



EVALUERING AF MELLEMAFGRØDERS EFFEKT I FORHOLD TIL EFTERAFGRØDER

INGRID K. THOMSEN, ELLY MØLLER HANSEN OG FINN P. VINTHER

DCA RAPPORT NR. 034 · DECEMBER 2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



EVALUERING AF MELLEMAFGRØDERS EFFEKT I FORHOLD TIL EFTERAFGRØDER

DCA RAPPORT NR. 034 · DECEMBER 2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Ingrid K. Thomsen, Elly Møller Hansen og Finn P. Vinther

Aarhus Universitet
Institut for Agrøekologi
Blichers Allé 20
Postboks 50
8830 Tjele

Forord

Etablering af mellemafgrøder blev i 2010 tilføjet som et alternativ til udlægning af lovpligtige efterafgrøder i gødskningsbekendtgørelsen. Det blev i den forbindelse besluttet, at effekten af mellemafgrøder skulle evalueres i løbet af det par vækstsæsoner. Grunden var, at man ønskede en mere sikker vurdering af den kvælstofreducerende effekt af mellemafgrøderne i forhold til efterafgrøder.

Med baggrund i erfaringer med udlægning af mellemafgrøder fra sensommeren 2011 og 2012 har NaturErhvervstyrelsen derfor anmodet DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug om at foretage en sådan evaluering af mellemafgrødernes effekt i forhold til efterafgrøder.

Nærværende rapport om mellemafgrødernes effekt i forhold til efterafgrøder er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2013-2016".

Foulum, december 2013

Karl Tolstrup

Specialkonsulent, koordinator for myndighedsrådgivning ved DCA

Indholdsfortegnelse

| | |
|---|----|
| Forord | 3 |
| Indholdsfortegnelse | 5 |
| Indledning..... | 7 |
| 1. Terminologi..... | 8 |
| 2. Baggrund | 8 |
| 3. Forudsætninger for evalueringen | 9 |
| 4. Gennemførte forsøg med mellemafgrøder før og i pilot-perioden..... | 10 |
| 4.1 Indledende markforsøg 2007-2009 | 10 |
| 4.1.1 Materialer og metoder | 10 |
| 4.1.1.1 Markforsøg | 10 |
| 4.1.1.2 Modelberegninger | 10 |
| 4.1.2 Resultater | 11 |
| 4.1.2.1 Kvælstofoptagelse september | 11 |
| 4.1.2.2 N_{\min} september under olieræddike samt spildkorn og ukrudt | 13 |
| 4.1.2.3 N_{\min} efterår og forår under vinterhvede..... | 14 |
| 4.1.2.4 CN-SIM beregninger | 15 |
| 4.2 Lysimeterforsøg..... | 15 |
| 4.2.1 Materialer og metoder..... | 15 |
| 4.2.2 Resultater | 17 |
| 4.3 Markforsøg med bestemmelse af nitratudvaskning på to lokaliteter | 19 |
| 4.3.1 Materialer og metoder..... | 19 |
| 4.3.2 Resultater | 21 |
| 4.3.2.1 Kvælstofoptagelse | 21 |
| 4.3.2.2 N_{\min} efterår og forår under vintersæd | 22 |
| 4.3.2.3 Nitratudvaskning | 24 |
| 4.4 Vækst, kvælstofoptagelse og N_{\min} som funktion af såtidspunkt | 26 |
| 4.4.1 Materialer og metoder..... | 26 |
| 4.4.2 Resultater | 27 |
| 4.4.2.1 Kvælstofoptagelse efterår | 27 |
| 4.4.2.2 N_{\min} efterår under mellem- og efterafgrøder..... | 29 |

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 4.5 | Omsætningsforsøg | 30 |
| 4.5.1 | Materialer og metoder | 30 |
| 4.5.2 | Resultater | 30 |
| 5. | Undersøgelser uden for AU-regi | 33 |
| 6. | Diskussion | 35 |
| 7. | Konklusion | 40 |
| 8. | Finansiering | 40 |
| | Referencer | 41 |
| | Bilag 1..... | 43 |

Indledning

Nærværende redegørelse er udformet på bestilling af NaturErhvervstyrelsen (NEST) 22. november 2012. Som baggrund for bestillingen angav NEST følgende:

"I gødskningsloven fra 2009 blev det besluttet, at der skulle iværksættes et pilotprojekt om mellemafgrøder.

I 2010 blev etablering af mellemafgrøder tilføjet som alternativ til udlægning af lovpligtige efterafgrøder i gødskningsbekendtgørelsen. Det blev i den forbindelse besluttet, at effekten af mellemafgrøder skulle evalueres i løbet af det par vækstsæsoner. Grunden var, at vurderingen af den kvælstofreducerende effekt af mellemafgrøderne i forhold til efterafgrøderne var usikker.

Med baggrund i erfaringer med udlægning af mellemafgrøder fra sensommeren 2011 og 2012 ønsker NaturErhvervstyrelsen, at der foretages en sådan evaluering af mellemafgrødernes effekt i forhold til efterafgrøder.

Svaret skal blandt andet bruges til at vurdere, om der er grundlag for at ændre i omregningsfaktoren mellem mellemafgrøder og efterafgrøder i forbindelse med udarbejdelse af gødskningsbekendtgørelsen for 2013/2014."

På denne baggrund er nærværende evaluering af mellemafgrødernes effekt i forhold til efterafgrøder udarbejdet. Evalueringen er, som ønsket i bestillingen, koordineret med DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi (Gitte Blicher-Mathiesen, Institut for Bioscience).

1. Terminologi

Mellemafgrøder defineres iflg. Vejledning om Gødsknings- og Harmoniregler som afgrøder, der etableres før dyrkning af vintersædsafgrøder (Anonym, 2012a). Det vil sige, at mellemafgrøder vokser mellem høst af en forudgående hovedafgrøde (typisk vintersæd) og indtil såning af en efterfølgende vintersædsafgrøde. Mellemafgrøder skal bestå af olieræddike, gul sennep eller frøgræs og være etableret senest 20. juli og må tidligst nedvisnes 20. september. Ved anvendelse af mellemafgrøder som alternativ til efterafgrøder indgår der efter de nugældende regler en omregningsfaktor, som betyder, at 1 ha efterafgrøde kan erstattes af 2 ha mellemafgrøder.

Til sammenligning kræves for efterafgrøder, at de skal være etableret senest 1. august, korsblomstrede afgrøder dog senest 20. august. Arealer med efterafgrøder må ikke nedpløjes, nedvisnes eller på anden måde destrueres før 20. oktober. For udlæg i majs er fristen for nedpløjning dog 1. marts. Arealer med efterafgrøder skal efterfølges af en forårssæt afgrøde. Ved anvendelse af efterafgrøder reduceres kvælstofkvoten i det efterfølgende år med hhv. 25 eller 17 kg N ha⁻¹ pligtige efterafgrøder alt efter, om dyretætheden er over eller under 0.8 DE ha⁻¹. Der er ingen reduktion i kvælstofkvoten ved anvendelse af mellemafgrøder (Anonym, 2012a).

2. Baggrund

Efter ophævelsen af muligheden for at erstatte efterafgrøder med "Grønne marker" blev det et krav, at en vis procentdel af dyrkningsarealet skulle dyrkes med efterafgrøder. Dette såkaldte efterafgrødegrundareal er iflg. nugældende regler (2012-13) det areal, der dyrkes med korn (vår- og vintersæd), vår- og vinterraps, majs, rybs, soja, sennep, ærter, hestebønner, solsikke, olieør eller 1-årigt udtagne arealer (Anonym, 2012a). Størrelsen af arealet med krav om efterafgrøder afhænger af harmoniarealet, dvs. hvor mange dyreenheder (DE), der er tilknyttet ejendommen. Ved over 0.8 DE ha⁻¹ er det et krav, at 14 % af efterafgrødegrundarealet skal dyrkes med efterafgrøder. Under 0.8 DE ha⁻¹ er kravet 10 %. Der bliver ikke stillet krav til ejendomme under 10 ha (Anonym, 2012a).

Efterafgrøder skal efterfølges af vårafgrøder, og derfor betød indførelsen af regler med lovpligtige efterafgrøder, at arealet, der kunne dyrkes med vintersæd, blev reduceret.

Vintersæd har generelt et større udbyttepotentiale end vårsæd, og de nye regler kunne få økonomiske konsekvenser og f.eks. betyde, at der skulle indkøbes mere foderkorn på en ejendom. For blandt andet at afbøde dette, blev der fra Dansk Landbrugs side stillet forslag om, at lade dyrkning af mellemafgrøder indgå som hel eller delvis erstatning for pligtige efterafgrøder (Thomsen et al., 2008).

Da forslaget om indførelse af mellemafgrøder blev fremsat, var der endnu kun uafsluttede forsøg med mellemafgrøder i Danmark, og der forelå ikke udenlandske undersøgelser om emnet. På baggrund af de uafsluttede forsøg samt modelberegninger blev det i en udredning til Fødevarerministeriet vurderet, at mellemafgrøders reducerende effekt på nitratudvaskningen ville være ca. halv så stor som effekten af efterafgrøder (Thomsen et al., 2008). Resultaterne i udredningen bevirkede i forbindelse med vedtagelsen af Grøn Vækst og de dermed forbundne ændringer af gødskningsloven, at mellemafgrøder blev indført som et såkaldt pilotprojekt, der skulle løbe i to år (Anonym, 2009). Efterfølgende skulle effekten af mellemafgrøder evalueres på baggrund af de dyrkningsforsøg, som blev gennemført i pilotperioden. Nærværende redegørelse er en del af denne evaluering.

3. Forudsætninger for evalueringen

De forsøg, som lå til grund for indførelsen af mellemafgrøder, er nu afsluttet. For fuldstændighedens skyld præsenteres resultaterne fra disse forsøg i nærværende redegørelse, selvom resultaterne også er præsenteret i Thomsen et al. (2008) i det omfang, de forelå på daværende tidspunkt. I pilotperioden blev gennemført nye forsøg, som blandt andet skulle bestemme den nitratudvaskningsreducerende effekt samt belyse omsætning af plantemateriale efter nedmuldning. Begge dele forelå alene som modelberegninger i Thomsen et al. (2008). I det efterfølgende gives et generelt overblik over de resultater, der er opnået.

4. Gennemførte forsøg med mellemafgrøder før og i pilot-perioden

4.1 Indledende markforsøg 2007-2009

4.1.1 Materialer og metoder

4.1.1.1 Markforsøg

I perioden 2007-09 blev der gennemført forsøg på en sandblandet lerjord ved Dybvad og på en lerblandet sandjord ved Foulum. Der blev i vinterhvedemarker udstrøet frø af olieræddike til to tidspunkter, der sigtede mod, at olieræddiken skulle sås hhv. 2-4 og 1-2 uger før forventet høst. Ligeledes indgik forsøgsled med olieræddike sået efter høst. Forsøgsled uden olieræddike inkluderede ikke-renholdt stubjord, hvor ukrudt og spildkorn spirede frem samt forsøgsled, hvor jorden blev kemisk renholdt med Roundup mellem høst og såning (renholdt stubjord). Umiddelbart inden såning af den efterfølgende vinterhvede blev olieræddiken fræset ned. Alle forsøg var anlagt som randomiserede blokforsøg med fire gentagelser.

I september blev kvælstofoptagelsen i det overjordiske plantemateriale bestemt ved afklipping af 0.5 m² i hver parcel. Der blev i begge år udtaget jordprøver (0-100 cm) til bestemmelse af ammonium-N og nitrat-N (N_{min}) i september, umiddelbart inden olieræddiken blev fræset ned. Andre jordprøver blev udtaget i november samt i februar/-marts efter såning af vinterhvede.

4.1.1.2 Modelberegninger

Den organiske stofomsætningsmodel CN-SIM (Petersen et al., 2005a,b) blev i april 2008 anvendt til kvantificering af mellemafgrøders omsætning og deres reducerende effekt på nitratudvaskningen. Beregningerne blev baseret på de resultater, der forelå på daværende tidspunkt, dvs. data fra 2007. CN-SIM blev kørt for en periode af fem år under simplificerede betingelser. Der blev antaget en konstant vandbegrænsningsfaktor (pF=3), som også blev anvendt af Hansen et al. (1990). Temperaturen i det øverste jordlag blev antaget at følge lufttemperaturen som gennemsnit for Danmark i perioden 1960 – 1991. Omsætningsfaktorer for hhv. top og rod af olieræddike blev skønnet ud fra andre typer plantemateriale. Analysen fokuserede på korttidsvirkningen (0-5 år) af det lettere

omsættelige organiske stof i mellemafgrøden, og der blev i beregningen af udvaskningsreduktionen taget højde for den nitratudvaskning, som blev modelleret for mineralisering af olieræddiken. Det blev antaget, at 20 % af den opnåede kvælstofoptagelse i mellemafgrøden ville være opnået via ukrudt, hvilket der blev korrigeret for i forbindelse med beregningerne af nitratudvaskningsreduktionen. Plantematerialet blev antaget at have et C:N forhold på 15, mens materiale fra rod-exudater og -afstødning blev sat til et højere C:N forhold.

Ved modelberegningerne blev det antaget, at 2/3 af mellemafgrødens biomasse var overjordisk, og 1/3 rod og rodhals. Med udgangspunkt i gennemsnittet af kvælstofoptagelsen i overjordisk plantemateriale af olieræddike sået før høst i 2007 (34 kg N ha⁻¹) blev den totale kvælstofoptagelse i rod og top sat til 51 kg N ha⁻¹. Ca. 1/3 af den totale kvælstofoptagelse, svarende til 16 kg N ha⁻¹, blev forventet stabiliseret i en langsomt omsættelig pulje i jorden, hvorfra kvælstoffet kun langsomt frigives. De resterende 36 kg N ha⁻¹ forventedes mineraliseret over en kortere årrække, og ville således enten kunne optages af afgrøderne i det efterfølgende sædskifte eller tabes ved udvaskning og eller denitrifikation.

4.1.2 Resultater

4.1.2.1 Kvælstofoptagelse september

Olieræddike, sået før høst i 2007 (Figur 1), havde optaget 30-40 kg N ha⁻¹, mens kvælstofoptagelsen i efteråret 2008 generelt var mindre og med stor variation mellem de to lokaliteter (Tabel 1). I 2008 var den maksimale kvælstofoptagelse således 29 kg N ha⁻¹ ved Foulum og 4 kg N ha⁻¹ ved Dybvad. Den ringe vækst af mellemafgrøder, sået før høst ved Dybvad i 2008, skyldtes blandt andet sen høst af den foregående hvede (21. august), hvorved olieræddiken ikke havde så gode vækstbetingelser som ved Foulum, hvor høsten fandt sted 31. juli. Ved såning af olieræddike efter høst var der i begge år stor forskel på kvælstofoptagelsen på de to lokaliteter. Kvælstofoptagelsen i olieræddike sået efter høst ved Foulum var således på 21-31 kg N ha⁻¹ i de to år, mens den ved Dybvad i begge år var under 3 kg N ha⁻¹. Disse forskelle kan igen relateres til høsttidspunktet af den foregående hvede og dermed såtidspunktet for olieræddiken i dette forsøgsled.

Kvælstofoptagelsen i ukrudt og spildkorn i ikke-renholdt stubjord var i størrelsesordenen 1-20 kg N ha⁻¹.



Figur 1. Mellemafgrøderne ved Foulum voksede kraftigt i 2007, efter at hovedafgrøden var høstet 6. august. Det var data fra dette år, som blev anvendt i modelberegninger til kvantificering af mellem-afgrøders effekt på nitratudvaskningen. Fotograferet 24. september 2007.
Foto: Ingrid K. Thomsen, Aarhus Universitet.

Tabel 1. Kvælstof optaget i overjordisk plantemateriale i det indledende forsøg med mellemafgrøder i vinterhvede. Kvælstofoptagelsen i ikke-renholdt stubjord er bestemt i ukrudt+spildkorn.

| Sted | Led | Sept. 2007 | Sept. 2008 |
|--------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| | | (kg N ha ⁻¹) | |
| Dybvad | Olieræddike 2-4 uger før høst | 40.8 ^a | 2.2 ^b |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 30.9 ^b | 4.0 ^a |
| | Olieræddike efter høst | 2.5 ^c | 1.6 ^b |
| | Ikke-renholdt stubjord | 9.2 ^c | 1.1 ^b |
| | <i>LSD</i> | <i>7.38</i> | <i>1.58</i> |
| Foulum | Olieræddike 2-4 uger før høst | 31.1 ^a | 27.7 ^a |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 33.2 ^a | 29.0 ^a |
| | Olieræddike efter høst | 31.0 ^a | 20.5 ^a |
| | Ikke-renholdt stubjord | 19.9 ^b | 8.1 ^b |
| | <i>LSD</i> | <i>7.86</i> | <i>11.79</i> |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for hver lokalitet er signifikant forskellige (P<0.05)

4.1.2.2 N_{\min} september under olieræddike samt spildkorn og ukrudt

I september 2007 havde olieræddiken, sået før høst på de to lokaliteter, reduceret N_{\min} med 22-26 kg N ha⁻¹ sammenlignet med ikke-renholdt stubjord (Tabel 2). I september 2008 havde tilsvarende mellemafgrøder ved Foulum reduceret N_{\min} med ca. 30 kg N ha⁻¹. N_{\min} i renholdt stubjord ved Dybvad 2008 var i samme størrelsesorden som i tilsvarende forsøgsled ved Foulum (Tabel 3), men den sene høst ved Dybvad 2008 betød, at mellemafgrøderne ikke udviklede sig tilstrækkeligt til at kunne reducere N_{\min} (Tabel 3).

Virksomheden af olieræddike sået efter høst var forskellig på de to lokaliteter. N_{\min} under olieræddike sået efter høst var ved Dybvad i begge år af samme størrelse som ved renholdt og ikke-renholdt stubjord (Tabel 2 og 3). Såning af olieræddike efter høst blev foretaget tidligere ved Foulum end ved Dybvad, hvilket betød, at N_{\min} ved Foulum var reduceret med hhv. 11 og 22 kg N ha⁻¹ i september de to forsøgsår sammenlignet med ikke-renholdt stubjord. Fremspiret ukrudt og spildkorn i den ikke-renholdte stubjord ved Foulum reducerede N_{\min} med 11-24 kg N ha⁻¹ sammenlignet med den kemisk renholdte jord. Derimod havde ukrudt og spildkorn ikke en signifikant effekt på N_{\min} i september ved Dybvad.

Tabel 2. N_{\min} i jord i det indledende forsøg (2007/2008) med mellemafgrøder i vinterhvede.

| Sted | Led | Sept. 2007 | Nov. 2007 | Feb. 2008 | Mar. 2008 |
|--------|-------------------------------|---|--------------------------------|-----------|-----------|
| | | (kg N_{\min} ha ⁻¹ , 0-100 cm) | | | |
| Dybvad | Olieræddike 2-4 uger før høst | 36.4 ^b | 56.7 ^b | 40.4 | 35.0 |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 43.3 ^b | 76.1 ^a | - | - |
| | Olieræddike efter høst | 70.0 ^a | 83.8 ^a | - | - |
| | Renholdt stubjord | 73.4 ^a | 84.4 ^a | - | - |
| | Ikke-renholdt stubjord | 66.1 ^a | 75.5 ^a | 39.0 | 36.4 |
| | <i>LSD</i> | | 12.97 | 14.01 | <i>ns</i> |
| Foulum | Olieræddike 2-4 uger før høst | 18.3 ^d | 49.1 ^b ^c | 35.0 | 33.9 |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 16.6 ^d | 39.0 ^c | - | - |
| | Olieræddike efter høst | 28.6 ^c | 52.0 ^b | - | - |
| | Renholdt stubjord | 62.8 ^a | 72.6 ^a | - | - |
| | Ikke-renholdt stubjord | 39.2 ^b | 67.5 ^a | 33.0 | 34.8 |
| | <i>LSD</i> | | 7.25 | 11.05 | <i>ns</i> |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for hver lokalitet er signifikant forskellige ($P < 0.05$)

Tabel 3. N_{min} i jord i det indledende forsøg (2008/2009) med mellemafgrøder i vinterhvede.

| Sted | Led | Sept. 2008 | Nov. 2008 | Feb. 2009 | Mar. 2009 |
|--------|-------------------------------|---|--------------------|-----------|-----------|
| | | (kg N _{min} ha ⁻¹ , 0-100 cm) | | | |
| Dybvad | Olieræddike 2-4 uger før høst | 58.4 ^b | 56.7 ^a | 54.3 | 45.2 |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 49.0 ^b | 58.2 ^a | - | - |
| | Olieræddike efter høst | 54.7 ^{ab} | 51.8 ^a | - | - |
| | Renholdt stubjord | 69.7 ^a | 67.6 ^a | - | - |
| | Ikke-renholdt stubjord | 57.9 ^{ab} | 54.2 ^a | 56.6 | 45.5 |
| | <i>LSD</i> | <i>19.35</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> |
| Foulum | Olieræddike 2-4 uger før høst | 26.6 ^{bc} | 40.9 ^b | 53.1 | 37.8 |
| | Olieræddike 1-2 uger før høst | 23.0 ^c | 45.9 ^{ab} | - | - |
| | Olieræddike efter høst | 33.7 ^b | 42.4 ^{ab} | - | - |
| | Renholdt stubjord | 66.6 ^a | 44.0 ^{ab} | - | - |
| | Ikke-renholdt stubjord | 55.3 ^a | 54.5 ^a | 54.0 | 34.3 |
| | <i>LSD</i> | <i>10.28</i> | <i>12.58</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for hver lokalitet er signifikant forskellige (P<0.05)

4.1.2.3 N_{min} efterår og forår under vinterhvede

I forsøget ved Dybvad var der i november 2007 en reduktion i indholdet af N_{min} på 19 kg N ha⁻¹ efter olierræddike, sået to-fire uger før høst, sammenlignet med ikke-renholdt stubjord (Tabel 2). I november 2008 var der ikke signifikante forskelle i N_{min} i de forskellige forsøgsled ved Dybvad (Tabel 3).

Ved Foulum var der i november 2007 en reduktion i N_{min} på 16-29 kg N ha⁻¹ efter de tre forsøgsled med olierræddike sammenlignet med ikke-renholdt stubjord (Tabel 2). I november 2008 var N_{min} reduceret med 14 kg N ha⁻¹ efter olierræddike, sået 2-4 uger før høst, sammenlignet med ikke-renholdt stubjord (Tabel 3). Derimod havde de øvrige forsøgsled med olierræddike ved Foulum i 2007 ikke signifikant reduceret N_{min}.

I februar og marts i året efter dyrkning af mellemafgrøder blev der alene målt N_{min} i to af de seks forsøgsled. Det drejede sig om olierræddike, sået to-fire uger før høst, og om ikke-renholdt stubjord. I ingen af de to år påvirkede en tidligere dyrkning af mellemafgrøder jordens indhold af N_{min} (Tabel 2 og 3). Der kunne altså hverken registreres et øget indhold af uorganisk kvælstof, forårsaget af mineralisering af det nedmuldede plantemateriale, eller et mindsket indhold som følge af den tidligere kvælstofoptagelse i olierræddiken.

4.1.2.4 CN-SIM beregninger

I Thomsen et al. (2008) blev den estimerede udvaskningsreduktion ved mellemafgrøder på ønske fra Plantedirektoratet sammenholdt med en forventet gennemsnitlig reduktion af nitratudvaskningen ved anvendelse af efterafgrøder på 32 kg N ha⁻¹. I disse 32 kg er indregnet effekt af efterfølgende nedsat tilførsel af handelsgødning, hvilket ikke var tilfældet for de beregninger, der blev foretaget med CN-SIM for mellemafgrøder.

Den estimerede reduktion i nitratudvaskningen ved anvendelse af mellemafgrøder blev over en femårs periode af CN-SIM beregnet til 19.2-20.8 kg N ha⁻¹ på sandjord og 12.8-13.6 kg N ha⁻¹ på lerjord. Den estimerede reduktion ved anvendelse af mellemafgrøder var således ca. halvt så stor som forventet for efterafgrøder. På denne baggrund blev der indført regler om, at mellemafgrøder kunne erstatte efterafgrøder i forholdet 2:1.

4.2 Lysimeterforsøg

4.2.1 Materialer og metoder

Der blev i 2009/2010 og 2010/2011 gennemført lysimeterforsøg til bestemmelse af nitratudvaskning (Figur 2). Der blev anvendt to jordtyper, en sandjord med 4 % ler og en lerjord med 18 % ler. På hver af de to jordtyper blev der foretaget en sammenligning af dyrkningssystemer bestående af enten to på hinanden følgende vinterhvedeafgrøder eller vårbygafgrøder. I perioden mellem høst af den første vinterhvede og såning af den næste blev jorden dyrket enten med olieræddike eller gul sennep som mellemafgrøde. Mellem de to vårbygafgrøder blev der dyrket enten rajgræs eller olieræddike som efterafgrøde. I både vinterhvede og vårbyg indgik et forsøgsled uden mellem-/efterafgrøde. I Tabel 4 er vist en oversigt over forsøgsleddene.



Figur 2. Jordbearbejdning og øvrige dyrkningsopgaver foregår manuelt i lysimetret. Hvert kar har et overfladeareal på 1x1 m og er 1.5 m dybe. Vand, der strømmer ud i bunden af karrene, opsamles i dunke placeret i en underjordisk gang. Foto: Ingrid K. Thomsen, Aarhus Universitet.

Efterafgrøden af rajgræs i vårbyg blev sået i marts eller april, mens olieræddike, dyrket som efterafgrøde, blev sået efter høst. Mellemafgrøderne i vinterhvede blev sået ved at udstrø frø af olieræddike i juli. Før såning af den efterfølgende vinterhvede blev mellemafgrøderne klippet af ved jordoverfladen og vejjet. En repræsentativ prøve blev udtaget til bestemmelse af tørstofindhold og kvælstofkoncentration. Resten af det afklippede plantemateriale blev tilbageført til lysimetret og indarbejdet i forbindelse med jordbearbejdningen. Tilsvarende procedure blev anvendt for rajgræsefterafgrøder til de tidspunkter for jordbearbejdning, der er angivet i Tabel 4. For olieræddike dyrket som efterafgrøde i vårbyg, blev plantematerialet i 2009 afklippet sent efterår, hvorefter en frostperiode blev simuleret ved at nedfryse den indhøstede biomasse. Efterfølgende blev det frosne plantemateriale placeret på jordoverfladen i lysimetrene, som blev jordbearbejdet forår 2010 (Tabel 4). En sådan fremgangsmåde kunne ikke gennemføres i 2010 pga. sne, hvorfor biomassen af olieræddike sent efterår ikke blev bestemt.

Tabel 4. Oversigt over forsøgsled i lysimeterforsøget.

| | Hovedafgrøde | Efter- og mellemafgrøde | Såning af efter- og mellemafgrøde | Jordbearbejdning ("pløjning") |
|---------------|--------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Mellemafgrøde | Vinterhvede | Olieræddike | Juli | September |
| | Vinterhvede | Gul sennep | Juli | September |
| | Vinterhvede | Ingen | | September |
| Efterafgrøde | Vårbyg | Rajgræs | April | November |
| | Vårbyg | Rajgræs | April | Marts |
| | Vårbyg | Olieræddike | August | Marts |
| | Vårbyg | Ingen | | Marts |

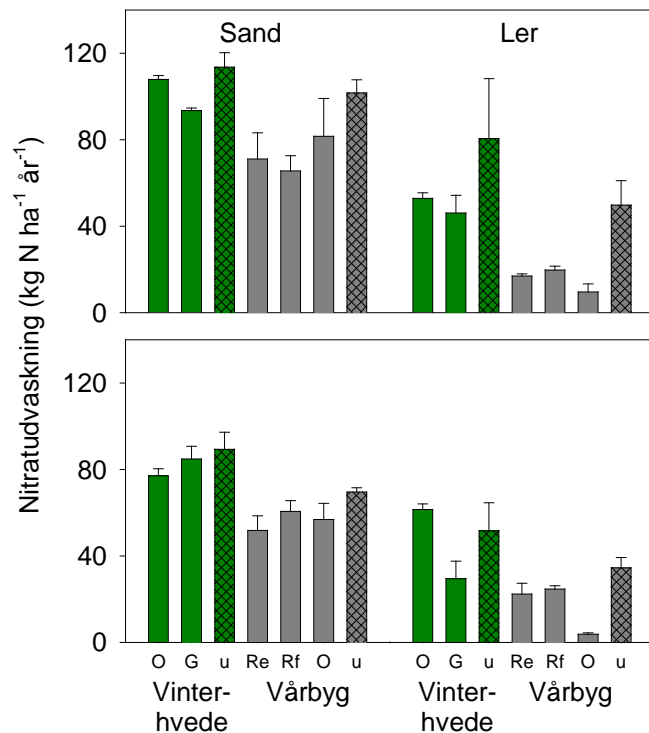
Forsøget blev gennemført i to forsøgsserier med tre gentagelser af hvert forsøgsled. Forsøgsleddene var randomiserede inden for hver jordtype, og der blev anvendt forskellige lysimeterkar i de to forsøgsserier. Afstrømningsperioden var hhv. 2009/2010 og 2010/2011, hvor vand fra lysimetrene blev opsamlet, vejjet og analyseret for nitrat.

4.2.2 Resultater

Kvælstofoptagelsen i mellemafgrøder i september varierede fra 13 til 24 kg N ha⁻¹ mens optagelsen i efterafgrøder sent efterår og forår var på 12 til 34 kg N ha⁻¹ (Tabel 5). På grund af store variationer mellem gentagelserne var der ikke statistisk signifikant forskel på kvælstofoptagelsen i efter- og mellemafgrøder inden for hver af de to jordtyper.

Reduktionen i nitratudvaskningen i de to forsøgsserier var generelt større ved anvendelse af efterafgrøder i vårbyg sammenlignet med mellemafgrøder i vinterhvede (Figur 3). Som gennemsnit over de to forsøgsserier var der en signifikant reduktion ved anvendelse af gul sennep som mellemafgrøde på lerjord, mens olieræddike som mellemafgrøde ikke havde signifikant effekt (Tabel 5). På sandjord var der ingen signifikant reduktion ved anvendelse af mellemafgrøder.

Der var en generel signifikant effekt af efterafgrøder på sandjorden. På grund af stor variation var der ikke i alle tilfælde signifikante forskelle mellem forsøgsled i vårbyg med og uden efterafgrøde på lerjorden (Tabel 5).



Figur 3. Nitratudvaskning i første (øverst) og anden (nederst) forsøgsserie i lysimeterforsøget. Vinterhveden blev dyrket med mellemafgrøder af olieræddike (O), gul sennep (G) eller uden mellemafgrøder (u). Vårbyggen blev dyrket med efterafgrøder af olieræddike (O), gul sennep (G), rajgræs nedmuldet enten efterår (Re) eller forår (Rf) eller uden efterafgrøder (u).

Tablet 5. Kvælstofoptagelse i efter- og mellemafgrøder samt nitratudvaskning som gennemsnit af de to forsøgsserier 2009/2010 og 2010/2011 i lysimeterforsøget.

| Jordtype | Hovedafgrøde | Efter- og mellemafgrøde | Jordbearbejdning | Kvælstofoptagelse (kg N ha ⁻¹) | Nitratudvaskning (kg NO ₃ -N ha ⁻¹) |
|----------|--------------|-------------------------|------------------|--|--|
| Sand | Vinterhvede | Olieræddike | September | 12.7 ^a | 92.4 ^{ab} |
| | | Gul sennep | September | 19.1 ^a | 89.2 ^{ab} |
| | | Ingen | September | - | 101.4 ^a |
| | Vårbyg | Rajgræs | November | 19.8 ^a | 61.4 ^c |
| | | Rajgræs | Marts | 14.2 ^a | 63.1 ^c |
| | | Olieræddike | Marts | 11.9 ^a | 69.2 ^c |
| | | Ingen | Marts | - | 85.6 ^b |
| | | Ingen | Marts | - | 85.6 ^b |
| Ler | Vinterhvede | Olieræddike | September | 21.5 ^a | 58.0 ^{ab} |
| | | Gul sennep | September | 24.2 ^a | 37.8 ^{bc} |
| | | Ingen | September | - | 63.1 ^a |
| | Vårbyg | Rajgræs | November | 34.2 ^a | 19.6 ^{cd} |
| | | Rajgræs | Marts | 26.5 ^a | 22.2 ^{cd} |
| | | Olieræddike | Marts | 31.8 ^a | 6.6 ^d |
| | | Ingen | Marts | - | 43.6 ^{abc} |
| | | Ingen | Marts | - | 43.6 ^{abc} |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for en jordtype er signifikant forskellige (P<0.05)

Som gennemsnit over begge forsøgsserier og jorde og uden hensyntagen til statistisk signifikans, reducerede mellemafgrøder nitratudvaskningen med 13 kg N ha⁻¹, mens reduktionen i nitratudvaskningen med efterafgrøder i vårbyg var på 21 kg N ha⁻¹. Reduktionen i nitratudvaskning ved dyrkning af mellemafgrøder var altså ca. halvt så stor som ved dyrkning af efterafgrøder. CN-SIM beregningerne nåede også frem til ca. halv effekt af mellemafgrøder i forhold til efterafgrøder, men de to værdier er ikke direkte sammenlignelige. Det skyldes bl.a., at CN-SIM beregningerne opererede med en periode på fem år, hvor også remineralisering blev inddraget (Thomsen et al., 2008).

4.3 Markforsøg med bestemmelse af nitratudvaskning på to lokaliteter

4.3.1 Materialer og metoder

Markforsøg med nitratudvaskningsmålinger i olieræddike som mellemafgrøde blev udført på lokaliteterne Flakkebjerg og Foulum, hvor to fastliggende forsøg med reduceret jordbearbejdning blev påbegyndt i 2002 (Melander et al., 2012). Forsøgene med mellemafgrøder blev udført i pløjede parceller, placeret i sædskifte R2, som er et sædskifte med vinterafgrøder, heriblandt vinterhvede, vinterbyg og vinterraps. Jorden ved Flakkebjerg er en fin sandblandet lerjord med 14.7 % ler og 1.2 % kulstof, mens jorden ved Foulum er en fin lerblandet sandjord med 9.2 % ler og 1.8 % kulstof.

Som standardbehandling i det fastliggende forsøg blev halmen snittet og efterladt på marken ("med halmnedmuldning"). Afgrøderne fik tilført 100 kg ammoniumkvælstof i gylle, mens den resterende del af kvælstofnormen blev tilført som handelsgødning. I forsøget blev olieræddike som mellemafgrøde (OH) sammenlignet med forsøgsled uden mellemafgrøde (H), med stubbearbejdning (S) og med både halmnedmuldning og stubbearbejdning (SH) inden såning af den efterfølgende vinterafgrøde (Tabel 6).

Table 6. Beskrivelse af forsøgsbehandlinger i forsøg ved Flakkebjerg og Foulum med olieræddike som mellemafgrøde i sammenligning med forsøgsbehandlinger med eller uden stubbearbejdning samt med eller uden halmnedmuldning.

| Forsøgsbehandling, forkortelse | Beskrivelse |
|--------------------------------|---|
| OH | Med olieræddike, med halmnedmuldning , uden stubbearbejdning |
| H | Uden olieræddike, med halmnedmuldning , uden stubbearbejdning, |
| S | Uden olieræddike, uden halmnedmuldning, med stubbearbejdning |
| SH | Uden olieræddike, med halmnedmuldning, med stubbearbejdning |

Forsøget blev anlagt i sommeren 2009 med udstrøning af olieræddike som mellemafgrøde i vinterhvede før høst af vinterhveden. Olieræddiken blev nedmuldet før såning af 2.-års vinterhvede. En usædvanlig lang og kold vinter 2009-2010 betød, at 2.-års vinterhveden overvintrede dårligt, især ved Foulum. Det blev derfor besluttet at erstatte vinterhveden ved Foulum med vårbyg. Forsøget blev gentaget i 2010, hvor der om sommeren blev udstrøet olieræddike før høst. Ved Flakkebjerg blev olieræddike udstrøet i vinterhvede, og ved Foulum blev den udstrøet i vårbyggen, som erstattede den udvintrede vinterhvede. Forsøget med olieræddike som mellemafgrøde var et randomiseret blokforsøg i fire gentagelser.

Umiddelbart før såning af vinterafgrøden blev der udtaget planteprøver af olieræddike i forsøgsleddet med olieræddike, mens ukrudt/spildfrø blev bestemt i forsøgsled uden mellemafgrøder. I begge forsøgsled blev planteprøverne afklippet i to tilfældigt valgte klippeflader á 0.5 m² (i alt 1 m²) pr. parcel. Planter inkl. ukrudt blev afklippet i 1-2 cm højde. Halm og stub blev efterladt på jorden. De to prøver fra hver parcel blev slået sammen, tørret og analyseret for indhold af kvælstof.

I november 2009, marts 2010, november 2010 og marts 2011 blev der udtaget jordprøver i alle fire forsøgsled i 0-25 og 25-100 cm dybde. Hver parcel og dybde blev analyseret for N_{min}.

I parceller med standardbehandling uden mellemafgrøde blev der målt nitratudvaskning i 1 m dybde ved hjælp af permanent installerede keramiske sugeceller. I parceller med olieræddike som mellemafgrøde blev der midlertidigt installeret sugeceller om efteråret efter høst af hovedafgrøderne i 2009 og 2010, ligeledes i 1 m dybde. Jordvandet

blev suget ind i sugecellerne, som blev tømt ca. hver anden uge i perioder med afstrømning. I hver parcel blev der udtaget vandprøver fra to sugeceller, det vil sige fra otte sugeceller per forsøgsled per lokalitet, i alt 32 sugeceller. Ved hvert prøvetagningstidspunkt blev jordvand fra de to sugeceller i samme parcel sammenblandet i forholdet 1:1 før analyse for nitrat-N. Afstrømning af vand fra 1 m dybde blev modelleret vha. modellen EVACROP 3.0, som er en opdateret version af EVACROP 1.01 (Olesen og Heidmann, 2002), ud fra målte døgnværdier for nedbør, temperatur og fordampning.

4.3.2 Resultater

4.3.2.1 Kvælstofoptagelse

Ved Flakkebjerg blev olieræddike udstrøet i hovedafgrøden 27. juli 2009. Før såning af den efterfølgende afgrøde blev der i gennemsnit nedmuldet knap 800 kg tørstof ha⁻¹ i blade og stængler af olieræddike og ukrudt svarende til 17 kg N ha⁻¹ (Tabel 7). Olieræddiken sået 28. juli 2009 ved Foulum udviklede sig i 2009 betydeligt ringere end olieræddiken ved Flakkebjerg, og der blev i gennemsnit kun produceret godt 200 kg tørstof ha⁻¹, svarende til ca. en fjerdedel af produktionen ved Flakkebjerg. En betydeligt større kvælstofprocent end ved Flakkebjerg betød dog, at der ved Foulum blev nedmuldet 11 kg N ha⁻¹ (Tabel 7).

I 2010 blev olieræddike udstrøet 2. august ved Flakkebjerg og 28. juli ved Foulum. Begge steder udviklede olieræddiken sig kun lidt inden nedmuldning og såning af vinterafgrøderne først i oktober. I gennemsnit af de to lokaliteter blev der kun nedmuldet ca. 250 kg tørstof ha⁻¹ i overjordisk plantemateriale af olieræddike og ukrudt. Dette var betydeligt mindre end i samme forsøgsled ved Flakkebjerg i 2009. Den lave produktion betød, at der blot blev nedmuldet 7 kg N ha⁻¹ ved Flakkebjerg og 9 kg N ha⁻¹ ved Foulum (Tabel 7). Formentlig var sen høst af vinterhveden (Flakkebjerg: 31. august 2010 og Foulum: 27. august 2010) en medvirkende årsag til olieræddikens ringe udvikling.

4.3.2.2 N_{\min} efterår og forår under vintersæd

Jordens indhold af N_{\min} ved Foulum var højt i efteråret 2009 (76-90 kg N ha⁻¹) sammenlignet med Flakkebjerg (31-38 kg N ha⁻¹) (Tabel 7). Der var således stor forskel på det generelle N_{\min} niveau på de to lokaliteter. Da udbyttet i den foregående vinterhvede ved Foulum var på ca. 100 hkg ha⁻¹, må det formodes, at der ikke blev efterladt gødningskvælstof ved høst 2009. Resultatet tyder derfor på, at der blev mineraliseret betydeligt mere kvælstof i jorden ved Foulum end ved Flakkebjerg. En del af forklaringen skal muligvis findes i de store forskelle i nedbør imellem de to lokaliteter i efteråret 2009 (Bilag 1). I region Midt- og Vestjylland (Foulum) blev der i alt for månederne august-oktober i 2009 målt en nedbør på 248 mm, hvilket svarer nogenlunde til normalnedbøren i den samme periode på 252 mm. I region Vest- og Sydsjælland (Flakkebjerg) blev der i samme periode målt en nedbør på kun 108 mm, hvilket er 59 mm lavere end normalnedbøren i denne region (167 mm). Specielt i august og september 2009 blev der målt usædvanlig lav nedbør på under det halve af normalnedbøren. Jorden i Flakkebjerg har muligvis været så tør, at det har hæmmet omsætningen og mineraliseringen af kvælstof, og dermed resulteret i et lavt indhold af N_{\min} . På ingen af lokaliteterne var der signifikante forskelle på N_{\min} indholdet i efteråret 2009. Ligeledes var der ingen signifikante forskelle på N_{\min} indholdet ved prøvetagning i foråret 2010 på hverken Flakkebjerg eller Foulum (Tabel 7).

Tabel 7. Kvælstofoptagelse i mellemafgrøder af olieræddike, N_{min} efterår og forår samt total kvælstofudvaskning ved Foulum og Flakkebjerg. Forklaringer til forkortelser for forsøgsled er angivet i Tabel 6.

| | 2009-2010 | | | | 2010-2011 | | | |
|---------------------------|--|--|--|---|--|--|--|---|
| | N-optag olieræddike (kg N ha ⁻¹) | N _{min} (kg N ha ⁻¹ 0- 100 cm) | Udvaskning (kg N ha ⁻¹) | N _{min} (kg N ha ⁻¹ 0-100 cm) | N-optag olieræddike (kg N ha ⁻¹) | N _{min} (kg N ha ⁻¹ 0-100) | Udvaskning (kg N ha ⁻¹) | N _{min} (kg N ha ⁻¹ 0-100 cm) |
| Foulum | | | | | | | | |
| Dato | 29.09 2009 | 16.11 2009 | 10.11 2009- 30.06 2010 | 29.03 2010 | 28.09 2010 | 03.11 2010 | 01.07 2010- 11.04 2011 | 22.03 2011 |
| H | 0* ¹ | 90 | 50 | 41 | 5 ^b | 53 ^b | 66 ^a | 42 ^b |
| OH | 11* ² | 76 | 40 | 46 | 9 ^a | 55 ^b | 57 ^b | 47 ^{ab} |
| S | - | 92 | - | 48 | | 70 ^a | | 48 ^a |
| SH | - | 90 | - | 43 | | 56 ^b | | 44 ^{ab*3} |
| <i>LSD</i> _{.95} | - | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | 3.00 | 9.6 | 5.9 | |
| Afstrømning (mm) | | | 219 | | | | 274 | |
| Flakkebjerg | | | | | | | | |
| Dato | 06.10 2009 | 01.12 2009 | 23.11 2009- 30.06 2010 | 30.03 2010* ⁵ | 27.9 2010 | 11.11 2010 | 01.07 2010- 18.04 2011 | 23.03 2011* ⁵ |
| H | 8* ⁴ | 35 | 19 | 31 | 8 | 60 | 29 | 34 |
| OH | 17* ² | 31 | 16 | 37 | 7 | 81 | 27 | 39 |
| S | - | 38 | - | 32 | - | 73 | - | 41 |
| SH | - | 35 | - | 35 | - | 66 | - | 35 |
| <i>LSD</i> _{.95} | - | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> |
| Afstrømning (mm) | | | 108 | | | | 169 | |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for hver gruppering er signifikant forskellige (P<0.05)

*¹: Ukrudt sprøjtet væk.

*²: Inkl. ukrudt.

*³: Signifikant på 10%-niveau (P=0.10).

*⁴: Ukrudt.

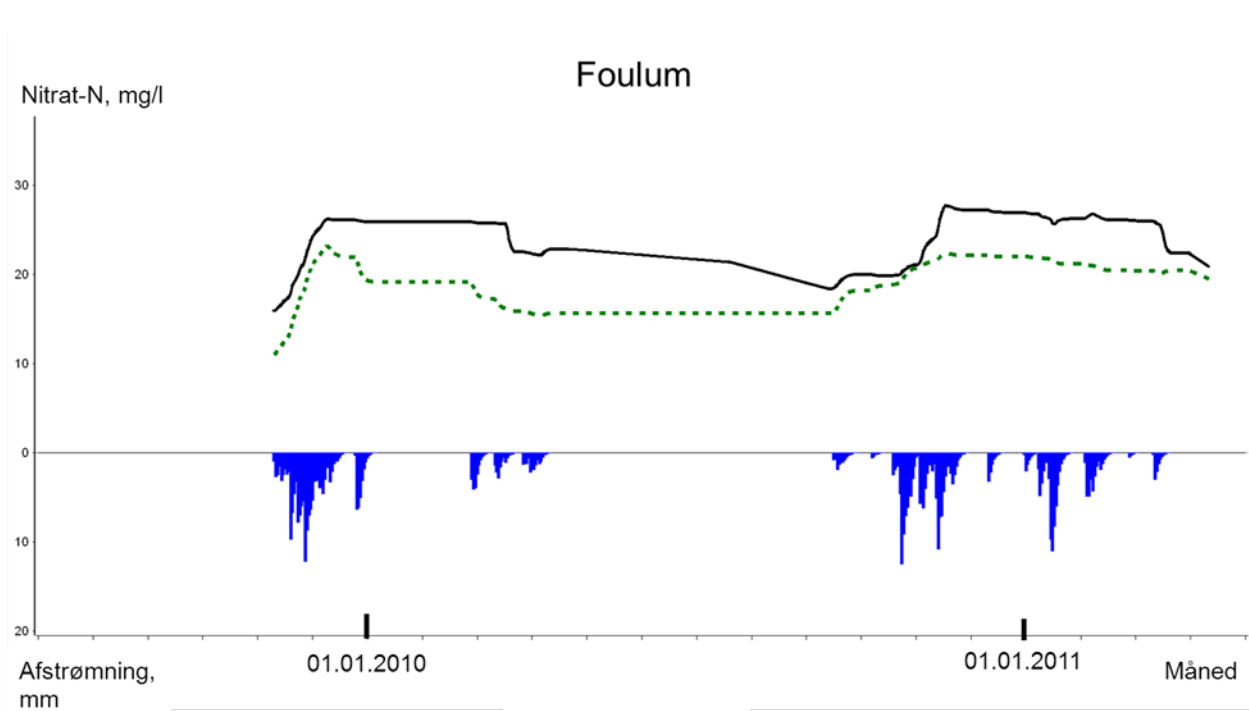
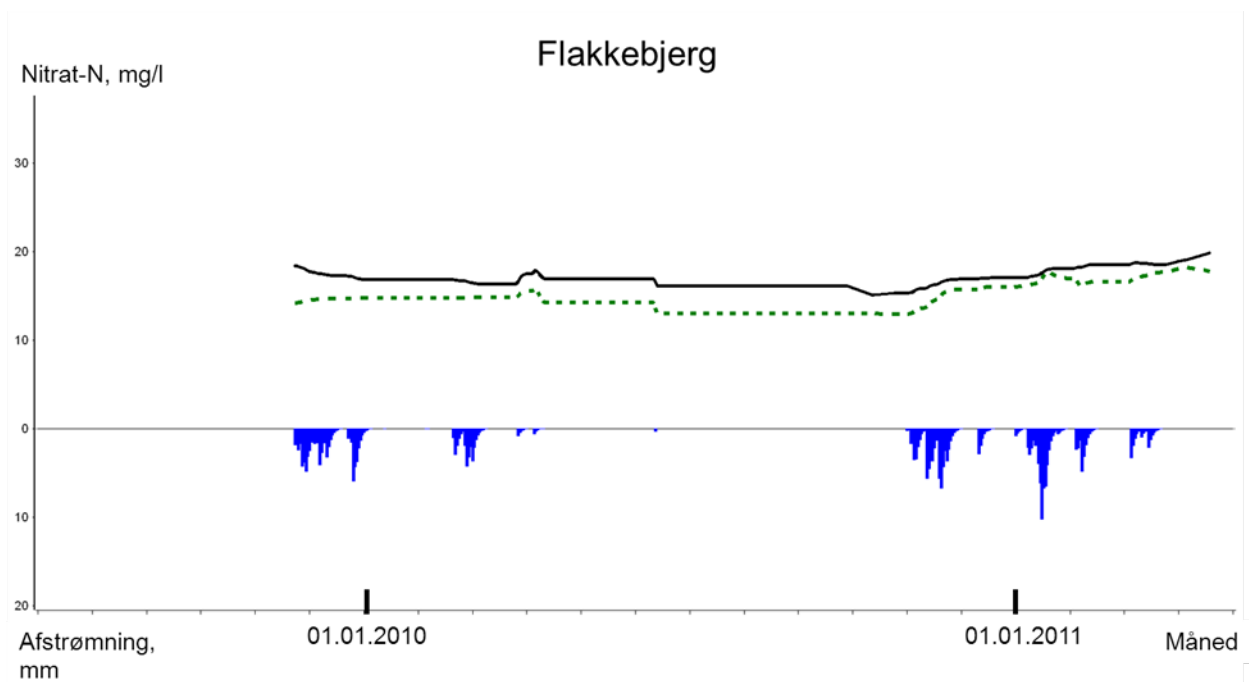
*⁵: 25-100 cm dybde.

I efteråret 2010 var der et relativt højt N_{\min} indhold ved Flakkebjerg i sammenligning med året før. Det kan i den forbindelse nævnes, at der blev målt højere nedbør end normalt i månederne august-oktober 2010 med dobbelt så meget nedbør i august som normalt (Bilag 1). Vinterhveden, der blev høstet 2010 ved Flakkebjerg, var mærket af vinteren, og udbyttene var lavt (Hansen et al., 2010), og det kan derfor ikke udelukkes, at hveden kan have efterladt gødningskvælstof ved høst. Bedre vejrforhold for mineralisering i efteråret 2010 end i 2009 kan også have medvirket til det relativt høje indhold af N_{\min} . N_{\min} indholdet ved Foulum i efteråret 2010 var generelt lavere end i efteråret 2009. Der var ikke signifikante forskelle mellem forsøgsled med mellemafgrøde og forsøgsled uden mellemafgrøde (Tabel 7).

4.3.2.3 Nitratudvaskning

Ved både Flakkebjerg og Foulum var de målte nitratkoncentrationer lavere i forsøgsled med olieræddike som mellemafgrøde end i parceller uden mellemafgrøde (Figur 4). Dog var der igennem hele perioden kun lille forskel på koncentrationerne i forsøgsleddene med og uden mellemafgrøder ved Flakkebjerg. Dette afspejlede sig i, at der hverken i 2009-2010 eller 2010-2011 var signifikant forskel på nitratudvaskningen ved Flakkebjerg, uanset om der blev dyrket mellemafgrøde eller ej. Det skal tages i betragtning, at nitratudvaskningen i begge perioder generelt var lav ved Flakkebjerg: 16-19 kg N ha⁻¹ i 2009-2010 og 27-29 kg N ha⁻¹ i 2010-2011 (Tabel 7). Den lave udvaskning i 2009-2010 stemmer overens med, at der blot var 30-40 kg N ha⁻¹ i jorden i 0-100 cm dybde den 1. december 2009 (Tabel 7). I 2010-2011 var nitratudvaskningen kun ca. 10 kg N ha⁻¹ større end i 2009-2010 til trods for, at jorden den 11. november 2010 indeholdt næsten dobbelt så meget mineralsk kvælstof som i 2009.

Ved Foulum 2009-2010 var der tendens til mindre nitratudvaskning ved dyrkning af mellemafgrøde end fra ubevokset jord (forskul på 10 kg N ha⁻¹, Tabel 7). I 2010-2011 var der en signifikant mindre nitratudvaskning på 9 kg N ha⁻¹ ved dyrkning af mellemafgrøde (Tabel 7).



Figur 4. Koncentration af nitrat-N i sugeceller ved Flakkebjerg og Foulum med mellemafgrøde (stiplet linje) og uden mellemafgrøde (fuldt optrukken linje). Daglig afstrømning fra 1 m dybde er vist med lodrette linjer.

4.4 Vækst, kvælstofoptagelse og N_{\min} som funktion af såtidspunkt

4.4.1 Materialer og metoder

I 2010 og 2011 blev der ved Askov og Foulum gennemført forsøg til bestemmelse af N_{\min} samt vækst og kvælstofoptagelse i efter- og mellemafgrøder gennem efteråret. Olieræddike og gul sennep blev sået i vinterhvede ved enten udstrøning i juli eller efter høst i august (Figur 5). I andre marker, tilsået med vårbyg, indgik rajgræs sået forår samt olie-ræddike sået efter høst. Såning af efter- og mellemafgrøder blev randomiseret inden for hver hovedafgrøde, men da der var tale om to forskellige marker, kan der ikke gennemføres en statistisk analyse mellem hvede og byg.



Figur 5. Etablering af mellemafgrøder ved Askov ved udstrøning af frø i vinterhvede i juli (venstre billede). Korsblomstrede efterafgrøder blev sået i august efter en let opharvning (midterste billede). På dette tidspunkt var rajgræs sået som efterafgrøde om foråret allerede i god vækst (højre billede). Foto: Niels Peter Pedersen, Aarhus Universitet.

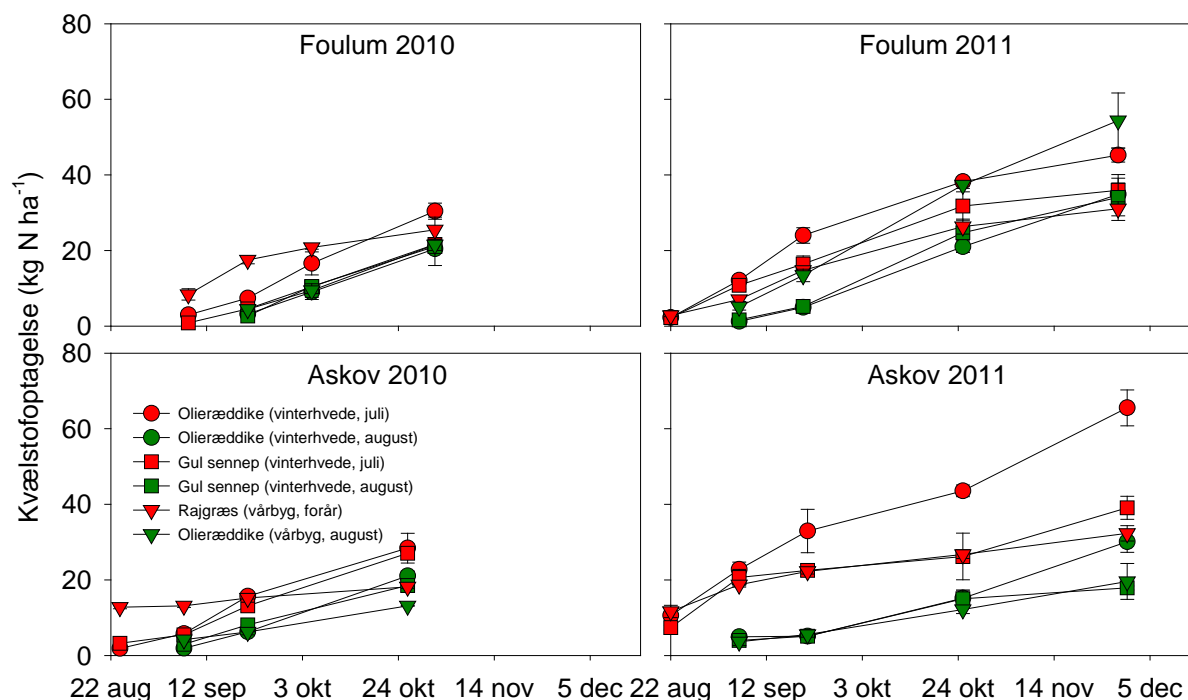
På fire (2010) eller fem (2011) tidspunkter blev der i hver storparcel afklippet plantemateriale af efter- og mellemafgrøder i to småparceller, hver svarende til 0.5 m². Planterne blev afklippet ved jordoverfladen, og materialet fra de to småparceller samlet til én prøve. I hver afklippet småparcel blev der udtaget fire jordprøver til 1 m dybde, som blev opdelt i 0-20 cm og 20-100 cm. Jordprøverne blev blandet for samme dybde for hver af de to småparceller. I 2010 måtte det oprindeligt planlagte sidste planteklip opgives pga. sne, men jordprøveudtagningen blev gennemført, så der for hvert af de to år blev udtaget jordprøver fem gange.

Der blev bestemt tørstofudbytte for planteprøverne, som derefter blev analyseret for kvælstof. Jordprøverne blev analyseret for N_{\min} .

4.4.2 Resultater

4.4.2.1 Kvælstofoptagelse efterår

Kvælstofoptagelsen i mellem- og efterafgrøder gennem efteråret er vist i Figur 6. Da det sidste klip i 2010 måtte udgå pga. sne, var den sidste måling dette år i oktober. I begge år blev produktionen af olieræddike og gul sennep, udstrøet i juli, også bestemt efter september, hvor disse normalt ville blive nedpløjet, hvis de fungerede som mellemafgrøder. På den måde kunne væksten efter såning i juli sammenlignes med væksten af de tilsvarende afgrøder, sået efter høst af hovedafgrøden, og effekten af såtid/-metode for efterafgrøder kunne bestemmes.



Figur 6. Kvælstofoptagelse i olieræddike, gul sennep og rajgræs i 2010 og 2011 ved Foulum og Askov. Hovedafgrøde samt såningstidspunkt for mellem-/efterafgrøde er angivet i parenteser.

I Tabel 8 er vist den gennemsnitlige kvælstofoptagelse i september på det tidspunkt, hvor mellemafgrøder ville blive nedmuldet. Ligeledes er vist kvælstofoptagelsen i oktober og sidst i november, hvor olieræddike og gul sennep var at betragte som efterafgrøder, uanset om de var sået i juli i en voksende afgrøde eller var sået efter høst. Det fremgår af Tabel 8, at mellemafgrøderne i september havde optaget mellem 11 og 24 kg N ha⁻¹ uden signifikante forskelle mellem olieræddike og gul sennep på de to lokaliteter. I oktober og november havde efterafgrøden i hvede optaget hhv. 17-23 og 18-35 kg N ha⁻¹, hvis den var sået på traditionel vis efter høst. Hvis efterafgrøden var sået ved udstrøning i vinterhvede juli, var kvælstofoptagelsen i oktober 27-36 kg N ha⁻¹ og i november 36-66 kg N ha⁻¹. Ved Foulum var der ikke signifikant effekt af såmetode/-tidspunkt i vinterhveden, mens olieræddiken sået i juli ved Askov havde opnået signifikant højere kvælstofoptagelse i november end gul sennep også sået i juli samt begge efterafgrøder sået efter høst. I vårbyg var kvælstofoptagelsen i efterafgrøderne i hhv. oktober og november på 13-30 og 20-54 kg N ha⁻¹ uden signifikante forskelle mellem rajgræs og olieræddike på de to lokaliteter.

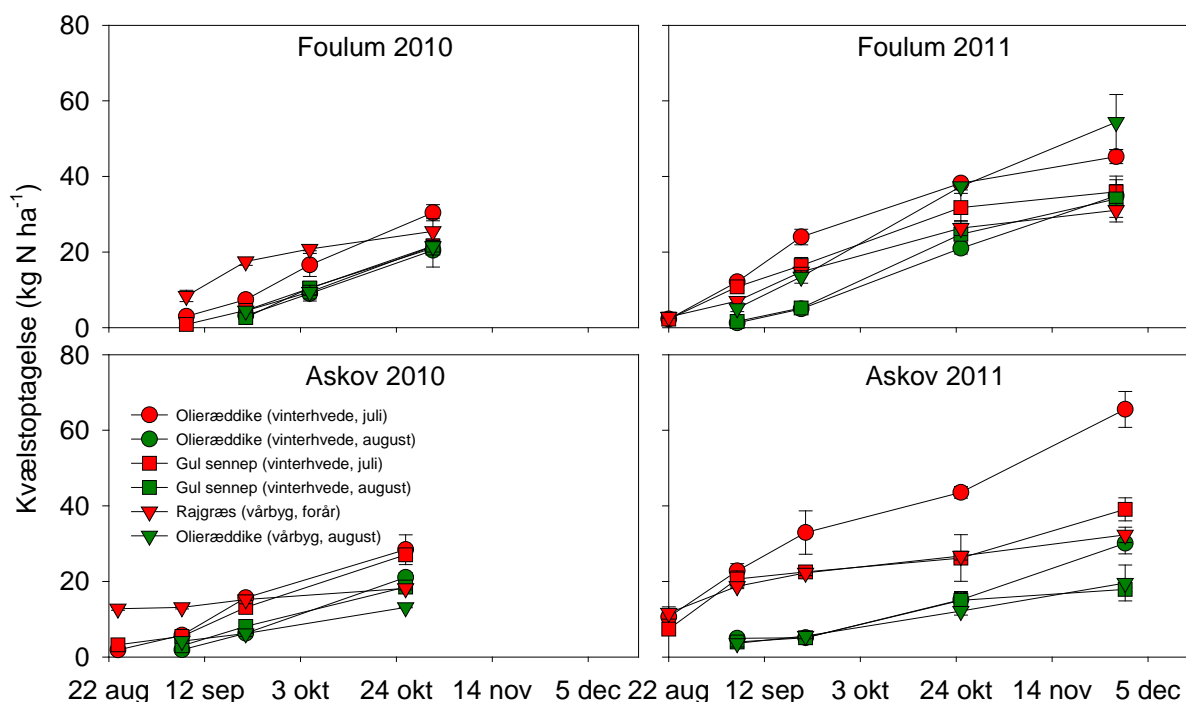
Tabel 8. Kvælstofoptagelse i plantemateriale i september, hvor olieræddiken og gul sennep var at betragte som mellemafgrøder, samt i oktober og november, hvor plantematerialet repræsenterede efterafgrøder. Værdierne i september og oktober er gennemsnit for 2010 og 2011, medens værdierne for november alene er for 2011, da 2010-målingerne på dette tidspunkt måtte udgå pga. sne.

| Lokalitet | Hovedafgrøde | Efter-/mellemafgrøde | September | Oktober | November | |
|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | (kg N ha ⁻¹) | | | |
| Foulum | Vinterhvede | Olieræddike (bredsået juli) | 15.7 ^a | 34.3 ^a | 45.2 ^a | |
| | Vinterhvede | Gul sennep (bredsået juli) | 10.5 ^a | 26.7 ^a | 35.9 ^a | |
| | Vinterhvede | Olieræddike (sået efter høst) | - | 20.7 ^a | 34.9 ^a | |
| | Vinterhvede | Gul sennep (sået efter høst) | - | 22.9 ^a | 34.0 ^a | |
| | Spring barley | Rajgræs (udlæg forår) | - | 25.9 ^a | 31.0 ^a | |
| | Spring barley | Olieræddike (sået efter høst) | - | 29.4 ^a | 54.4 ^a | |
| | Askov | Vinterhvede | Olieræddike (bredsået juli) | 24.3 ^a | 36.0 ^a | 65.5 ^a |
| | | Vinterhvede | Gul sennep (bredsået juli) | 17.8 ^a | 26.6 ^a | 39.1 ^b |
| Vinterhvede | | Olieræddike (sået efter høst) | - | 18.1 ^a | 30.1 ^b | |
| Vinterhvede | | Gul sennep (sået efter høst) | - | 16.8 ^a | 17.9 ^c | |
| Spring barley | | Rajgræs (udlæg forår) | - | 22.5 ^a | 32.3 ^a | |
| Spring barley | | Olieræddike (sået efter høst) | - | 12.6 ^a | 19.6 ^a | |

^{abc}Værdier efterfulgt af forskellige bogstaver inden for hver lokalitet og afgrøde er signifikant forskellige (P<0.05)

4.4.2.2 N_{\min} efterår under mellem- og efterafgrøder

N_{\min} i jordlaget 0-20 cm udgjorde generelt omkring 40 % af den totale mængde uorganisk kvælstof, der var i hele jordlaget 0-100 cm. N_{\min} faldt generelt gennem efteråret (Figur 7), hvilket tilskrives optagelse af kvælstof i efter- og mellemafgrøderne, men det kan også skyldes udvaskning, da afstrømningen i de to år startede tidligt iflg. EVACROP 3.0 (opdateret version af 1.01, Olesen og Heidmann, 2002). I vinterhvede var der i september og oktober signifikant højere indhold af uorganisk kvælstof efter såning af olie-ræddike og gul sennep efter høst sammenlignet med såning i juli. Der var ligeledes ofte mindre uorganisk kvælstof i jorden under rajgræs, sæt i vårbyg, sammenlignet med olieræddike, sæt efter høst. Ved den sidste jordprøveudtagning i november/december var der ingen signifikante forskelle mellem de forskellige efterafgrøder efter hhv. vinterhvede og vårbyg.



Figur 7. N_{\min} i jord under olieræddike, gul sennep og rajgræs i 2010 og 2011 ved Foulum og Askov. Hovedafgrøde samt såtidspunkt for mellem-/efterafgrøde er angivet i parenteser.

4.5 Omsætningsforsøg

4.5.1 Materialer og metoder

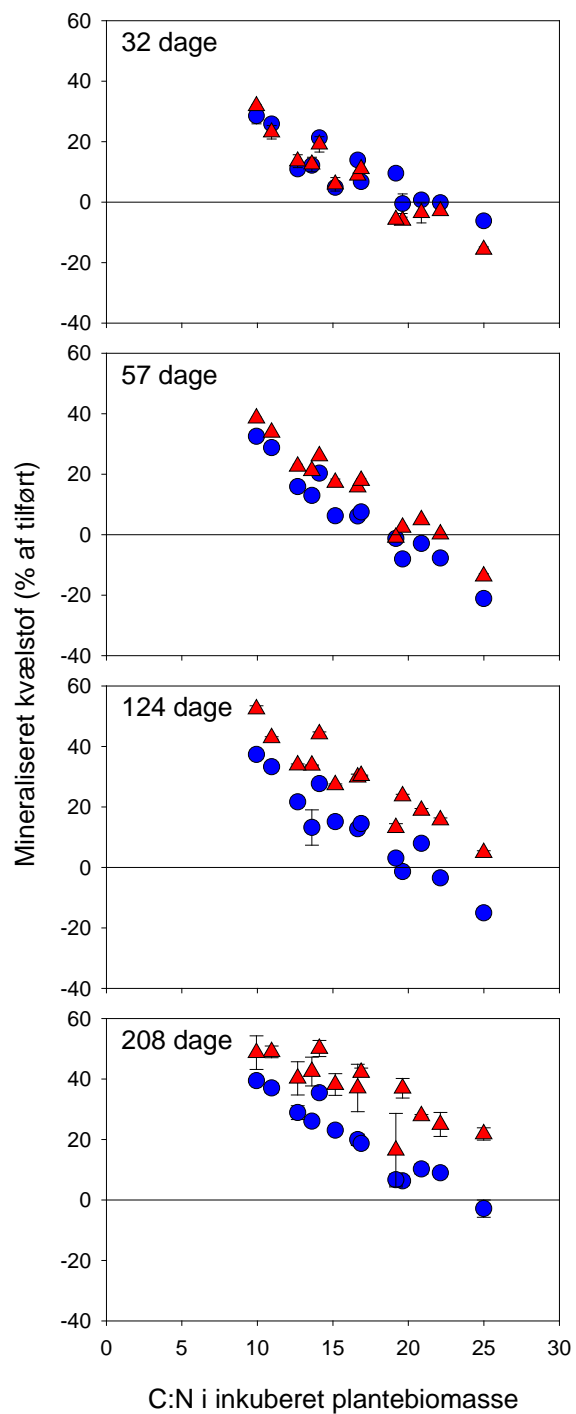
I forbindelse med planteklippene i forsøgene, beskrevet i Afsnit 4.4, blev der ved Foulum og Askov indsamlet plantemateriale til et inkubationsforsøg til bestemmelse af kvælstofmineralisering. En oversigt over de anvendte materialer samt deres koncentrationer af kulstof og kvælstof samt C:N forhold er givet i Tabel 9. Plantematerialerne blev i formalet tilstand inkuberet i jord og placeret ved enten 2°C eller 10°C. Der indgik referenceprøver bestående af jord uden tilført plantemateriale. Til fire tidspunkter 32, 57, 124 og 208 dage efter tilførsel, blev der udtaget prøver til bestemmelse af mineraliseret kvælstof.

4.5.2 Resultater

Efterafgrøderne af olieræddike, gul sennep og rajgræs indeholdt mellem 1.7 og 4.0 % N og havde et C:N forhold, der varierede fra 10 til 25 (Tabel 9). Det fremgår af Figur 8, at kvælstofmineraliseringen afhang af C:N forholdet i plantematerialerne med en negativ korrelation mellem C:N og kvælstofmineralisering. Et C:N forhold på ca. 20 forårsagede immobilisering ved de to første måletidspunkter, mens der efter 124 dages inkubation kun var tale om en fortsat immobilisering ved dette C:N forhold ved 2°C. Efter 124 dage, svarende til fire måneder, var der ved 10°C mineraliseret mellem 4 og 54 % af den tilførte mængde kvælstof (Figur 8). Ved 2°C var der efter den tilsvarende inkubationsperiode stadig tale om immobilisering ved de høje C:N forhold, mens der for plantemateriale med lavere C:N var mineraliseret op til 38 % af det tilførte kvælstof. Efter 208 dage var der ved 2°C mineraliseret op mod 40 % af tilført N ved laveste C:N forhold, mens plantematerialet med det højeste C:N forhold stadig viste immobilisering. Ved 10°C var der efter 208 dage mineraliseret mellem 16 og 50 % afhængigt af C:N forhold.

Table 9. Oversigt over plantematerialer af efter- og mellemafgrøder indsamlet ved Foulum og Askov og anvendt i inkubationsforsøg til bestemmelse af kvælstofmineralisering.

| Biomasse | Lokalitet | Sæet | Høstet | Vækstperiode (dage) | C | | C:N |
|-------------|-----------|----------|---------|------------------------|------|----------|-----|
| | | | | | | N (%) | |
| Olieræddike | Askov | 12 juli | 21 sep. | 71 | 40.8 | 2.5 | 17 |
| | Foulum | 11 juli | 20 sep. | 71 | 39.2 | 2.9 | 14 |
| | Askov | 12 juli | 25 okt. | 105 | 42.7 | 1.7 | 25 |
| | Foulum | 11 juli | 25 okt. | 106 | 41.3 | 2.1 | 20 |
| | Askov | 12 juli | 30 nov. | 141 | 42.4 | 1.9 | 22 |
| | Foulum | 11 juli | 28 nov. | 140 | 40.4 | 2.9 | 14 |
| | Askov | 10 aug. | 25 okt. | 76 | 39.3 | 2.6 | 15 |
| | Foulum | 17 aug. | 25 okt. | 69 | 36.9 | 2.9 | 13 |
| | Askov | 10 aug. | 30 nov. | 112 | 38.2 | 3.5 | 11 |
| | Foulum | 17 aug. | 28 nov. | 103 | 39.5 | 4.0 | 10 |
| Gul sennep | Askov | 12 juli | 21 sep. | 71 | 43.8 | 2.3 | 19 |
| Rajgræs | Askov | 30 marts | 30 nov. | 245 | 43.3 | 2.1 | 21 |
| | Foulum | 20 april | 28 nov. | 222 | 43.6 | 2.6 | 17 |



Figur 8. Mineraliseret kvælstof i procent af tilført som funktion af C:N forhold i mellem- og efterafgrøder efter 32, 57, 124 og 208 dages inkubation ved enten 2°C eller 10°C.

Resultaterne viser, at både jordtemperatur og karakter af mellem- og efterafgrøder har stor indflydelse på mineralisering af kvælstof fra plantematerialerne, og at en stor del af kvælstoffet kan mineraliseres inden for, hvad der svarer til en vinterperiode.

Undersøgelserne i Afsnit 4.4 og 4.5 blev igangsat med henblik på at forbedre muligheden for at modelberegne vækst og omsætning af mellem- og efterafgrøder ud fra jordtemperatur og C:N forhold i plantematerialet, og data vil senere blive anvendt til dette formål.

5. Undersøgelser uden for AU-regi

Det har ikke været muligt at finde udenlandske forsøg, der tester mellemafgrøder, som de defineres i Danmark.

Videncentret for Landbrug har de senere år gennemført både forsøg og demonstrationer med mellemafgrøder (Østergaard, 2009, 2010, 2011a). Forsøgene gennemføres med gentagelser, mens demonstrationer er uden gentagelser. Der kan således ikke beregnes signifikante forskelle i demonstrationerne, men resultaterne kan give en indikation af den generelle vækst af mellemafgrøder, da demonstrationerne ofte gennemføres i et forholdsvist stort antal.

I 2009 blev der gennemført 15 demonstrationer med etablering af mellemafgrøder af olieræddike på forskellige tidspunkter heraf nogle efter høst (Østergaard, 2009). Olieræddike udstrøet 16-36 dage før høst havde optaget 11-30 kg N ha⁻¹, mens olieræddike sået 31-51 dage før høst havde optaget 11-41 kg N ha⁻¹. Ligeledes er der i Østergaard (2009) beskrevet tre forsøg, der også havde til hensigt at vurdere effekten af såtidspunkt. Ved såning midt i juli havde mellemafgrøder af olieræddike sidst i september optaget 23 kg N ha⁻¹, mens gul sennep havde en kvælstofoptagelse på 16 kg N ha⁻¹. Ved såning sidst i juli var kvælstofoptagelsen i september 12 og 14 kg N ha⁻¹ for olieræddike og gul sennep (Østergaard, 2009). Jordens N_{min} indhold i november blev reduceret med 5 kg N ha⁻¹ ved såning midt i juli, mens mellemafgrøderne sået sidst i juli ikke påvirkede N_{min}. Det er dog som nævnt ikke muligt at vurdere, om der er tale om signifikante forskelle.

I 2010 blev der igen gennemført 15 demonstrationer til vurdering af såtidspunktets betydning (Østergaard, 2010). En vanskelig og sen høst satte sit præg på væksten af mellemafgrøderne, men med stor variation mellem landsdelene. Den maksimale kvælstofoptagelse for mellemafgrøder var på 23 kg N ha⁻¹. I tre forsøg med olieræddike var den gennemsnitlige kvælstofoptagelse på 12-19 kg kvælstof. Hvor mellemafgrøden havde udviklet sig godt, var kvælstofoptagelsen 36 kg N ha⁻¹.

I Østergaard (2011a) er vist resultater fra et tilsvarende forsøg som i 2010. Kvælstofoptagelsen i mellemafgrøder svarede til 7-8 kg N ha⁻¹. I Østergaard (2011a) præsenteres ligeledes samlede resultater for 44 demonstrationer med mellemafgrøder gennemført 2009-2011 som beskrevet ovenfor. Det fremgår, at som gennemsnit af demonstrationerne var der en kvælstofoptagelse i mellemafgrøderne, sået hhv. to og fire uger før høst, på 17 og 21 kg N ha⁻¹. Jordens N_{min} under den efterfølgende vinterhvede i november blev reduceret 7-8 kg N ha⁻¹ med mellemafgrøder. Det blev konkluderet, at høsttidspunktet generelt var afgørende for udviklingen af mellemafgrøder, og at disse havde optaget 37-51 kg N ha⁻¹, hvor høsttidspunktet lå før 10. august.

Etablering af efterafgrøder i eksisterende afgrøder er testet i udenlandske forsøg, bl.a. i USA (Moyer & Blackshaw, 2009; Kaspar et al., 2012). De udsåede afgrøder er blevet testet som efterafgrøder, dvs. de har vokset gennem efterår og vinter og er blevet efterfulgt af en vårsædsafgrøde. Ingen af forsøgene har derfor været afprøvet inden for de rammer, der er givet for mellemafgrøder i Danmark, hvor jorden alene ønskes bevokset mellem to vintersædsafgrøder. De amerikanske forsøg er desuden gennemført under forhold, der afviger meget fra danske forhold. Der er således ikke basis for en direkte sammenligning.

6. Diskussion

Som det vurderes i Thomsen et al. (2008), kan sikre konklusioner om effekt af mellem-afgrøder kun drages efter flere års registreringer. Det antal forsøg, der beskrives i nærværende evaluering, må betragtes som værende i underkanten for en egentlig vurdering af mellem- og efterafgrøder. Det gælder ikke mindst fordi, de vejrmæssige betingelser i forsøgsårene har været meget forskellige og afvigende fra gennemsnittet. Som det fremgår af Bilag 1, var nedbørsmængden i juli 2007 meget høj, mens nedbøren i august samme år lå omkring normalen. I 2008, 2010 og 2011 var der især store nedbørsmængder i august (Bilag 1), hvilket har stor indflydelse på hovedafgrødernes høsttidspunkt. Olesen et al. (2006) angiver, at et varmere klima vil føre til tidligere høst, men vurderer samtidigt, at vådere efterår kan føre til ringere mulighed for sent modnende afgrøder. Vækstforholdene i årene i pilotperioden synes især at være præget af problematiske høstforhold på grund af megen regn.

Spirings- og vækstbetingelserne for olieræddike og gul sennep, sået ved udstrøning i en voksende afgrøde i juli, anses for at være mindre ideelle end en egentlig såning, hvor frøene placeres i jorden og ikke på jordoverfladen. Rigelige nedbørsmængder i juli og august må forventes at fremme spiringsbetingelserne for udstrøede frø, men effekten af store nedbørsmængder i august har især vist sig via høsttidspunktet for hovedafgrøden. Til trods for at olieræddike som mellemafgrøde skal sås før høst, viser erfaringerne fra de senere års forsøg, at planterne kun vokser sparsomt, indtil hovedafgrøden høstes (Figur 9). Dette er en egenskab, som medvirker til at gøre olieræddike velegnet til udspredding før høst, men betyder samtidigt, at olieræddike er sårbar over for sen høst af hovedafgrøden. Et eksempel på betydningen af at fjerne hovedafgrøden på et tidligt tidspunkt er vist i Figur 10.



Figur 9. Olieræddike udstrøet i vårbyg 1. august 2011 ved Foulum og fotograferet 21. august. Olieræddike vokser sædvanligvis kun sparsomt, indtil hovedafgrøden er høstet. Foto: Elly Møller Hansen, Aarhus Universitet.



Figur 10. Olieræddike som mellemafgrøde udstrøet 28. juli 2010 og fotograferet 28. september. Hovedafgrøden (vårbyg) blev høstet 27. august. Afgrøden på arealet mellem parcellerne (f.eks. i forgrunden af billedet) blev fjernet 27. juli umiddelbart før såning af olieræddike. Det fremgår, at olieræddiken har vokset kraftigt ved tidlig fjernelse af hovedafgrøden. Foto: David Croft, Aarhus Universitet.

Fremspiringen af korsblomstrede mellemafgrøder har været meget varierende i de forsøg, hvor olieræddike har været sået som enten mellem- eller efterafgrøde. Eksempler fra 2009 på samme lokalitet, men i forskellige forsøg fremgår af Figur 11 og 12.



Figur 11. I midten af billedet en parcel med olieræddike udstrøet 7. august 2009 i vårbyg ved Foulum. Byggen blev høstet 14. august. Fotograferet 7. september 2009. Alle fire parceller med denne behandling viste ensartet etablering af olieræddike. Foto: Elly Møller Hansen, Aarhus Universitet.



Figur 12. Fire parceller med olieræddike udstrøet 28. juli 2009 i vinterhvede ved Foulum. Vinterhveden blev høstet 14. august. Fotograferet 29. september. Fremspiringen af olieræddike i de fire gentagelser var meget uensartet. Foto: David Croft, Aarhus Universitet.

I en spørgeskemaundersøgelse vedr. mellemafgrøder i praksis blev fremspiringen vurderet til at være ringe i en fjerdedel af markerne, og den primære årsag er angivet til at være sen høst eller dårlig spredning (Østergaard, 2011b). Snegle vurderes ligeledes at kunne reducere biomasseproduktionen.

CN-SIM modelberegningerne i Thomsen et al. (2008) var baseret på forsøgsresultater fra 2007, hvor høsten havde fundet sted 6. og 11. august, og hvor der havde været en

gennemsnitlig kvælstofoptagelse på 34 kg N ha⁻¹ i mellemafgrøden. C:N forholdet blev antaget at ligge på 15. I de efterfølgende forsøg har C:N i mellemafgrøder vist sig at ligge lidt over det forventede, mens kvælstofoptagelsen generelt har været lavere end antaget i Thomsen et al. (2008). En genberegning af nitratudvaskningsreduktionen af mellemafgrøder må derfor forventes at kunne give en ændret værdi. Det skal her understreges, at beregningen for nitratudvaskningsreduktionen for mellemafgrøder i Thomsen et al. (2008) er baseret på et spinkelt grundlag. Ligeledes er det vigtigt at fremhæve, at effekten af efterafgrøder ikke på tilsvarende vis er beregnet, men er sat til en fast værdi. Da efterafgrøder i lighed med mellemafgrøder kan udstrøs før høst, vil de fleste af de faktorer, der har betydning for mellemafgrøders etablering og vækst, også påvirke efterafgrødernes etablering og vækst og dermed deres evne til reducere udvaskningen. Sen høst vil også påvirke vækstperioden for ikke mindst korsblomstrede efterafgrøder sået efter høst, men her vil et høsttidspunkt, der umuliggør såning inden 20. august, bevirke, at der i fremtiden formentlig skal anvendes andre virkemidler end efterafgrøder (Anonym, 2012b).

Målinger af N_{min} i jord giver en indikation af risikoen for nitratudvaskning, men skal betragtes som øjeblikbilleder. I de indledende markforsøg ved Dybvad og Foulum i 2007-2009 var N_{min} i både september og november signifikant mindre ved anvendelse af mellemafgrøder, hvor disse havde udviklet sig godt. Derimod betød mellemafgrøder i det foregående år ingen forskel på N_{min} om foråret i disse forsøg.

I forsøgene ved Flakkebjerg og Foulum i 2009-2011 havde en mellemafgrøde ingen indflydelse på N_{min} hverken efterår eller forår, hvilket delvist kan relateres til den ringe udvikling af mellemafgrøder i disse år. I visse tilfælde var der dog så stor variation i de målte N_{min}-værdier i forskellige gentagelser, at selv relativt store forskelle ikke var signifikante. Dette var f.eks. tilfældet ved Flakkebjerg i efteråret 2010 (Tabel 7), hvor en forskel på 21 kg N ha⁻¹ ikke var signifikant. I efteråret 2009 var der ved Flakkebjerg generelt et lavt N_{min}-indhold i jorden på 35 kg N ha⁻¹ (Tabel 7). Det kunne derfor ikke forventes, at mellemafgrøden ville optage store mængder N til trods for at mellemafgrøden dette år var ensartet etableret (Figur 13).



Figur 13. I midten af billedet en parcel med olieræddike udstrøet 7. juli 2009 i vinterhvede ved Flakkebjerg. Vinterhveden blev høstet 6. august. Fotograferet 5. oktober 2009. Alle fire parceller med denne behandling viste ensartet etablering af olieræddike.

Foto: Karen B. Heinager, Aarhus Universitet.

De direkte målinger af nitratudvaskning ved Foulum og Flakkebjerg (2009-2011) viste, at mellemafgrøder reducerede nitratudvaskningen med 9 kg N ha^{-1} ved Foulum, hvorimod der ikke var effekt af mellemafgrøder ved Flakkebjerg. Igen skal det understreges, at der ikke var tilsvarende målinger for efterafgrøder, hvorfor effekten af sådanne ikke kan sammenlignes direkte med mellemafgrøder. I lysimeterforsøget (2009-2011) var der store variationer i udvaskningsreducerende effekt af både efter- og mellemafgrøder, men generelt tydede resultaterne på, at mellemafgrødernes effekt på nitratudvaskningen var ca. halvt så stor som efterafgrødernes effekt. Denne forskel bør dog tages med forbehold, idet den er udledt af gennemsnit uden hensyn til, at forskellene ikke har været signifikant forskellige.

7. Konklusion

De vejrmæssige forhold i pilotperioden med store nedbørsmængder i juli og august har betydet sen høst og generelt ikke-optimale forhold for vækst af efter- og mellemafgrøder. Det er vores opfattelse, at en sådan forsinkelse af høsttidspunktet vil mindske den udvaskningsreducerende effekt af *både* efter- og mellemafgrøder. Sen høst formodes således at kunne reducere effekten af især korsblomstrede efterafgrøder til under det niveau, som forudsættes i forhold til gældende regler. Baseret på de relativt få forsøg, der er gennemført, er der ikke fundet grundlag for at ændre forholdet mellem efter- og mellemafgrøder, men forholdet har på den anden side heller ikke kunnet verificeres. Der er således ikke fundet grundlag for at ændre det forhold, der betyder, at 2 ha mellemafgrøder kan erstatte 1 ha efterafgrøder.

8. Finansiering

Forsøgene beskrevet i Afsnit 4.1 og 4.3 er finansieret dels af Videncentret for Landbrug dels af Fødevarerministeriet via aftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening. Forsøgene i 4.2, 4.4 og 4.5 er alene finansieret af Fødevarerministeriet.

Referencer

Anonym 2009. Fødevarerministeriet gennemfører Grøn Vækst.

[http://1.naturerhverv.fvm.dk/nyhedsvisning.aspx?ID=9992&PID=134044&year=''+thisYear+'&NewsID=10352](http://1.naturerhverv.fvm.dk/nyhedsvisning.aspx?ID=9992&PID=134044&year=) Tilgængelig 29. januar 2013.

Anonym 2012a. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2012 til 31. juli 2013. Revideret september 2012. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. NaturErhvervstyrelsen.

Anonym, 2012b. Udkast til forslag til lov om ændring af lov om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække (Regulering af kvælstofkvoten og indberetning af efterafgrøder).

<https://bdkv2.borger.dk/Lovgivning/Hoeringsportalen/Sider/Fakta.aspx?hpid=2146004016> Tilgængelig 29. januar 2013.

Hansen, E.M., Melander, B., Munkholm, L.J. 2010. Fastliggende forsøg med reduceret jordbearbejdning ved Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. I: Pedersen, J.B. (ed.), Oversigt over Landsforsøgene 2010. Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion, Skejby.

Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E., Svendsen, H. 1990. DAISY – soil plant atmosphere system model. NPo forskning fra Miljøstyrelsen. A10, Miljøministeriet, Copenhagen.

Kaspar, T.C., Jaynes, D.B., Parkin, T.B., Moorman, T.B., Singer J.W. 2012. Effectiveness of oat and rye cover crops in reducing nitrate losses in drainage water. *Agricultural Water Management* 110, 25-33.

Melander, B., Hansen, E.M., Munkholm, L.J. 2012. Reduceret jordbearbejdning. I: Pedersen, J.B. (ed.), Oversigt over Landsforsøgene 2012. Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion, Skejby.

Moyer, J.R., Blackshaw, R.E. 2009. Fall-seeded cover crops after dry bean and potato in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* 89, 133-139.

Olesen, J.E., Heidmann, T. 2002. EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen. Version 1.01.

<http://www.agrsci.dk/var/agrsci/storage/original/application/f64799a66b605adcb819661926306caf.pdf> Tilgængelig 29. januar 2013.

- Olesen, J.E., Jacobsen, B.H., Thorup-Kristensen, K., Andersson, N., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Hansen, L.M., Nielsen, B.L., Boelt, B. 2006. Tilpasning til klimaændringer i landbrug og havebrug. DJF rapport Markbrug nr. 128.
- Petersen, B.M., Berntsen, J., Hansen, S., Jensen, L.S. 2005a. CN-SIM – a model for the turnover of soil organic matter. I: Long term carbon development. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 359-374.
- Petersen, B.M., Jensen, L.S., Berntsen, B., Hansen, S., Pedersen, A., Henriksen, T.M., Sørensen, P., Trinsoutrot-Gattin, I. 2005b. CN-SIM – a model for the turnover of soil organic matter. II: Short term carbon and nitrogen development. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 375-393.
- Thomsen, I.K., Petersen, B.M., Jacobsen, B., Kudsk, P., Hansen, E.M. 2008. Dyrkning og effektivitet af mellemafgrøder – foreløbige resultater. Udredning til Fødevarerministeriet 29. april (2008). Intern rapport, DJF Markbrug nr. 17.
- Østergaard, H.S. 2009. Gødskning. I: Pedersen, J.B. (ed.), *Oversigt over Landsforsøgene 2009. Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion, Skejby.*
- Østergaard, H.S. 2010. Gødskning. I: Pedersen, J.B. (ed.), *Oversigt over Landsforsøgene 2010. Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion, Skejby.*
- Østergaard, H.S. 2011a. Gødskning. I: Pedersen, J.B. (ed.), *Oversigt over Landsforsøgene 2011. Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Landbrug, Skejby.*
- Østergaard, H.S., 2011b. Undersøgelser af etablering af mellem- og efterafgrøder i 2011. *Planteavlsoverretning 065. Videncentret for Landbrug, Skejby, Århus.*
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/pl_p_o_11_065.aspx Tilgængelig 29. januar 2013 (kræver adgangskode).

Bilag 1. Nedbørsmængder i juli-oktober 2007-2012, samt normal nedbør 1961-1990.Fra DMI's vejrkort: http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/maanedens_vejr_-_oversigt.htm

| | Normal | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--------------------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | (mm) | | | | | | |
| Juli | | | | | | | |
| Nordjylland | 64 | 129 | 58 | 96 | 71 | 110 | 89 |
| Midt- og Vestjylland | 66 | 116 | 68 | 83 | 83 | 89 | 100 |
| Østjylland | 66 | 109 | 47 | 99 | 79 | 102 | 85 |
| Syd- og Sønderjylland | 72 | 146 | 57 | 98 | 81 | 118 | 110 |
| Fyn | 61 | 123 | 47 | 79 | 48 | 122 | 99 |
| Vest- og Sydsj./Lolland-Falster | 62 | 118 | 43 | 71 | 45 | 133 | 74 |
| København og Nordsjælland | 67 | 170 | 48 | 60 | 56 | 140 | 63 |
| Bornholm | 53 | 136 | 49 | 66 | 59 | 181 | 88 |
| <i>Landstal</i> | <i>66</i> | <i>126</i> | <i>54</i> | <i>86</i> | <i>69</i> | <i>113</i> | <i>91</i> |
| August | | | | | | | |
| Nordjylland | 66 | 54 | 146 | 88 | 88 | 81 | 68 |
| Midt- og Vestjylland | 73 | 52 | 133 | 97 | 119 | 115 | 80 |
| Østjylland | 64 | 55 | 158 | 70 | 130 | 119 | 83 |
| Syd- og Sønderjylland | 78 | 72 | 180 | 80 | 139 | 180 | 96 |
| Fyn | 60 | 69 | 135 | 41 | 97 | 153 | 51 |
| Vest- og Sydsj./Lolland-Falster | 59 | 65 | 124 | 28 | 133 | 158 | 35 |
| København og Nordsjælland | 63 | 65 | 136 | 39 | 178 | 129 | 33 |
| Bornholm | 53 | 37 | 128 | 17 | 132 | 131 | 47 |
| <i>Landstal</i> | <i>67</i> | <i>60</i> | <i>146</i> | <i>68</i> | <i>124</i> | <i>132</i> | <i>69</i> |
| September | | | | | | | |
| Nordjylland | 71 | 95 | 64 | 39 | 50 | 95 | 89 |
| Midt- og Vestjylland | 86 | 96 | 90 | 56 | 77 | 134 | 129 |
| Østjylland | 70 | 91 | 58 | 43 | 73 | 88 | 100 |
| Syd- og Sønderjylland | 86 | 86 | 95 | 73 | 101 | 108 | 119 |
| Fyn | 59 | 67 | 47 | 35 | 76 | 74 | 64 |
| Vest- og Sydsjælland/Lolland-Falster | 56 | 69 | 31 | 22 | 65 | 54 | 62 |
| København og Nordsjælland | 60 | 78 | 29 | 28 | 57 | 57 | 63 |
| Bornholm | 61 | 64 | 79 | 31 | 52 | 47 | 42 |
| <i>Landstal</i> | <i>73</i> | <i>85</i> | <i>65</i> | <i>45</i> | <i>73</i> | <i>92</i> | <i>95</i> |
| Oktober | | | | | | | |
| Nordjylland | 75 | 19 | 88 | 72 | 88 | 69 | 78 |
| Midt- og Vestjylland | 93 | 40 | 155 | 95 | 107 | 76 | 132 |
| Østjylland | 74 | 33 | 84 | 77 | 80 | 56 | 88 |
| Syd- og Sønderjylland | 95 | 39 | 153 | 96 | 101 | 76 | 126 |
| Fyn | 61 | 25 | 78 | 71 | 69 | 50 | 66 |
| Vest- og Sydsjælland/Lolland-Falster | 52 | 31 | 68 | 58 | 60 | 44 | 58 |
| København og Nordsjælland | 55 | 38 | 80 | 67 | 70 | 45 | 64 |
| Bornholm | 59 | 18 | 145 | 57 | 63 | 36 | 62 |
| <i>Landstal</i> | <i>76</i> | <i>33</i> | <i>108</i> | <i>79</i> | <i>85</i> | <i>61</i> | <i>93</i> |

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevarerforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

Etablering af mellemafgrøder blev i 2010 tilføjet som et alternativ til udlægning af lovpligtige efterafgrøder i gødskningsbekendtgørelsen. Det blev i den forbindelse besluttet, at effekten af mellemafgrøder skulle evalueres i løbet af et par vækstsæsoner. Grunden var, at man ønskede en mere sikker vurdering af den kvælstofreducerende effekt af mellemafgrøderne i forhold til efterafgrøder. NaturErhvervstyrelsen har derfor anmodet DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug om at foretage en sådan evaluering, der findes samlet i nærværende rapport.