

Danske sortsforsøg med roer til energiformål

Der blev i 2010 og 2011 gennemført roesortsforsøg med fodersorter, sukkersorter og energisorter. Artiklen gennemgår forskelle i udbytte, tørstofindhold og vedhængende jord mellem sorterne og sortstyperne.

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.

Sortsforøg med roer i 2010 og 2011 har vist høje tørstofudbytter på op til næsten 30 tons tørstof pr. ha for rod plus top i 2011. Der er forskelle mellem sorter både indenfor energitypen og indenfor fodertypen, men der er også nogle generelle forskelle mellem de to typer.

Energisorter har generelt givet lidt højere tørstofudbytte i både rod og top end fodersorter. Tørstofindholdet er noget højere i energisorter, og der skal derfor en mindre råvaremængde til af energisorter end fodersorter for at opnå samme mængde tørstof.

Formen og overfladen på roden er generelt mindre ideel på energisorterne, som også sidder dybere end fodersorterne, og mængden af vedhængende jord er generelt større på energisorterne.

Mængden af vedhængende jord synes i disse sortsforøg især knyttet til rodens vaskbarhed og grenethed, men rodens glathed og rodfure samt højden over jord kan også være af betydning for mængden af vedhængende jord. Ved valg af roesort til biogasproduktion bør der både tages hensyn til tørstofudbytte, tørstofindhold, rodform og mængden af vedhængende jord.

Indholdsfortegnelse

- [Roer som energiafgrøde](#)
- [Forsøg med typer af roesorter](#)
- [Tørstofudbytter](#)
- [Tørstofindhold](#)
- [Mængden af vedhængende jord](#)
- [Roens form og overflade](#)
- [Årsager til vedhængende jord på roer](#)
- [Valg af roesort til biogas](#)
- [Kilder](#)

Roer som energiafgrøde

Roer har et stort udbyttepotentiale. I artsforsøg i 2008 og 2009 gav rodfraktionen af roer ca. 10 pct. højere tørstofudbytte end majshelsæd, og hvis både rod- og topfraktionen medtages, gav roer ca. 37 pct. højere tørstofudbytte end majshelsæd (Oversigten over Landsforsøg 2009). Det høje tørstofudbytte giver en større energiproduktion pr. hektar, og selv efter fradrag for energi anvendt til markarbejde og gødskning er nettoenergiproduktionen betydeligt større for roer end for majs ved anvendelse til biogasproduktion (Lærke et al., 2008). En anden væsentlig fordel ved roer er, at biomassen omsættes hurtigere til biogas end f.eks. majs (Starke & Hoffmann, 2011), hvorved kapaciteten i anlægget kan udnyttes bedre. Det høje udbytte og den høje fordøjelighed gør roer til en interessant energiafgrøde til f.eks. biogasproduktion. En udfordring ved brug af roer til biogas kan imidlertid være den jord, der hænger ved roden, og som kan medføre slitage og bundfældning i biogasanlægget. Derfor er mængden af vedhængende jord en vigtig kvalitetsparameter for roer til biogas. I sortsforøg med roer til energiformål vurderes sorterne derfor både mht. udbytte og vedhængende jord. Denne artikel omhandler forskelle mellem roesorter og typer af roesorter i roesortsforøg i 2010 og 2011.

[Til top](#)

Forsøg med typer af roesorter

Roer har traditionelt været forædlet til anvendelse til enten foder eller sukkerproduktion. Ved sukkerproduktion er kvaliteten af roernes sukkersaft vigtig for udbyttet af hvidt sukker, og der må bl.a. ikke være for højt indhold af amino-N. Hvis roerne skal bruges til energiformål, er disse kvalitetsegenskaber ikke helt så vigtige, og derfor kan sukkerroesorter med højt tørstofudbytte men med lidt lavere sukkersaftkvalitet være interessante til energiformål.

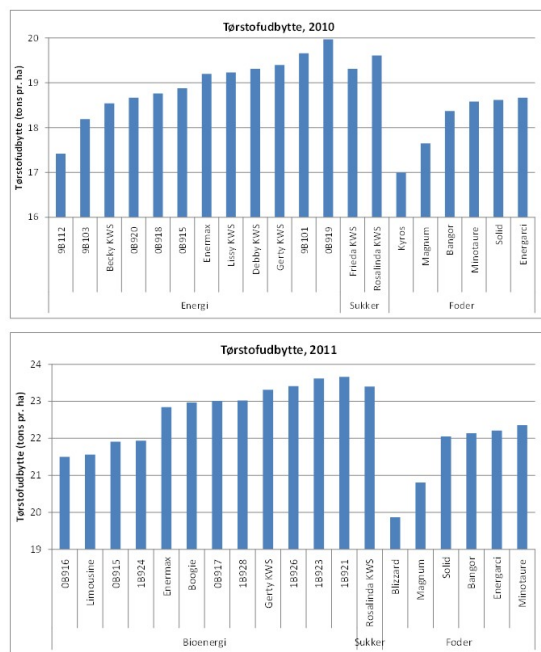
I både 2010 og 2011 blev der gennemført 3 sortsforøg med roer, og sorterne er tilmeldt afprøvningen som enten fodertype eller energitype. Der er også medtaget en traditionel sukkerroe som målesort. I sortsforøgene er der afprøvet 20 og 19 sorter i hhv. 2010 og 2011. Sortsforøgene er gennemført på 3 forskellige jordtyper (JB2, JB6 og JB7), og der er gødsket med ca. 180 kg N/ha på forsøgene på lerjord og 210-220 kg N/ha på forsøgene på sandjord. Forsøgene blev sået mellem 4. og 26. april, og plantetallet var 90.000 roer/ha. Roerne blev taget op mellem 19. og 28. oktober, og den gennemsnitlige vækstsæson var 196 døgn i 2010 og 190 døgn i 2011. (Se nærmere beskrivelse af forsøgene i Oversigten over Landsforsøgene [2010](#) s.323-325 og [2011](#) s.333-336).

[Til top](#)

Tørstofudbytter

De gennemsnitlige tørstofudbytter af rodfraktionen er vist for hver sort og hvert år i figur 1. Der blev opnået meget høje udbytter, specielt i 2011. I 2010 varierede rodudbyttet fra 17,0 til 20,0 tons tørstof pr. ha mellem sorterne, og i 2011 fra 19,9 til 23,7 tons tørstof pr. ha. Topudbyttet varierede mellem sorterne fra 4,7 til 7,3 tons tørstof pr. ha i 2010 og mellem 4,6 og 6,9 tons tørstof pr. ha.

Både indenfor energisorterne og fodersorterne er der variation i rodudbyttet (figur 1). Generelt ligger tørstofudbyttet lidt højere i energisorterne end i fodersorterne, både mht. rodudbytte (ca. 5 pct. højere) og topudbytte (ca. 10 pct. højere) (tabel 1).



Figur 1. Rodudbyttet af roesorter til hhv. bioenergi, sukker og foder. Indenfor hver type er sorterne rangeret efter stigende tørstofudbytte. Gennemsnit af tre forsøg i både 2010 og 2011.

Tabel 1. Gennemsnitsresultater for fodersorter og energisorter i roesortsforsøg i 2010 og 2011. Sukkersorter er medregnet under energisorter. Baseret på 3 forsøg i begge årene.

Egenskaber		2010		2011	
		Fodersorter	Energisorter	Fodersorter	Energisorter
		Gnsn. af 6	Gnsn. af 14	Gnsn. af 6	Gnsn. af 13
Tørstof (pct.)	Rod	17.7	22.2	18.3	21.4
	Top	10.6	12.4	12.0	13.6
Udbytte (hkg friskvægt/ha)	Rod	1043	879	981	1049
	Top	523	503	446	437
Udbytte (hkg tørstof/ha)	Rod	181	190	216	228
	Top	55	62	54	59
	Rod + top	237	253	267	287
Karakter	Rodfure, 1-9	5.2	4.8	4.9	4.9
	Vaskbarhed, 1-9	6.6	5.9	5.8	5.4
(1= rod m. dybe rodfrurer fyldt med jord og grene)	Grenethed, 1-9	7.3	6.8	7.1	6.6
	Glathed, 1-4	3.0	2.7	2.9	2.8
	Topskivens højde over jorden (cm)	7.3	5.8	7.5	5.7
Vedhængende jord før vask (pct. af friskvægt)		3.8	4.9	3.1	3.6

1) Skala 1-9: 1 = rod med dybe rodfrurer, rodfrurer fyldt med jord og grene, 9 = ingen rodfrurer, ingen jord, ingen eller få grene. Skala for glathed 1-4: 1 = ikke glat, 4 = meget glat.

[Til top](#)

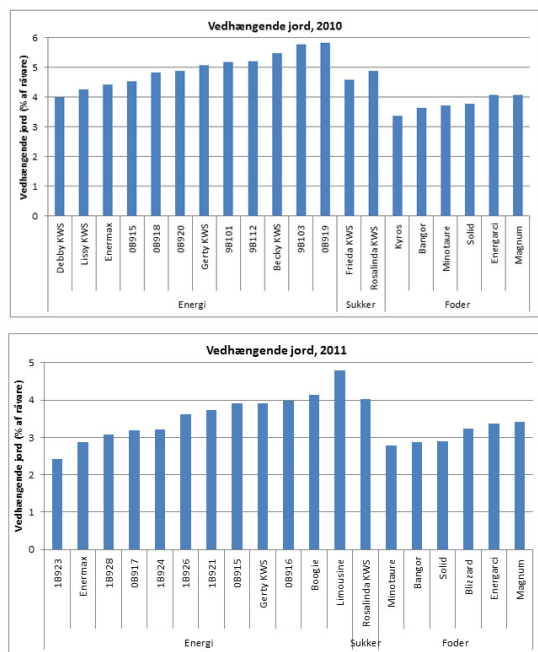
Tørstofindhold

Tørstofindholdet i roden er væsentligt højere i de anmeldte energisorter end i de anmeldte fodersorter med i gennemsnit ca. 22 pct. tørstof i energisorter og ca. 18 pct. tørstof i fodersorter (tabel 1). Tørstofindholdet i topfraktionen er også lidt højere i energisorter end i fodersorter med hhv. ca. 11 og 13 pct. tørstof som gennemsnit. Forskellen i tørstofindhold i roden betyder, at der skal omtrent 21 pct. mere råvare af fodersorter end af energisorter for at opnå samme tørstofmængde.

[Til top](#)

Mængden af vedhængende jord

Udover tørstofudbytte og tørstofindhold er mængden af vedhængende jord som nævnt også vigtigt for anvendelsen af roer til energiformål. Mængden af vedhængende jord bliver målt på sorterne i sortsforsøgene ved vejning af roerne før og efter vask. Der er betydelig forskel mellem sorterne, især mellem energisorterne (figur 2), og det synes derfor muligt at forædle i retning af sorter med mindre mængde vedhængende jord. I 2010 varierede mængden af vedhængende jord mellem sorterne fra 3,4 til 5,8 pct. og i 2011 mellem 2,4 og 4,8 pct.. Generelt sidder der mere jord på energisorter end fodersorter (tabel 1) med i gennemsnit 4,3 pct. hhv. 3,4 pct.. Med de opnåede udbyttmængder svarer det til ca. 3,4 tons jord i fodersorter og 4,1 tons jord pr. ha i energisorter. Tager man højde for forskellen i tørstofindhold mellem de to sortstyper, så fjernes der dog omtrent lige meget jord pr. ton rodtørstof, nemlig 191 hhv. 195 kg jord pr. ton rodtørstof.



Figur 2. Vedhængende jord på roesorter til hhv. bioenergi, sukker og foder. Indenfor hver type er sorterne rangeret efter stigende mængde vedhængende jord. Gennemsnit af tre forsøg i både 2010 og 2011.

Der var forskel på mængden af vedhængende jord mellem forsøgslokaliteter indenfor årene (tabel 2). I 2010 var der mere jord på roer i Tystofte og Ytteborg end i Knuthenborg, mens der i 2011 kun var lille forskel. Der var signifikant mere jord på roerne i 2010 end i 2011, men dette kan bl.a. skyldes forskelle i dyrkningsbetingelserne og forholdene ved optagning, samt at der er sket en udskiftning af nogle af sorterne i sortsforsøgene fra 2010 til 2011. Ud fra disse forsøg kan der ikke siges noget om, hvor vidt der hænger mere jord ved roer på bestemte jordtyper. Den anvendte teknologi til optagning samt vandindholdet i jord på optagningstidspunktet kan desuden påvirke mængden af vedhængende jord betydeligt.

Tabel 2. Gennemsnitlig mængde af vedhængende jord (pct. af friskvægt) på roer i 3 roesortsforsøg i 2010 og 2011. Gennemsnit af 20 og 19 sorter i hvert forsøg i hhv. 2010 og 2011.

Lokalitet	JB nr.	2010	2011
Knuthenborg	JB7	3,9	3,6
Tystofte	JB6	4,7	3,3
Ytteborg	JB2	4,9 ¹⁾	3,4

¹⁾ Optaget med håndkraft og ingen mekanisk rensning.

[Til top](#)

Roens form og overflade

Mængden af vedhængende jord afhænger bl.a. af roerodens form og overflade. I sortsforsøgene beskrives roen vha. karakterer for rodfurens dybde, vaskbarhed, grenethed og glathed, og hvor en høj karakter er bedst. For alle 4 kategorier får fodersorterne i gennemsnit højere karakter end energisorterne, dvs. energisorternes form og overflade medvirker til det større mængde vedhængende jord (tabel 1). Desuden er roens højde over jorden generelt lavere for energisorter, dvs. roden sidder dybere i jorden, og dette vil normalt også bidrage til en større mængde vedhængende jord. På billederne ses eksempler på to roesorter med forskellig form og overflade.



Billede 1-2. Eksempler på form og overflade på forskellige roesorter i sortsforsøg på sandjord i 2011. Til venstre energisorten Enermax (DM 750-

8058), som er glat og kun med lidt forgrening samt relativt højt siddende i jorden (topskive i 7,3 cm højde) og med lav mængde vedhængende jord (2,9 pct.). Til højre energisorten Limousine, som er lidt mere forgrenet, med ru overflade og dybt siddende (topskive i 3,6 cm højde) og med stor mængde vedhængende jord (4,8 pct.). (Foto: Kenn Lindholm, Forsøgsvirksomheden Ytteborg).



Billede 3-5. Eksempler på forskelle i roers grenethed. Til venstre en meget grenet roe, i midten en middel grenet roe og til højre en pæn, ugrenet roe. Roerne har fået karaktererne hhv. 3, 6 og 9 på karakterskalaen for grenethed. (Foto: NBR Nordic Beet Research).

[Til top](#)

Årsager til vedhængende jord på roer

For at få et bedre indtryk af, hvilke sortsegenskaber ved roen der især er af betydning for mængden af vedhængende jord, er der lavet regressionsanalyse af sammenhæng mellem mængden af vedhængende jord og de forskellige karakterer for roens form og overflade og højde over jorden. Den statistiske analyse er baseret på resultater for hver enkelt sort i hvert enkelt forsøg (dvs. gennemsnit af de 4 gentagelser i forsøgene) i begge forsøgsårene, i 2011 var der dog kun karakterer for sorterne i de 2 af de 3 forsøg.

Der er lavet analyser af, hvor godt de enkelte karakterer hver især hænger sammen med mængden af vedhængende jord (delanalyser). Desuden er der lavet en analyse, hvor alle karaktererne er medtaget samtidig for at se, hvilke karakterer der bedst forklarer mængden af vedhængende jord (samlet analyse). I alle analyser blev der taget højde for forskelle mellem forsøgsår og forsøgslokaliteter.

Ved analyserne af de enkelte parametre hver for sig korrelerede mængden af vedhængende jord på roerne signifikant med karaktererne for hhv. vaskbarhed, glathed, grenethed og højde over jorden (tabel 3). Kun karakteren for rodfure havde ingen sikker sammenhæng med mængden af jord. Hældningerne for korrelationerne viser, at mængden af vedhængende jord falder, jo højere karakteren har for vaskbarhed, glathed og grenethed, og jo højere roen sidder over jorden (0,17 procentpoint mindre jord for hver cm roens højde over jorden tiltager) (tabel 3).

I den samlede analyse af højde over jorden og de fire forskellige karakterer i en samlet model var det kun karakteren for vaskbarhed og karakteren for grenethed, der havde signifikant sammenhæng med mængden af vedhængende jord (tabel 3). For hver stigning i karakteren for vaskbarhed falder mængden af vedhængende jord med 0,62 procentpoint, og for hver stigning i karakteren for grenethed falder mængden af jord med 0,57 procentpoint. I figur 3 er sammenhængen vist for sortsforsøget i Knuthenborg i 2011, hvor man også kan se, at energisorter generelt får lavere karakter og har mere vedhængende jord end fodersorter, men at der er stor variation indenfor disse to sortstyper. Karaktererne for rodfure og glathed samt højde over jorden havde ikke signifikant indflydelse på mængden af jord på roerne i den samlede analyse.

En svaghed ved analyserne er, at de er baseret på et forholdsvis begrænset materiale, specielt at der kun er relativt lille variation blandt sorterne mht. de forskellige karakterer. Et mere generelt billede vil kunne opnås, hvis der indgik mere 'ekstreme' sorter, som afviger mere fra gennemsnittet mht. form og overflade, og resultaterne her gælder derfor kun for de afprøvede sorter og de givne forhold i forsøgene. Karakteren for vaskbarhed, der angiver, hvor meget jord der sidder tilbage efter vask, kan måske nærmere opfattes som en konsekvens af roens grenethed, glathed og rodfure m.m., snarere end en egentlig årsag til vedhængende jord. Endvidere er det vigtigt at nævne, at roers grenethed også er miljøbetingsbetaget og kan afhænge af andre forhold end blot de genetiske egenskaber, f.eks. jordstruktur og sygdomsangreb. Grenethed fremmes af komprimeret jord, og sortsforskelle i grenethed kan bl.a. være udtryk for forskelle i sorternes resistens overfor nematoder. I tidligere undersøgelser er det fundet, at karakteren for sukkerroers rodfure i større eller mindre grad korrelerer med mængden af vedhængende jord.

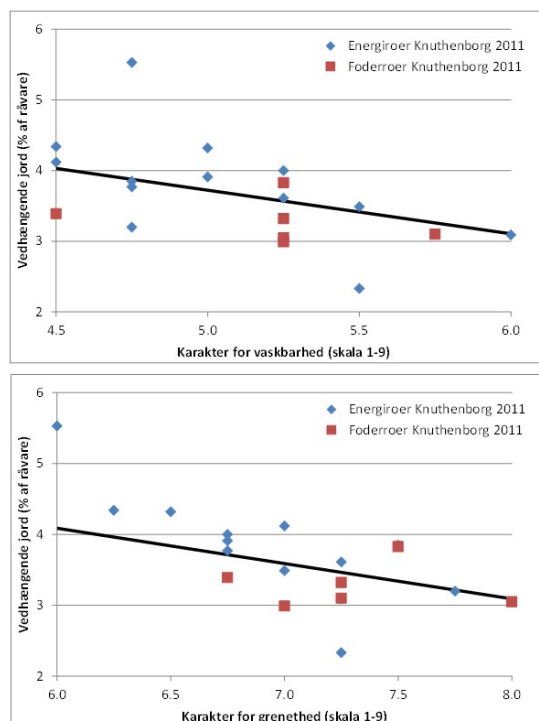
Tabel 3. Sammenhængen mellem diverse karakteristika for roer og mængden af vedhængende jord på roer. I delanalyserne er hver karakteristika analyseret hver for sig, mens de er analyseret samtidig i den samlede analyse. Baseret på analyse af 3 sortsforsøg i 2010 og 2 i 2011.

Karakteristika	Delanalyser		Samlet analyse	
	P-værdi	Hældning	P-værdi	Hældning ³⁾
Karakter for rodfure ¹⁾	0,098	-	0,595	-
Karakter for vaskbarhed ¹⁾	<0,001	-0,78	<0,001	-0,62
Karakter for glathed ²⁾	0,003	-0,80	0,965	-
Karakter for grenethed ¹⁾	<0,001	-0,75	0,002	-0,57
Højde over jord (cm)	<0,001	-0,17	0,588	-

¹⁾ Skala 1-9. 1 = rod med dybe rodfururer, rodfururer fyldt med jord og grene, 9 = ingen rodfururer, ingen jord, ingen eller få grene.

²⁾ Skala for glathed 1-4. 1 = ikke glat, 4 = meget glat.

³⁾ Hældningen er eksemplificeret i figur 3.



Figur 3. Sammenhæng mellem karakterer for roens overflade og mængden af vedhængende jord. Øverst sammenhæng mellem karakteren for roens vaskbarhed og vedhængende jord og nederst sammenhæng mellem karakteren for roens grenethed og vedhængende jord. Hvert punkt repræsenterer én sort (gennemsnit af 4 gentagelser), og der er angivet, om det er en energisort eller en fodersort. Eksempel for sortsforsøg ved Knuthenborg i 2011. Den indtegnede sammenhæng er fra den samlede analyse med flere karakterer i modellen samtidig.

[Til top](#)

Valg af roesort til biogas

Resultaterne af sortsforsøgene i 2010 og 2011 tyder på, at karaktererne for vaskbarhed og grenethed bedst beskriver forskellene i vedhængende jord, men karakteren for glathed og højden over jorden kan i sig selv også være indikatorer for mængden af jord på roerne. Desuden beskriver flere af karaktererne givetvis nogle af de samme forskelle ved roerne. Da der er betydelig spredning i de fundne sammenhænge (f.eks. figur 3), er det sandsynligt, at mængden af vedhængende jord afhænger af flere overfladeegenskaber og formodentlig kombinationen af de forskellige karaktertræk ved roens form og overflade.

Ved anvendelse af roer til biogas vil roerne formodentlig skulle gennemgå en rensning for vedhængende jord før anvendelse. Afhængig af rensemetode og teknologi er roernes form og overflade også af betydning for, hvor effektivt rensningen fjerner jord fra roerne. Det må formodes, at det er lettere at fjerne jord fra roesorter med især høj karakter for vaskbarhed og grenethed men nok også med høj karakter for glathed og rodfure. Det må desuden formodes, at f.eks. rodfurens dybde vil have større betydning ved tørrensning end ved vådrrensning. Ved valg af roesort til biogas er det væsentligt at stille efter både højt tørstofudbytte, mindst mulig mængde vedhængende jord på roden samt en rod, der er lettest mulig at rense for den vedhængende jord. Dette er det bedste udgangspunkt for at opnå en billig og velegnet biomasse til biogasproduktion.

I artiklen [Tysk sammenligning af roetyper til biogas](#) beskrives resultater fra tyske forsøg med foderroer og energiroer til biogas, bl.a. vedr. gaspotentialer.

[Til top](#)

Kilder

Lærke, P.E., Askegaard, M., Møller, H.B. & Jørgensen, U. (2008). Vælg de rigtige afgrøder til biogasanlægget. Forskning i Bioenergi, 26, 8-9. December 2008.

Oversigt over Landsforsøg (2009). Sammenligning af udbyttepotentiale i højtydende, vårsåede afgrøder til energi. Oversigt over Landsforsøgene 2009, s.189-191.

Starke, P. & Hoffmann, C. (2011). Biogas aus Betarüben – Zucker- und Futterrüben im Vergleich. I: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. KTBL-Schrift 488, s.335-336. Fra FNR/KTBL-Kongress, 20-21/9 2011, Göttingen, Tyskland.

[Til top](#)