædskifte (i 5. år var afgrøden hamp med en lang vækstsæson), var bidraget fra fiksering gennemsnitligt på henholdsvis 12 kg N/ha og 29 kg N/ha i de år, hvor efterafgrøden var etableret.

Frigivelsen af kvælstof i nedmuldede efterafgrøder er betydeligt påvirket af C/N forholdet i afgrøden, og mineraliseringen i de første 4 måneder kan variere fra 0 til 50% afhængigt af C/N (Thomsen et al., 2016). I overensstemmelse hermed fandt Li et al. (2020) i et laboratorieforsøg en mineralisering efter 100 dage ved 10°C på 31% for rødkløvertop og 42% fra vintervikketop (fikserende afgrøder). Den tilsvarende mineralisering fra rajgræs og olieræddike var 17-18% (Figur 2). Mineraliseringen fra rødder var lavere, især fra rajgræsrødder. De ikke-fikserende planterester bandt, dvs. immobiliserede, ekstra kvælstof fra jorden i den første måned efter nedmuldning.



Figur 2. Netto-mineralisering af kvælstof og frigivelse af ¹⁵N-mærket kvælstof efter separat tilførsel af top og rod af forskellige arter af efterafgrøder mærket med ¹⁵N isotop. CL: Rødkløver; WV: Vintervikke; GR: Rajgræs; FR: Olieræddike (Li et al., 2020) (den nederste halvdel af figuren hvori der vises ¹⁵N mineralisering er ikke relevant i denne sammenhæng).

Efter to måneder var mineraliseringsraten fra de ikke-fikserende planterester i nogle tilfælde højere end fra de fikserende. Til gengæld var der et lidt højere kvælstofinput med fikserende arter, når der tages højde for det fikserede kvælstof. En lidt lavere mineraliseringsrate (i % af input) kombineret med et lidt større input betyder samlet set omtrent samme frigivelse af kvælstof i absolutte mængder. Resultatet viser, at der efter de første par måneders omsætning kan forventes stort set samme frigivelse af kvælstof på jord, hvor der har været fikserende og ikke-fikserende arter. Dette stemmer overens med resultater i Tabel 2 fra markforsøg, hvor mængden af rest-kvælstof i jord er beregnet ved høst af afgrøden etableret efter efterafgrøden. På basis af en kvælstofbalance blev mængden af rest-kvælstof efterladt i jorden beregnet til 33-73 kg N/ha.

Den laveste mængde på 33 kg N/ha blev fundet efter en efterafgrøde med rødkløver + rajgræs og den højeste på 73 kg N/ha efter ren vintervikke. Rajgræs og olieræddike efterlod netto 50-55 kg N/ha i jorden efter høst af den følgende vårbygafgrøde.

Tabel 2. Kvælstof fundet i rod og top i veletablerede efterafgrøder og ukrudt, ekstra kvælstofoptagelse målt i efterfølgende vårbygafgrøde (i forhold til bar jord i efterår), samt beregnet rest-kvælstof i jord efter høst af vårbyg baseret på en kvælstofbalance. Forsøget blev ikke sprøjtet med ukrudtsmidler, hvorfor ukrudtsbestanden om efteråret kan være større end normalt i konventionelt system (data fra Li et al., 2015).

Efterafgrøde	Tørstof i efterafgrøden (tons/ha)	Kvælstof i eftergrøden (kg N/ha)			Ekstra N optag i byg efter efterafgrøde* (kg N/ha)	Rest N (kg N/ha)
		Top	rod	I alt		
Rødkløver undersået	1,9	66	41	107	48	59
Rødkløver-rajgræs undersået	1,9	59	32	91	58	33
Vintervikke, sået efter høst	1,7	67	32	99	26	73
Olieræddike, sået efter høst	1,7	40	26	66	11	55
Rajgræs, undersået	1,3	32	23	55	5	50
Ukrudt	1,4	31	-	-	4	

* Ekstra optag i vårbyg i forhold til parceller behandlet med glyphosat i forudgående efterår.

For yderligere at undersøge risikoen for udvaskning i det efterfølgende år identificerede vi vækstsæsoner i sædskifteforsøget, hvor etableringen af efterafgrøder mislykkedes. I de enkelte år i sædskifteforsøget med dårlig etablering af efterafgrøder (bl.a. i 2012) var der en højere udvaskning, hvor der i tidligere år havde været efterafgrøder (Tabel 3, ikke publicerede data). Det skyldes sandsynligvis at der var en større mineralisering på jord hvor der i tidligere år havde været efterafgrøder, men på grund af dårlig etablering var efterafgrøden ikke i stand til at fange dette kvælstof. Der blev dog ikke fundet ekstra udvaskning i sædskiftet med fikserende efterafgrøder i forhold til sædskiftet med ikke-fikserende efterafgrøde. Dette bekræfter således forsøget i Tabel 2, der peger på, at der ikke efterlades mere kvælstof i jorden efter høst af den efterfølgende hovedafgrøde, når der har været anvendt en artsblanding med fikserende arter.

Tabel 3. Udvaskning målt i et år med dårlig etablering af efterafgrøder (2012) i systemer hvor der i en år-række forud har været anvendt enten kvælstoffikserende efterafgrøder i blanding med ikke-fikserende eller ikke-fikserende efterafgrøder på JB4 i Foulum, men med dyrkning af samme hovedafgrøder. Gennemsnit af fire forskellige hovedafgrøder (ikke-publicerede data).

2012	Udvaskning (kg N/ha)	
	Fikserende efterafgrøde (økologisk)	Ikke-fikserende efterafgrøde (konventionel)
+ efterafgrøde	53,3	63,3
- efterafgrøde	50,0	52,4
Effekt af efterafgrøde*	3,3	10,8

* Positivt tal betyder øget udvaskning i parceller med efterafgrøde

På basis af ovenstående konkluderes, at der kan forventes en større gødningsmæssig eftervirkning i en hovedafgrøde i året efter en efterafgrødeblanding indeholdende fikserende arter. Mængden af organisk bundet kvælstof, der efterlades i jorden i efteråret efter at der har været etableret en efterafgrøde, må forventes at være omtrent ens for ikke-fikserende arter og for artsblandinger, hvori indgår fikserende arter. Frigivelsen af kvælstof i det følgende efterår forventes også ens og dermed forventes også samme udvaskningsrisiko i året efter nedmuldning og på længere sigt.

Hvis der ikke tages højde for den forventede højere gødningsmæssige eftervirkning af fikserende efterafgrøder i form af en reduktion i kvælstoftilførslen, kan der forventes en højere kvælstofudvaskning. Den øgede udvaskning vil i princippet svare til den ekstra udvaskning ved anvendelse af ekstra handelsgødning til en afgrøde. Hvis anvendelsen af gødning reduceres svarende til den gødningsmæssige eftervirkning af efterafgrøden, forventes samme udvaskningsrisiko efter anvendelse af fikserende og ikke-fikserende arter.

I Tabel 4 er vist resultater fra forsøg med måling af gødningsmæssig eftervirkning. I forsøg med artsblandinger inkluderende fiksende arter er der målt eftervirkninger varierende mellem 13 og 78 kg N/ha, mens der for efterafgrøder med udelukkende fikserende arter er målt eftervirkninger op til 120 kg N/ha. Askegaard og Eriksen (2007) fandt en gødningsmæssig eftervirkning på 23 kg N/ha af de ikke-fikserende arter rajgræs og olieræddike. Det skal bemærkes, at der i alle forsøgene er gjort bestræbelser på at opnå en kraftig efterafgrøde. I undersøgelsen af Askegaard og Eriksen (2007) (Tabel 4) blev generelt opnået højere gødningsmæssig eftervirkning end i andre undersøgelser, muligvis fordi forsøget blev gennemført på grovsandet jord.

For undersøede fikserende efterafgrøder gælder, at efterafgrødens biomasse falder med stigende gødningsniveau til hovedafgrøden (De Notaris et al., 2019). Forsøgene i Tabel 4 er gennemført i økologisk dyrkede forsøg med lav eller moderat gødskning af hovedafgrøden med undersøet efterafgrøde. Det betyder, at der med fuldt gødet hovedafgrøde forventes lavere eftervirkning af fikserende efterafgrøde end i forsøgene. For efterafgrøder sået efter høst gælder, at tidlig såning i første halvdel af august er afgørende for en efterafgrødes mulighed for at udvikle en kraftig bestand. Det betyder, at der i praksis ofte vil være en mindre kraftig efterafgrøde end opnået i forsøgene på grund af senere etablering. På denne baggrund vurderes den gennemsnitlige gødningsmæssige eftervirkning, der vil opnås med fikserende efterafgrøder i artsblanding til at være ca. 50 kg N/ha.

Tabel 4. Gødningsmæssig eftervirkning af efterafgrøder bestående af artsblandinger eller rene fikserende arter, målt i året efter etablering i en række danske markforsøg ved at måle kvælstofoptagelsen i den efterfølgende afgrøde og sammenligne med stigende mængde handelsgødning på parceller uden forudgående efterafgrøde.

Efterafgrøde	Gødningsmæssig eftervirkning i efterfølgende afgrøde (kg N/ha)	Reference
Kløver, rajgræs, cikorie, JB4*	13-50	de Notaris et al. 2019
Kløver, rajgræs, cikorie, JB4*	61-68	Fontaine et al. 2020
Rug + vikke, JB1	78	Askegaard og Eriksen, 2007
Rødkløver, ren, JB1	103	Askegaard og Eriksen, 2007
Hvidkløver, ren, JB1	120	Askegaard og Eriksen, 2007
Lupin, ren; JB1	73	Askegaard og Eriksen, 2007
Rajgræs, ren, JB1	23	Askegaard og Eriksen, 2007
Olieræddike, ren, JB1	23	Askegaard og Eriksen, 2007
Cikorie, ren, JB1	<0	Askegaard og Eriksen, 2007

* To års forsøg. Kun data fra parceller med normalt høsttidspunkt er angivet.

Svar på specifikke spørgsmål fra Landbrugsstyrelsen (svar med kursiv)

- Hvilke betingelser bør der knyttes til alternativet, herunder omregningsfaktor for 1½ års kravet ift. 1 års kravet om pligtige efterafgrøder?

Der vurderes ikke at være behov for en omregningsfaktor, jævnfør ovenstående.

- Hvor stor en procentdel af N-fikserende planter kan indgå i efterafgrøden?

Det anbefales at der maksimalt anvendes 25% fikserende arter ved såning, baseret på frøantal.

- Hvad er en passende forfrugtsværdi fra anden omgang pligtige efterafgrøder efter udtræden (nr. to i 1½ års forpligtelsen)?

Der er ikke behov for en separat forfrugtsværdi for anden omgang pligtige efterafgrøder.

- Er effekten afhængig af, om der stilles krav om en 0 norm eller en reduceret norm til vårafgrøden efter efterafgrøden på den specifikke mark?

Nej.

- Bør der skelnes mellem økologisk og konventionel drift?

Det vurderes, at der ikke kan forventes signifikant forskel mellem økologisk og konventionel drift.

- AU arbejder aktuelt med bestilling om græssædskifter i projekt Græs som virkemiddel i kvælstofreguleringen. Vil der være overlap i forhold til dette virkemiddel? Kan der være en oprydningseffekt af modellen med 1½ års forpligtelsen som også vil kunne benyttes ved græssædskifter?

Som det fremgår af ovenstående, vurderes der ikke at være behov for 1½ års forpligtelse efter anvendelse af fikserende efterafgrøder. Græsmarker kan forventes at have en betydelig højere eftervirkning end efterafgrøder, og eftervirkningen strækker sig over en længere periode. Det kan derfor være relevant med 1½ års forpligtelse efter græsmarker.

Der findes kun få forsøg til belysning af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt efter forårsompløjning af kløvergræs. I Hansen et al. (2007) blev udvaskningen på JB1 efter ompløjning af en 5-årig økologisk afgræsset kløvergræs reduceret fra 233 kg N/ha til 80 kg N/ha (dvs. med 153 kg N/ha) ved dyrkning af ugødet vårbyg med udlæg af alm. rajgræs efter ompløjning af kløvergræsset i forhold til ugødet vårbyg med efterfølgende sort jord pga. mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Tilsvarende blev udvaskningen reduceret fra 170 kg N/ha til 34 kg N/ha (dvs. 136 kg N/ha), når græsmarken var en 3-årig økologisk kløvergræs til slæt. I det langvarige sædskifteforsøg på JB4 i Foulum blev udvaskningen i gennemsnit af tre år reduceret fra 107 kg N/ha til 62 kg N/ha (dvs. med 45 kg N/ha) ved dyrkning af vårhvede med en efterafgrøde efter ompløjning af 2-årig lucerne eller kløvergræsafgrøde anvendt til slæt (De Notaris et al., 2018).

Ovenstående forsøg viser, at der kan være stor variation i udvaskningsreduktion opnået ved såning af efterafgrøder i vårkorn efter ompløjning af kløvergræs. Ved såning af udlæg i en kornafgrøde, som har en stor mængde kvælstof til rådighed pga. mineralisering af en ompløjet kløvergræs, kan det være vanskeligt at opnå en veletableret efterafgrøde (Hansen et al., 2007). For at mindske konkurrenceforholdet anbefalede Hansen et al. (2007), at udsædsmængden af hovedafgrøden blev reduceret, at der blev dyrket en konkurrencestærk udlægsefterafgrøde (f.eks. tidlig tetraploid alm. rajgræs) og at udlægget blev etableret på omtrent samme tidspunkt som hovedafgrøden. Sidstnævnte krav kan være vanskeligt at opfylde for økologiske bedrifter, med mindre ukrudtsharvning efter såning af hovedafgrøden udelades.

De ovenfor angivne effekter af efterafgrøder efter vårkorn med forfrugt kløvergræs er baseret på en reference af sort jord opnået vha. ukrudtsharvning. Dette kan alene forekomme på økologiske bedrifter, da der på konventionelle bedrifter er forbud mod jordbearbejdning efter høst (Landbrugsstyrelsen, 2019). Referencen kan på både økologiske og konventionelle bedrifter være vintersæd, og generelt kan det være vanskeligt at fastsætte en enkelt reference. Der vil formentlig i stort omfang i forvejen være placeret udlæg eller efterafgrøde på det pågældende sted i sædskiftet, hvorfor dødvægten forventes at være betydelig.

Ovenstående illustrerer at oprydningseffekten af efterafgrøder efter ompløjning af græs varierer betydeligt med græsmarkens historie, varierende fra en moderat effekt efter ompløjning af ugødet enårig kløvergræs (f.eks. anvendt som grøngødning) og stigende effekter med stigende alder af græsmarken og med stigende tilførsel af husdyrgødning samt afgræsning. Samtidigt er det vanskeligt at fastsætte en entydig reference tilstand.

- Efter forslag fra erhvervet: Kan betingelsen om pligtige efterafgrøder erstattes af generel betingelse om ingen nedpløjning af bælgeplanteafgrøder for økologiske bedrifter? Eller kan krav om efterafgrøder i år 2

erstattes af (tidlig) vinterkorn på JB7-9 jorde efter udlæg i en vårafgrøde eller tidlig såning af vinterraps til høst jf. følgende scenarie:

- 1 efterår: kvælstoffikserende efterafgrøde (undersået eller eftersået)
 - 2 forår: vårsæd
 - 3 efterår: efterafgrøde med eller uden bælgplanter (undersået eller eftersået)
 - 4 forår: forårssået afgrøde
- Alternativ til punkt 3 og 4:
- 3 efterår: tidligt sået vinterkorn eller vinterraps
 - 4 forår: vintersæd/vinterraps til høst

Betingelsen er ikke relevant jævnfør ovenstående gennemgang.

En betingelse om ingen nedpløjning af bælgplanteafgrøder på økologiske bedrifter (her tolket som kvælstoffikserende bælgssæd som f.eks. hestebønne) kan ikke erstatte en pligtig efterafgrøde, med hensyn til reduktion af nitratudvaskningen.

En græsmark indeholdende kvælstoffikserende arter bør ikke nedpløjedes om efteråret af hensyn til udvaskningsrisiko. Dog vurderes det, at der ved såning af vinterraps før 15. august kan opnås en lav udvaskning i den følgende udvaskningsperiode (Hansen et al., 2016). Efter nedpløjning af græsafrøde om foråret kan det være relevant at stille krav til vegetation i det følgende efterår i form af efterafgrøde eller etablering af vinterraps (før 15. august) (i periode 3 ovenfor). Det er usikkert hvilken effekt tidlig såning af vinterkorn på JB7-9 jord (i periode 3) efter forårsompløjning af græsmarker har på udvaskningen.

- AU har tidligere redegjort for kriterier for anvendelse af N-fikserende efterafgrøder i besvarelser til styrelsen af 16. januar 2017 og 1. marts 2017 (Hansen et al., 2017c). Styrelsen vil gerne opfølgende have bekræftet, at der vil være en sandsynlighed for merudvaskning i forhold til udlæg af en normal pligtig efterafgrøde, såfremt der udlægges efterafgrøder med 25 % N-fikserende plantearter og alene modregnes med udbyttmæssig eftervirkning og ikke følges op med supplerende håndtering af eftervirkningen.

Hansen et al. (2017c) vurderede, at under de der foreslåede forudsætninger (som næsten er identisk med forudsætningerne i nærværende notat) kan risikoen for merudvaskning minimeres i forhold til dyrkning af pligtige ikke-kvælstoffikserende efterafgrøder. Det vurderes fortsat sandsynligt, at der gennemsnitligt ikke vil ske en merudvaskning i forhold til udlæg af en normal pligtig efterafgrøde, såfremt der udlægges efterafgrøder med maksimalt 25 % kvælstoffikserende arter og der modregnes en højere gødningsmæssig/udbyttmæssig eftervirkning (svarende til 50 kg N/ha). Det vurderes derfor ikke nødvendigt at følge op med supplerende håndtering af eftervirkningen. En betingelse herfor er, at destruktion af kvælstoffikserende efterafgrøder sker om foråret på sandjord og sent om efteråret på lerjord, idet der sker en hurtig frigivelse af kvælstof fra fikserende efterafgrøder.

- Er det muligt at opgøre en klimaeffekt af alternativet?

Det vurderes ikke længere relevant at opgøre en klimaeffekt af alternativet, jvf ovenstående redegørelse, men i N-virkemiddelkataloget er beregnet klimaeffekt af efterafgrøder indeholdende kvælstoffikserende arter (Hansen et al., 2020)

Sammenfatning og overordnede vurderinger

Det vurderes, at der gennemsnitligt set ikke er risiko for øget kvælstofudvaskning (på kort og længere sigt) ved anvendelse kvælstoffikserende efterafgrøder i artsblanding med ikke-fikserende arter i forhold til anvendelse af ikke-fikserende efterafgrøder. Dette er under forudsætning af, at der indregnes en gødningsmæssig eftervirkning på ca. 50 kg N/ha både på bedrifter under og over 80 kg N/ha i husdyrgødning (Hansen et al., 2017a). Den gødningsmæssige eftervirkning beregnet på baggrund af ovennævnte forsøg svarer til den udbyttmæssige eftervirkning, som Hansen et al. (2017c) beregnede med den metode (Berntsen et al., 2005), der ligger til grund for nuværende eftervirkning på 17 og 25 kg N/ha (Landbrugsstyrelsen, 2019). Med en sådan eftervirkning vurderede Hansen et al. (2017c), at risikoen for merudvaskning var minimeret i forhold til dyrkning af ikke-fikserende efterafgrøder.

For at opnå samme udvaskningsreducerende effekt som efterafgrøder uden bælplanter forudsættes en passende bestand af ikke-fikserende arter i artsblandingen, hvilket betyder udsåning af maksimalt 25% (af frøantal) fikserende arter. Fikserende arter skal være vinterfaste jævnfør beskrivelse af Hansen et al. (2017c), dog vurderes vintervikke også egnet, baseret på forsøg med måling af udvaskning. Listen med bælplanter vil derfor være alsikekløver (*Trifolium hybridum*), esparsette (*Onobrychis viciifolia*), hvidkløver (*Trifolium repens*), kællingetand (*Lotus corniculatus*), lucerne (*Medicago sativa*), rødkløver (*Trifolium pratense*), gul rundbælg (*Anthyllis vulneraria*), hvid/gul stenklover (*Melilotus alba*/*Melilotus officinalis*) og vintervikke (*Vicia villosa*). Det vurderes, at disse arter kan anvendes på både sand- og lerjord ved såning af et minimums antal frø, som angivet i Hansen et al. (2017c), og at såning af blandinger af to eller flere af ovennævnte arter vil have samme effekt, når blandingsforholdet mellem bælplanter og ikke-bælplanter oprettholdes. Det forudsættes desuden, at efterafgrøder indeholdende kvælstoffikserende arter (tilsvarende f.eks. pligtige efterafgrøder) skal efterfølges af forårssåede afgrøder (Hansen et al., 2017c).

Alle de refererede forsøg er gennemført med forårsompløjning af efterafgrøden, men med det nuværende regelsæt for pligtige efterafgrøder er det tilladt at destruere efterafgrøder efter 20. oktober på både sand- og lerjord. Ved destruktion af efterafgrøder om efteråret på sandjord er der stor risiko for ekstra udvaskning og endnu større risiko ved ompløjning af kvælstoffikserende efterafgrøde. Det skyldes som nævnt, at der sker en hurtig frigivelse af kvælstof fra fikserende efterafgrøder. På lerjord vurderes risikoen for ekstra udvaskning fra fikserende efterafgrøder at være lav ved destruktion sent om efteråret. Derfor er det en betingelse for den angivne effekt, at destruktion af fikserende efterafgrøder sker om foråret på sandjord og tidligst sent på efteråret på lerjord. Det vurderes, at datoangivelserne for "Forbud mod jordbearbejdning forud for vårsåede afgrøder" (Landbrugsstyrelsen, 2019) kan benyttes. Det vil sige destruktion efter 1. oktober på JB7-9, efter 1. november på JB5-6 og JB10-11 og efter 1. februar på JB1-4.

Referencer

- Askegaard, M.; Eriksen, J. 2007. Growth of legume and nonlegume catch crops and residual-N effects in spring barley on coarse sand. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170, 773–780.
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Hansen, E.M., Jørgensen, U., Østergård, H.S., Grant, R. 2005. Eftervirkning af efterafgrøder. Notat til N normudvalget. Notat til Planteavlsoorientering nr. 07550. SEGES.
- https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/Notat_til_Planteavlsoorientering_nr_07550.aspx (kræver login).
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., Olesen, J.E. 2018. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 255, 1-18.
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., Melander, B., Olesen, J.E. 2019. Manipulating cover crop growth by adjusting sowing time and cereal inter-row spacing to enhance residual nitrogen effects. *Field Crops Research* 234, 15-25.
- De Notaris, C., Mortensen, E.Ø., Sørensen, P., Olesen, J.E. Rasmussen, J. 2020. Cover crop mixtures including legumes can self-regulate to optimize N₂ fixation while reducing nitrate leaching. Manuskript indsendt til *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Fontaine, D., Eriksen, J., Sørensen, P. 2020. Cover crop and cereal straw management influence the residual nitrogen effect. *European Journal of Agronomy* 118, 126100.
- Hansen, E.M., Eriksen, J. Vinther, F.P. 2007. Catch crop strategy and nitrate leaching following grazed grass-clover. *Soil Use and Management* 23, 348-358.
- Hansen, E.M., Skovgård, H., Sørensen, P., Enkegaard, A., Thomsen, I. 2016. Risiko for øget kvælstofudvaskning ved omlægning af fodergræs til vintersået afgrøde, samt omfang af problemer med angreb af stankelbenlarver. Notat til Landbrugsstyrelsen 14. oktober 2016. https://pure.au.dk/portal/files/110631033/Risiko_for_get_udvaskning_141016.pdf.
- Hansen, E.M., Sørensen, P., Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Rasmussen, J., Eriksen, J. 2017a. Vurdering af kriterier for anvendelse af kvælstoffikserende arter som pligtige efterafgrøder. Notat til NaturErhvervstyrelsen 16. januar 2017. https://pure.au.dk/portal/files/108760403/f_lgebrev_notat_16_01_2017_NAER.PDF.
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Olsen, J.E., Rasmussen, J., Sørensen, P., Eriksen, J. 2017b. Liste over arter af kvælstoffikserende efterafgrøder, der ikke forventes at udkonkurrere andre arter ved etablering i blandinger. Notat til NaturErhvervstyrelsen 20. september 2017. https://pure.au.dk/portal/files/117806372/Levering_liste_over_kv_lstoffikserende_arter.pdf
- Hansen E.M., Sørensen, P., Thomsen, I.K., Rasmussen, J. 2017c. Scenarier til fastsættelse af kriterier for at benytte kvælstoffikserende arter i blandinger til opfyldelse af det pligtige efterafgrødekrav. Notat fra DCA 1. marts 2017. https://pure.au.dk/portal/files/108760403/f_lgebrev_notat_16_01_2017_NAER.PDF.

- Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Sørensen, P., Rasmussen, J., Eriksen, J., Olesen, J.E., Rubæk, G.H., Kudsk, P., Pedersen, M.F., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N.J. 2020. Efterafgrøder indeholdende kvælstoffikserende arter. N-virkemiddelkatalog under udarbejdelse.
- Landbrugsstyrelsen, 2019. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2019 til 31. juli 2020. 1. revision, august 2019. Landbrugsstyrelsen. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-_og_harmoniregler_i_planperioden_2019_2020.pdf.
- Li, F., Sørensen, P., Li, X., Olesen, J.E. 2020. Carbon and nitrogen mineralization differ between incorporated shoots and roots of legume versus non-legume based cover crops. *Plant and Soil* 446, 243-257.
- Li, X., Petersen, S.O., Sørensen, P., Olesen, J.E. 2015. Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199, 382-393.
- Mortensen, E. Ø. 2020. Carbon Inputs to Soil from Cover Crops as Affected by Long-term Management and Soil Fertility. Master thesis, Institut for Agroøkologi, AU. Juni 2020.
- Thomsen, I.K., Elsgaard, L., Olesen, J.E., Christensen, B.T. 2016. Nitrogen release from differently aged *Raphanus sativus* L. nitrate catch crops during mineralization at autumn temperatures. *Soil Use and Management* 32, 183-191.
- Suhr, K., Thejse, J., Thorup-Kristensen, K. 2005. Grøngødning, efterafgrøder og dækafgrøder. Red.: Holmegaard, J., Jørgensen, O.T. Landbrugsforlaget. 264 sider.
- Thorup-Kristensen, K. 2006. Root growth and nitrogen uptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. *Soil Use and Management* 22, 29-38.
- Vogeler, I., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Østergård, H.S. 2019. Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management* 239, 324-332.