

Udbytter i efterafgrøder med fokus på produktion af biogas

På baggrund af resultater af forsøg med forskellige arter og sorter af efterafgrøder angives forventede tørstofudbytter og askeindhold ved forskellig kvælstofgødskning. Metanpotentialet er undersøgt, men kun i begrænset omfang.

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

Indhold

- [Tidligere undersøgelser af udbytte og gødningseffekt i efterafgrøder](#)
 - [Udbytte og effekt af gødskning i rajgræs som efterafgrøde](#)
 - [Udbytte og effekt af gødskning i korsblomstrede arter som efterafgrøde](#)
- [Forsøg med korsblomstrede efterafgrøder i 2010 og 2011](#)
 - [Forsøg med sorter af olieræddike og gul sennep](#)
 - [Forsøg med sammenligning af arter af mellem- og efterafgrøder](#)
 - [Forsøg med udsædsmængder](#)
 - [Forsøg med efterafgrøder til biogas](#)
- [Konklusion](#)
- [Kilder](#)

Resume

Resultaterne af et stort antal forsøg med arter af sorter af efterafgrøder viser, at:

- Udbytterne varierer mellem år og mellem lokaliteter.
- Udbyttet af efterafgrøder kan øges væsentligt ved gødskning med kvælstof.
- Udsædsmængde i olieræddike synes ikke at have den store betydning for udbyttet, så længe den er indenfor rimelige grænser.
- En fornuftig miljømæssig anvendelse af gødskning i efterafgrøder for at øge biomasseproduktionen forudsætter, at efterafgrøder kan dyrkes med betydelig dyrkningsikkerhed. Hvis der kan etableres en efterafgrøde med stort udbytte, synes det til gengæld muligt at høste den tilførte mængde næringsstoffer i den overjordiske del af afgrøden. Hertil kommer, at stub og rødder på efterafgrøder vil binde en mængde næringsstoffer indtil mineralisering og udnyttelse i en efterfølgende afgrøde.
- Askeindholdet i efterafgrøder er betydeligt og udgør i visse tilfælde over 20 % af tørstofindholdet. Askeindholdet er formodentlig lidt højere i olieræddike end i rajgræs og gul sennep.
- Metanpotentialet i efterafgrøder er kun undersøgt i begrænset omfang, og der er ret store forskelle mellem forskellige estimater. Metanpotentialet synes generelt at være lavere i olieræddike end i italiensk rajgræs.
- Med antagelse om metanpotentiale i efterafgrøder i intervallet 200-350 Nm³ metan pr. ton organisk tørstof og et askeindhold på 15 pct. vil der potentielt kunne opnås metanudbytter på 170-298 Nm³ metan pr. ton tørstof i efterafgrøder. Dvs. ved tørstofudbytter på 3 tons pr. ha vil metanudbyttet være i størrelsesordenen 500-900 m³ metan pr. ha. I praksis vil det reelle metanudbytte af en given biomasse dog afhænge af bl.a. opholdstiden i biogasanlægget.

Efterafgrøder dyrkes i stigende omfang og primært for at reducere udvaskningen af næringsstoffer til vandmiljøet. Fokus i denne artikel er, hvor meget biomasse der produceres, og om den producerede biomasse i efterafgrøderne kan udnyttes til biogasproduktion.

Ved anvendelse af efterafgrøder til biogasproduktion er både udbyttet pr. ha og kvaliteten i det høstede udbytte af betydning. En væsentlig kvalitetsparameter for biomasse til biogasproduktion er metanpotentialet, dvs. den mængde metan der potentielt kan udvindes af det organiske tørstof. Da det kun er den organiske del af tørstoffet, der bidrager til energiproduktionen, er askeindholdet af betydning.

En anden vigtig kvalitetsparameter er tørstofprocenten i den høstede biomasse. [Tørstofprocenten](#) påvirker høst- og transportomkostningerne samt omkostningerne til udbringning af biogasyggle. Ved lave tørstofprocenter kan der endvidere ske saftafløb fra biomassen.

I en anden artikel er der gennemført en [udredning](#) af økonomien ved anvendelse af efterafgrøder til produktion af biogas.

[Til top](#)

Tidligere undersøgelser af udbytte og gødningseffekt i efterafgrøder

Der er tidligere gennemført mange undersøgelser med dyrkning af efterafgrøder, dels til biomasseproduktion med henblik på anvendelse til foder, dels til reduktion af kvælstofudvaskning via afgrødens kvælstofoptagelse og dels til opnåelse af eftervirkning. Hansen et al. (2000) har sammenfattet en lang række danske forsøg vedr. efterafgrøder. Hovedkonklusionerne vedr. udbyttene og effekten af gødskning af efterafgrøder er opsummeret nedenfor for græsarterne alm. og italiensk rajgræs samt de korsblomstrede arter, der oftest anvendes som efterafgrøde.

[Til top](#)

Udbytte og effekt af gødskning i rajgræs som efterafgrøde

Græsarter som alm. og italiensk rajgræs er især velegnede som efterafgrøde udlagt om foråret i korn. Forsøg med gødskning af **italiensk rajgræs** om efteråret har vist tørstofudbytter på 0,7 ton pr. ha uden gødning og op til 1,8 ton pr. ha ved 120 kg N pr. ha, svarende til en kvælstofoptagelse på 13 til 58 kg N pr. ha. I et andet forsøg med gødskning med 150 kg N pr. ha midt i juli måned opnåedes tørstofudbytte på 4,5 ton pr. ha og en kvælstofoptagelse på 150 kg N pr. ha. Det store udbytte antages at skyldes den forholdsvis lange vækstperiode. For **alm. rajgræs** har forsøg vist en overjordisk tørstofproduktion fra 0,3 til 2,5 ton pr. ha uden gødskning og en gennemsnitlig kvælstofoptagelse i den overjordiske del på mellem 7 og 38 kg N pr. ha. Generelt er der i forsøgene ringe forskel i tørstofproduktion og kvælstofoptagelse mellem alm. og italiensk rajgræs. Italiensk rajgræs kan pga. kraftig vækst konkurrere for meget med hovedafgrøden, mens middeltidlig eller sildig alm. rajgræs kun konkurrerer ringe med hovedafgrøden.

Hansen et al. (2000) vurderer, at en ringe biomasseproduktion af efterafgrøder udlagt i dæksæd om foråret kan skyldes følgende:

- Dårlig etablering af efterafgrøden
- Sen høst af hovedafgrøden og dermed kort vækstperiode for efterafgrøden
- Utilstrækkelig regn og køligt vejr efter høst
- Utilstrækkeligt med let tilgængeligt kvælstof i jorden i efterårsperioden

Hvis det er tilgængeligheden af kvælstof i jorden, der begrænser efterafgrødernes biomasseproduktion, så bør gødskning af efterafgrøderne kunne øge produktionen. Forsøg har generelt vist, at gødskning af græsarter som efterafgrøder med 30-50 kg N pr. ha efter høst af hovedafgrøden har øget både tørstofudbytte og kvælstofoptagelsen. Meroptagelsen af kvælstof ved gødskning svarer dog ikke til den tilførte mængde kvælstof, hvorfor gødskningen kan øge udvaskningen af kvælstof på kort eller lang sigt. Hansen et al. (2000) konkluderer derfor, at hvis hensigten med efterafgrøder er at mindske nitratkoncentrationen i jordvæsken, bør der ikke gødskes med kvælstof, men hvis efterafgrøden ønskes udnyttet til foder, kan der tilføres gødning. Endvidere nævnes det, at en veletableret og gødsket efterafgrøde af alm. rajgræs har vist sig i stand til at kunne reducere nitratudvaskningen til samme niveau som en tilsvarende ugødsket efterafgrøde og til et betydeligt lavere niveau end for ubevokset jord.

[Til top](#)

Udbytte og effekt af gødskning i korsblomstrede arter som efterafgrøde

Korsblomstrede arter har en hurtig udvikling ved tidlig såning og etableres typisk efter høst eller kort før høst af korn. Forsøg med hovedsagelig gul sennep sået før ca. 20. august og gødsket med 30-70 kg N pr. ha har vist en tørstofproduktion fra 1,2 til 2,5 ton pr. ha svarende til en kvælstofoptagelse mellem 27 og 70 kg N pr. ha. Der er dog også eksempler på tørstofudbytter på kun 0,7 ton pr. ha i ikke gødsket gul sennep sået ca. 15. august. I forsøg, hvor gul sennep blev sået efter ca. 20. august, varierede tørstofudbytterne mellem 0,3 og 0,7 ton pr. ha og en kvælstofoptagelse på mellem 16 og 30 kg N pr. ha. I to af forsøgene var tørstofudbyttet dog 1,2 hhv. 1,7 ton pr. ha ved gødskning med 40 kg N pr. ha til efterafgrøden.

I en serie forsøg gennem 7 år og på 5 lokaliteter varierede tørstofudbyttet af gul sennep uden gødskning mellem 0 og 1,6 ton pr. ha med et gennemsnit på 0,7 ton pr. ha i de forsøg, hvor der var tilstrækkelig mængde efterafgrøde til at høste dem.

Den store variation i tørstofudbytte og kvælstofoptagelse antages af Hansen et al. (2000) at skyldes forskelle i vejrforholdene og forskelle i mængden af tilgængeligt kvælstof i jorden, hvad enten det stammer fra kvælstofmineralisering eller gødskning af efterafgrøden.

I de fleste forsøg med korsblomstrede efterafgrøder er der tilført kvælstof for at fremme udviklingen, oftest 30-40 kg N pr. ha, men det har sjældent medført en tilsvarende meroptagelse af kvælstof. Kvælstofindholdet i efterafgrøderne varierede i øvrigt afhængig af udbytniveau fra 2,3-3,7 pct. N i tørstof ved højt udbytte til 4,3-5,3 pct. N ved lavt udbytte.

I forsøg med gødskning af vinterraps om efteråret var kvælstofoptagelsen 33, 48 og 58 kg N pr. ha, når gødningsmængden var henholdsvis 0, 30 og 60 kg N pr. ha, men tørstofudbyttet var 1,3-1,4 ton pr. ha uanset gødningsmængden.

I en forsøgsserie med fodermarvkål, gul sennep og foderrybs tilført 100 kg N pr. ha opnåedes gennemsnitlige tørstofudbytter på hhv. 1,0, 2,0 og 1,6 ton pr. ha og en kvælstofoptagelse på hhv. 37, 70 og 54 kg N pr. ha.

[Til top](#)

Forsøg med korsblomstrede efterafgrøder i 2010 og 2011

Forsøg med sorter af olieræddike og gul sennep

I 2010 og 2011 er gennemført landsforsøg med forskellige sorter af korsblomstrede efterafgrøder sået før og efter høst af vinterbyg. I forsøgene er sammenlignet tørstofproduktion, kvælstofoptagelse og påvirkning af N-min. Produktion og kvælstofoptagelse i efterafgrøderne i november er vist i tabel 1. Resultaterne af N-min målingerne og forskellene mellem sorterne er vist i [Oversigt over Landsforsøgene 2011](#) på side 229-232.

Tabel 1. Resultater af forsøg med sorter og arter af korsblomstrede afgrøder anvendt som efterafgrøde i 2010 og 2011. I 2010 er efterafgrøderne sået både før og efter høst af dæksæden. I 2011 er efterafgrøderne så efter høst af dæksæden. I tabellen er vist gennemsnit af de afprøvede sorter. Målingerne er gennemført i november.

Efterafgrøde	Forsøg nr.	Sødbygn. JB	Lokalitet	Antal sorter	Dato for høst af dæksæd	Sådato	Hkg tørstof pr. ha	Hkg organisk stof pr. ha	Pct. tørstof	Pct. råaske	Kvælstofoptagelse i overjordiske planedele
Målinger i november											
2010. 1.forsøg											
Olieræddike	1	5	VJ	17	27. juli	16. juli ¹⁾	22,4	-	12,2	-	57
Gul sennep				7			26,9	-	17,5	-	63
2010. 2.forsøg											
Olieræddike	1	5	VJ	17	27. juli	6. august ²⁾	13,5	11,3	11,4	16,2	45
Gul sennep				7			16,0	13,9	14,8	13,1	42
2010. 3.forsøg											
Olieræddike	2	5	VJ	6	27. juli	9. august ²⁾	10,7	9,2	10,6	14,1	34
Gul sennep				5			14,7	12,7	11,5	13,9	46
2011. 1.forsøg											
Olieræddike	3	4	VJ	15	21. juli	10. august ²⁾	7,6	6,2	13,5	18,7	21
Gul sennep				5			11,8	10,2	18,4	13,2	24
2011. 2.forsøg											
Olieræddike	4 og 5	3 og 6	VJ og ØJ	1	4. og 17. aug.	7. og 18. aug. ²⁾	11,2	8,7	12,2	20,8	42
Gul sennep				1			7,0	5,7	12,8	20,0	26

¹⁾ Før høst af dæksæd

²⁾ Efter høst af dæksæd

Tørstofudbyttet i olieræddike sået i august måned har varieret fra 7,6 til 13,5 hkg pr. ha og tørstofudbytterne i gul sennep har varieret fra 7,0 til 16,0 hkg pr. ha. Betydningen af såtidspunkt fremgår tydeligt i forsøg nr. 1 i tabellen: Ved at fremrykke såtidspunktet fra d. 6. august til d. 16. juli er tørstofudbyttet forøget fra 13,5 til 22,4 hkg pr. ha i olieræddike og fra 16,0 til 26,9 hkg pr. ha i gul sennep. Kvælstofoptagelsen i de overjordiske dele af efterafgrøderne er tilsvarende forøget med ca. 15 kg N pr. ha. Betydningen af såtidspunkt for udbyttet i efterafgrøder er også behandlet i artiklen ["Er biomasseudbytte i efterafgrøder en potentiel ressource til biogasproduktion?"](#).

Af tabel 1 fremgår, at tørstofprocenten har været højere i gul sennep end i olieræddike, mens det modsatte har været tilfældet med indholdet af råaske. Udbyttet af organisk stof har i næsten alle tilfælde været større i gul sennep end i olieræddike.

[Til top](#)

Forsøg med sammenligning af arter af mellem- og efterafgrøder

Der blev i 2010 anlagt tre forsøg, hvor forskellige arter, anvendt som mellem- og efterafgrøder, er sammenlignet. To af de anlagte forsøg blev kasseret på grund af ringe fremspiring af mellemafgrøderne. Anvendelsen som mellemafgrøder er belyst ved målinger sidst i september, og anvendelse som efterafgrøder er belyst ved målinger i november. I forsøgene er kvælstofoptagelsen i de forskellige arter og effekten på N-min og udbytte i den efterfølgende afgrøde undersøgt. Forsøgene blev anlagt i vinterhvede, og der blev etableret en forårssået afgrøde til høst 2011. Ved høst 2010 blev plantebestand, plantehøjde og procent dækning bestemt ved høst.

I tabel 2 er vist resultaterne af udbytnemålinger gennemført i september og november i et enkelt af de tre forsøg. I de to andre forsøg blev

målingerne ikke gennemført på grund af den store nedbørsmængde og ringe fremspiring i efteråret 2010. Resultaterne af N-min målinger samt eftervirkningen i vårbygafgrøden til høst 2011 er vist i [Oversigt over Landsforsøgene 2011](#) på side 232-233.

Det største overjordiske tørstofudbytte i september blev opnået i alm. rajgræs, som dog kun var 5,2 hkg pr. ha. Ved målingerne i november blev det højeste tørstofudbytte målt gul sennep og olierræddike. Cikorie gav det mindste overjordiske tørstofudbytte i både september og november. Alm. rajgræs havde den højeste tørstofprocent i september, mens den højeste tørstofprocent i november blev målt i cikorie og vinterrug. Tørstofprocenten var højere i gul sennep end i olierræddike i både september og november. Indholdet af råaske var meget højt i blandingen af olierræddike og havre i både september og november. I september havde alm. rajgræs det mindste indhold af råaske, mens det i november var mindst i gul sennep. Olierræddike havde et højere indhold af råaske end gul sennep. I september blev det højeste indhold af organisk stof opnået i alm. rajgræs, mens det i november blev opnået i gul sennep og olierræddike. Udbyttet af organisk stof var større i gul sennep end i olierræddike.

Tabel 2. Mellem- og efterafgrøder, sammenligning af forskellige arter. Resultater af målinger og registreringer i 2010 i et forsøg beliggende på JB 7 på Falster.

Forsøgsbehandling	Slåtidspunkt 2010	Tørstof i efterafgrøde efterår 2010, hkg pr ha		Organisk stof i efterafgrøde efterår 2010, hkg pr ha		Pct. tørstof i efterafgrøde efterår 2010,		Pct. råaske i efterafgrøde efterår 2010,		Kvælstofoptagelse i efterafgrøde efterår 2010,	
		Sept.	Nov.	Sept.	Nov.	Sept.	Nov.	Sept.	Nov.	Sept.	Nov.
<i>I forsøg</i>											
Ingen efterafgrøde	-	1,0	2,8	0,84	2,28	19,1	16,5	13,8	18,7	3	9
Alm. rajgræs	Febr	5,2	4,2	4,82	3,59	21,5	17,8	11,2	18,8	11	12
8 kg cikorie	Febr	13,9	2,0	1,12	1,51	18,8	19,2	16,3	25,4	4	6
15 kg olierræddike	4 uger før høst	3,7	14,3	2,09	11,45	11,7	12,0	22,3	19,8	11	67
10 kg gul sennep	4 uger før høst	2,8	19,8	2,33	17,12	14,6	16,6	18,1	13,3	11	59
100 kg vinterrug	Lige efter høst	1,8	2,6	1,36	2,06	18,8	19,3	22,3	21,2	6	9
100 kg havre	Lige efter høst	1,8	3,1	1,35	2,39	17,9	14,7	22,9	22,3	7	14
50 kg havre + 8 kg olierræddike	Lige efter høst	2,4	7,9	1,70	5,67	13,9	12,3	27,9	28,0	9	33

¹⁾ Skala 0-10, hvor 0 = ingen plantebestand.

I september er målt en lille kvælstofoptagelse i alle efterafgrøderne. I november har de korsblomstrede efterafgrøder optaget de største kvælstofmængder i den overjordiske biomasse.

[Til top](#)

Forsøg med udsædsmængder

I tre forsøg i 2010 og 2011 er betydningen af udsædsmængden for miljøeffekten af olierræddike som mellemafgrøde og efterafgrøde undersøgt. Udsædsmængderne har varieret fra 8 til 20 kg pr. ha, og forsøgene er anlagt i efteråret 2010 og 2011.

De opnåede resultater, hvor olierræddike er anvendt som mellemafgrøde, er vist i tabel 3. Betingelserne for mellem- og efterafgrøderne i forsøgene har været betydeligt bedre i 2011 end i 2010, hvilket afspejles i kvælstofoptagelsen. Hverken tørstofproduktion eller kvælstofoptagelse i olierræddike har været påvirket af udsædsmængden. Resultater af N-min målinger samt registreringer af plantedække er vist i [Oversigt over Landsforsøgene 2011](#) på side 233-234.

Tabel 3. Udsædsmængder i olierræddike anvendt som mellemafgrøde, sået to uger før høst og høstet i september 2010 og i 2011.

Udsædsmængde pr. ha	Efterafgrøde	Ca. 25. september			Ca. 25. september			Ca. 25. september			Ca. 25. september			Ca. 25. september		
		Tørstof i olierræddike, hkg pr. ha			Organisk stof i olierræddike, hkg pr. ha			Pct. tørstof i olierræddike			Pct. råaske i olierræddike			Kvælstof i olierræddike, kg N pr. ha		
		2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.
<i>Ansøtsforsøg</i>																
-	Ingen efterafgrøde	0,8	-	-	0,7	-	-	19,1	-	-	14,6	-	-	2	5	4
8 kg	Olierræddike ¹⁾	3,4	9,2	6,3	2,7	7,5	5,1	11,4	11,8	11,6	19,7	18,3	19,1	13	24	18
12 kg	Olierræddike ¹⁾	1,7	7,5	4,6	1,4	6,0	3,7	10,6	10,9	10,8	19,8	19,2	19,4	12	24	18
16 kg	Olierræddike ¹⁾	4,3	7,2	6,0	3,5	6,3	4,9	11,6	11,2	11,4	19,1	18,4	18,8	12	22	19
20 kg	Olierræddike ¹⁾	4,8	8,2	6,5	3,8	6,7	5,2	10,8	11,8	11,3	20,2	17,8	19,0	18	22	20
8 kg	Gul sennep ²⁾	4,3	5,2	4,7	3,6	4,4	4,0	13,8	12,9	13,4	16,4	16,2	16,3	16	15	16
SD0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾ 2010: Rufus 2011: Sibetina.

²⁾ 2010: Valant 2011: Passion.

De opnåede resultater, hvor olierræddike er anvendt som efterafgrøde i 2011 er vist i tabel 4. De bedre vækstbetingelser i 2011 sammenlignet med 2010 gør sig også gældende i resultaterne af novembermålingerne. Hverken tørstofproduktion eller kvælstofoptagelse i olierræddike har været påvirket af udsædsmængden.

Tabel 4. Udsædsmængder i olierræddike anvendt som efterafgrøde, sået to uger før høst og høstet i november måned.

Udsædsmængde pr. ha	Efterafgrøde	Ca. 25. november			Ca. 25. november			Ca. 25. november			Ca. 25. november			Ca. 25. november		
		Tørstof i olierræddike, hkg pr. ha			Organisk stof i olierræddike, hkg pr. ha			Pct. tørstof i olierræddike			Pct. råaske i olierræddike			Kvælstof i olierræddike, kg N pr. ha		
		2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.	2010	2011	gns.
<i>Ansøtsforsøg</i>																
-	Ingen efterafgrøde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 kg	Olierræddike ¹⁾	6,3	18,5	12,3	5,1	16,2	10,6	11,5	14,1	13,8	16,7	22,5	14,6	15	41	28
12 kg	Olierræddike ¹⁾	7,0	18,0	12,5	5,8	15,6	10,7	12,85	14,7	13,8	16,6	12,9	14,7	16	34	25
16 kg	Olierræddike ¹⁾	7,4	13,5	10,5	6,2	11,8	9,0	13,0	13,9	13,4	16,0	13,0	14,5	11	27	19
20 kg	Olierræddike ¹⁾	6,5	15,2	10,9	5,4	13,1	9,3	11,2	11,6	13,4	18,1	13,6	15,8	10	33	22
8 kg	Gul sennep ²⁾	7,6	10,7	9,2	6,5	9,2	7,8	17,2	14,1	15,7	15,3	13,9	14,6	9	24	17

¹⁾ 2010: Rufus 2011: Sibetina.

²⁾ 2010: Valant 2011: Passion.

[Til top](#)

Forsøg med efterafgrøder til biogas

I 2010 blev en række arter af efterafgrøder screenet for biomasseudbytte i to forsøg (se [Oversigt over Landsforsøgene 2010](#), side 190 og 191). I 2011 er der gennemført to forsøg med fokus på arterne italiensk rajgræs og olierræddike og effekten af godsugning af efterafgrøderne (se [Oversigt over Landsforsøgene 2011](#), side 235-237).

I screeningforsøgene i 2010, hvor der generelt blev gødsket med 30 kg N pr. ha, opnåedes højest udbytte i gul sennep (10,8-27,1 hkg tørstof pr. ha) og olierræddike (15,6-16,7 hkg tørstof pr. ha). De øvrige arter gav generelt ret lave udbytter (se tabel 5).

Tabel 5. Biomasseudbytte af efterafgrøder udsået efter høst af korn. To forsøg i 2010.

Efterafgrøde	Tørstof, %	Aske, % i tørstof	hkg tørstof		
			Holstebro	Vojens	Gennemsnit
1. Ingen efterafgrøde ÷ N	17,9	11,4	0,0	2,7	1,4
2. Olieræddike ÷ N	11,3	17,9	12,8	14,3	13,6
3. Olieræddike + 30 N	11,9	16,7	16,7	15,6	16,2
4. Gul sønnepe	16,1	15,7	27,1	10,8	18,9
5. Vinterraps	13,8	10,4	7,4	6,8	7,1
6. Vårryps	15,9	13,1	17,5	0,0	8,7
7. Fodermarkkål	13,3	14,5	9,9	0,0	4,9
8. Westervoldisk rajgræs	17,0	10,1	0,0	2,1	1,1
9. Vinterrug	17,1	11,2	0,5	2,7	1,6
10. Havre	16,0	11,9	4,5	3,9	4,2
11. Vintervikke ÷ N	15,4	10,9	0,0	7,0	3,5
12. Hamp	22,7	17,0	9,8	0,0	4,9
13. Solsikke	13,5	18,6	5,0	0,0	2,5
Gnsn.	15,5	13,8	8,5	5,1	6,8
LSD	3,1	ns	4,4	0,8	ns

Gødningsforsøgene i 2011 er gennemført på JB 5 ved henholdsvis Holstebro og Haderslev. I begge forsøg er der sået vårbyg som hovedafgrøde henholdsvis 11. april og 4. april 2011. I forsøget ved Holstebro er vårbyggen gødsket med 22 ton svinegylle pr. ha (cirka 100 kg kvælstof) den 28. marts og 15 ton svinegylle pr. ha (cirka 70 kg kvælstof) den 7. juni. Forsøget ved Haderslev er derudover gødsket med 130 kg kvælstof i handelsgødning pr. ha den 28. marts.

I forsøgene indgår ti forsøgsled (se tabel 6). I tre forsøgsled er der sået 15 kg italiensk rajgræs pr. ha som udlæg i vårbyggen henholdsvis 9. maj og 8. april i de to forsøg. Der er anvendt sorten Dasas. I tre forsøgsled er der sået olieræddike før høst af vårbyggen, og der er sået henholdsvis 19. juli og 18. juli i de to forsøg. Vårbyggen er høstet henholdsvis 13. august og 4. august, og halmen er fjernet samme dag. Efter harvning er der i tre forsøgsled sået olieræddike henholdsvis 15. august og 7. august i de to forsøg. Olieræddike er i alle seks forsøgsled af sorten Siletina og med en udsædsmængde på 12 kg frø pr. ha. Efter høst af vårbyg og såning af de sidste parceller af olieræddike er parcellerne gødsket med enten 0, 50 eller 100 kg kvælstof pr. ha i form af NS 27-4, og gødningen er udbragt henholdsvis 17. august og 15. august i de to forsøg. Der er ikke bekæmpet spildkorn i forsøgene, men der er i forsøget ved Holstebro bekæmpet snegle med Ferramol fire gange i løbet af august. Der er målt udbytte i forsøgene henholdsvis 24. oktober og 25. oktober, og der har generelt været en god plantebestand.

Tabel 6. Udbytte i efterafgrøder til biogasproduktion i forsøg i 2011.

Led nr.	Forsøgsbehandling		Gødsknng. kg N pr. ha	Tørstof, pct.	Aske, pct. i tørstof	Total N, pct. i tørstof	Udbytte, hkg tørstof pr. ha		Udbytte, hkg org. tørstof pr. ha	Udbytte, hkg N pr. ha
	Efterafgrøde	Såtidspunkt					Holstebro	Haderslev		
<i>2011, 2. forsøg</i>										
1.	Ingen		0	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	Italiensk rajgræs	Udlagt forår	0	21,1	10,3	2,3	4,9	20,7	12,3	11,1
3.	Italiensk rajgræs	Udlagt forår	50	23,3	13,4	2,8	9,0	40,9	25,2	21,5
4.	Italiensk rajgræs	Udlagt forår	100	21,0	10,7	2,5	17,9	48,2	33,1	29,6
5.	Olieræddike	14 dage før høst	0	19,6	12,9	3,0	11,9	17,2	14,1	12,3
6.	Olieræddike	14 dage før høst	50	14,6	19,2	2,5	16,5	29,0	22,8	19,5
7.	Olieræddike	14 dage før høst	100	13,2	16,5	2,8	25,6	42,9	33,3	27,9
8.	Olieræddike	Lige efter høst	0	16,9	16,6	3,3	3,1	18,2	10,6	8,9
9.	Olieræddike	Lige efter høst	50	18,7	16,0	1,8	14,0	59,9 ¹⁾	22,7 ²⁾	19,1 ²⁾
10.	Olieræddike	Lige efter høst	100	11,9	15,3	3,0	18,1	25,5	21,8	17,8
LSD				5,2	4,8	ns	2,3	6,6	18,2	16,0
<i>Gns. led 2-4</i>										
Gns. led 2-4	Italiensk rajgræs	Udlagt forår	0-100	23,8	11,5	2,5	8,8	36,6	23,5	20,7
<i>Gns. led 5-7</i>										
Gns. led 5-7	Olieræddike	Sået 14 dage før høst	0-100	15,8	15,8	2,8	17,5	29,7	23,4	19,6
<i>Gns. led 8-10</i>										
Gns. led 8-10	Olieræddike	Sået lige efter høst	0-100	15,5	16,9	2,7	11,7	21,8 ²⁾	17,4 ²⁾	14,4 ²⁾
LSD				4,3	3,0	ns	5,6	10,4	ns	ns

¹⁾ Uforlignelig høj værdi.

²⁾ LS-means-værdi uden indregning af led 9 i forsøget ved Haderslev.

Tørstofprocenten i biomassen var signifikant højere i italiensk rajgræs end i olieræddike. Askeindholdet var signifikant højere i olieræddike end i italiensk rajgræs, og da det kun er organisk tørstof, som bidrager til biogaspotentialt, er det vigtigt at tage højde for, at aske udgør i størrelsesordenen 15 procent i olieræddike. Der har været en ikke signifikant variation i kvælstofindholdet fra 1,8 til 3,3 procent totalkvælstof i tørstof mellem forsøgsleddene, og der er heller ikke signifikant forskel på italiensk rajgræs og olieræddike. Det gennemsnitlige kvælstofindhold har været 2,7 procent totalkvælstof i tørstof.

Udbytteneiveauet var væsentligt højere i forsøget ved Haderslev end ved Holstebro. Forsøgsled med italiensk rajgræs er sået cirka en måned tidligere ved Haderslev end ved Holstebro, hvilket kan have medvirket til et større udbytte. I begge forsøgene er der signifikant forskel i tørstofudbytte mellem behandlingerne, og der er klart stigende udbytte med øget kvælstoftilførsel i både italiensk rajgræs og olieræddike. En undtagelse fra dette mønster er i forsøget ved Haderslev, hvor der er målt et uforklarligt højt tørstofudbytte i parceller med olieræddike, sået efter høst og gødsket med 50 kg kvælstof pr. ha. Udbyttet i dette forsøgsled er derfor ikke medregnet i gennemsnitsberegningerne. De to arter har reageret forskelligt i de to forsøg, idet olieræddike giver størst udbytte i forsøget ved Holstebro, mens italiensk rajgræs giver størst udbytte i forsøget ved Haderslev. Der er en tendens til, at olieræddike, sået cirka 14 dage før høst, giver større udbytte end olieræddike sået efter høst. Der er ingen sikker forskel mellem arterne med hensyn til merudbytte af tørstof pr. kg tilført kvælstof, men for både italiensk rajgræs og olieræddike er tendensen et større merudbytte pr. kg tilført kvælstof ved gødskning med 50 kg kvælstof pr. ha end ved gødskning med 100 kg kvælstof pr. ha.

Mængden af kvælstof, høstet med efterafgrøden, stiger med stigende mængde kvælstofgødning. I forsøgsled uden gødskning er der fjernet 12 til 31 kg kvælstof pr. ha med italiensk rajgræs og cirka 41 kg kvælstof pr. ha med olieræddike, sået før høst, hvilket illustrerer olieræddikens større evne til at opsamle kvælstof. I forsøget ved Haderslev er der både ved gødskning med 50 og 100 kg kvælstof pr. ha fjernet mindst lige så meget kvælstof som tilført. I forsøget ved Holstebro er der derimod fjernet mindre end den tilførte mængde kvælstof ved begge gødningsniveauer. Resultaterne understreger, at udbyttet af efterafgrøder kan være relativt lavt uden tilførsel af gødning, og at udbyttet kan øges væsentligt ved gødskning med kvælstof. De to forsøg viser også, at væksten er meget varierende fra lokalitet til lokalitet. En fornuftig miljømæssig anvendelse af gødskning i efterafgrøder for at øge biomasseproduktionen forudsætter derfor, at efterafgrøder kan dyrkes med betydelig dyrkningssikkerhed. Hvis der kan etableres en efterafgrøde med stort udbytte, synes det til gengæld muligt at høste den tilførte mængde næringsstoffer i den overjordiske del af afgrøden. Hertil kommer, at stub og rodder på efterafgrøder vil binde en mængde næringsstoffer indtil mineralisering og udnyttelse i en efterfølgende afgrøde.

[Til top](#)

Biomassekvalitet, metanpotentiale og metanudbytte pr. ha

Ved anvendelse af efterafgrøder til biogasproduktion er både udbyttet pr. ha og kvaliteten i det høstede udbytte af betydning. En væsentlig kvalitetsparameter for biomasse til biogasproduktion er metanpotentialt, dvs. den mængde metan der potentielt kan udvindes af det organiske tørstof. Metanpotentialt angives som Nm³ metan pr. ton organisk tørstof (= pr. ton VS), hvor Nm³ er 'normal kubikmeter', dvs. m³ ved 0° C.

Tørstofprocenten er i mange forsøg relativt lav i efterafgrøderne, specielt i olieræddike med tørstofprocenter ned til ca. 10 pct. Den lave [tørstofprocent](#) er som nævnt af betydning for transportomkostningerne, ligesom den kan være problematisk i forhold til lagring af biomassen uden risiko for saftafløb.

Da det kun er den organiske del af tørstoffet, der bidrager til energiproduktionen, er askeindholdet af betydning. I tidligere undersøgelser af efterafgrøder er der i nogle tilfælde fundet ekstremt højt indhold af råaske, til dels pga. risiko for højt indhold af sand ved høst af lave afgrøder (se eksempler i artiklen [Er biomasseudbytte i efterafgrøder en potentiel ressource til biogasproduktion?](#)). I screeningforsøg med efterafgrøder i 2010 var askeindholdet i gennemsnit 17 pct. (tørstofbasis) i olieræddike (fra 16 til 19 pct.), 16 pct. i gul sennep (fra 12 til 20 pct.) og 10 pct. i westerwoldisk rajgræs ([Oversigt over Landsforsøgene 2010](#), side 190 og 191). I gødningsforsøg med efterafgrøder i 2011 var der i gennemsnit 16 pct. aske i olieræddike (fra 10 til 21 pct.) og 11 pct. i italiensk rajgræs (fra 10 til 15 pct.) ([Oversigten over Landsforsøg 2011](#)). I andre forsøg med efterafgrøder i 2010 og 2011 er der fundet askeindhold på over 20 pct. Samlet set kan der derfor forventes et betydeligt askeindhold i efterafgrøder, og formodentlig et lidt højere askeindhold i olieræddike end i rajgræs.

Metanpotentialet i efterafgrøder er kun undersøgt i begrænset omfang. I tyske undersøgelser er der fundet et metanpotentiale på 297 Nm³ metan pr. ton organisk tørstof i en blanding af westerwoldisk og italiensk rajgræs og 334 Nm³ i en blanding af vinterraps og westerwoldisk rajgræs (Neff, 2009). For rajgræs som efterafgrøde og efterslæt er der også fundet metanpotentialer på 390-409 Nm³ pr. ton organisk tørstof (se artiklen [Biomasse til økologisk biogasproduktion](#)). For gul sennep er der angivet metanpotentiale på 310 Nm³ pr. ton organisk tørstof.

Biomasseprøver fra efterafgrødeforsøg i 2011 med gødsning af italiensk rajgræs og olieræddike er analyseret for metanpotentiale. Metanpotentialet i prøver af italiensk rajgræs varierede mellem 202 og 300 Nm³ pr. ton organisk tørstof med et gennemsnit på 241. For prøver af olieræddike varierede metanpotentialet mellem 114 og 266 Nm³ pr. ton organisk tørstof med et gennemsnit på 180. Metanpotentialet er således væsentligt lavere i disse analyser end i andre undersøgelser. Forskellene kan bl.a. skyldes, at der er brugt forskelligt innokulum til analyserne, men usikkerhed i bestemmelsen af tørstof i biomasseprøver med så relativt lavt tørstofindhold kan også have bidraget væsentligt til forskellene. Et generelt indtryk er dog, at metanpotentialet er lavere i olieræddike end i rajgræs. Af hensyn til økonomiberegninger ville det være ønskeligt med mere sikre estimater af metanpotentialet i efterafgrøder.

Det potentielle metanudbytte pr. ha i efterafgrøder afgøres af udbyttet af organisk tørstof og metanpotentialet. Med antagelse om metanpotentiale i efterafgrøder i intervallet 200-350 Nm³ metan pr. ton organisk tørstof og et askeindhold på 15 pct. vil der potentielt kunne opnås metanudbytter på 170-298 Nm³ metan pr. ton tørstof i efterafgrøder. Dvs. ved tørstofudbytter på 3 tons pr. ha vil metanudbyttet kunne forventes at være i størrelsesordenen 500-900 Nm³ metan pr. ha. I praksis vil det reelle metanudbytte af en given biomasse dog afhænge af bl.a. opholdstiden i biogasanlægget. Betydning af tørstofindhold, tørstofudbytte og metanpotentiale for økonomien ved at anvende efterafgrøder til biogas er analyseret i anden [udredning](#).

[Til top](#)

Konklusion

Forventede tørstofudbytter ved høst af efterafgrøder i november er:

- Ved etablering af olieræddike og sennep midt i juli f. eks. efter høst af vinterbyg og uden kvælstofgødsning: 1,7-2,3 t pr. ha
- Ved etablering af olieræddike og gul sennep i første halvdel af august og uden kvælstofgødsning: 0,5-1,5 t pr. ha
- Ved etablering af olieræddike og gul sennep i første halvdel af august og gødsning med 50 N pr. ha: 1,5-2,5 t pr. ha
- Ved etablering af olieræddike og gul sennep i første halvdel af august og gødsning med 100 N pr. ha: 2,0-3,5 t pr. ha
- Forårsudlagt italiensk rajgræs uden kvælstofgødsning: 0,5-2,0 t pr. ha
- Forårsudlagt italiensk rajgræs tilført 50 kg N pr. ha: 1,0-3,5 t pr. ha
- Forårsudlagt italiensk rajgræs tilført 10 kg N pr. ha: 1,5-4,0 t pr. ha

Lave udbytter i efterafgrøder kan skyldes dårlig etablering, sen høst af hovedafgrøden, utilstrækkelig nedbør og køligt vejr efter høst samt for lidt let tilgængeligt kvælstof i jorden i efterårsperioden.

Tørstofindholdet er generelt lavere i olieræddike end i gul sennep og italiensk rajgræs. En lav tørstofprocent specielt ved høje gødningsmængder kan være problematisk ved lagring af biomassen uden risiko for saftafløb.

Askeindholdet er generelt højere i olieræddike end i italiensk rajgræs og gul sennep. Da det kun er organisk tørstof, der bidrager til biogaspotentialet, er det vigtigt at tage højde for, at aske udgør i størrelsesordenen 15 pct. af tørstof i olieræddike.

Metanpotentialet i efterafgrøder er kun undersøgt i begrænset omfang, og der er ret store forskelle mellem forskellige estimater. Metanpotentialet synes generelt at være lavere i olieræddike end i italiensk rajgræs. Det er ønskeligt med mere præcise bestemmelser af metanpotentialet i efterafgrøder.

[Til top](#)

Kilder

Dansk Landbrugsrådgivning. [Biomasse til økologisk biogasproduktion](#). Landbrugsinfo.

Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Kyllingsbæk, A., Jørgensen, V., Thorup-Kristensen, K. (2000). Efterafgrøder. Dyrkning, kvælstofoptagelse, kvælstofudvaskning og eftervirkning. DJF Rapport Markbrug nr. 37, december 2000. 50 sider.

Larsen, S.U. & Østergaard, H.S. (2010). [Er biomasseudbytte i efterafgrøder en potentiel ressource til biogasproduktion?](#) Landbrugsinfo, Planteavl, Artikel 295. 15/9 2010.

Neff, Richard (2009). Silomais bietet höchste Gaserträge. Mais, 4/2009, s.132-135. Udgives af Deutsches Maiskomitee.

[Oversigt over Landsforsøgene 2010](#). Videncentret for Landbrug.

[Oversigt over Landsforsøgene 2011](#). Videncentret for Landbrug.