

LANDSFORSØGENE 2023

Forsøg og undersøgelser i
Dansk Landbrugsrådgivning

Samlet og udarbejdet af
SEGES Innovation P/S, Planter & Miljø
ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen

Aktiviteterne er blandt andet støttet af:

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Fonden for **økologisk landbrug**

Kartoffelafgiftsfonden

Frøafgiftsfonden

AgriFoodTure



Innovationsfonden



LANDSFORSØGENE 2023

Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning

Landsforsøgene 2023 er samlet og udarbejdet af SEGES Innovation P/S,
Planter & Miljø ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen.

Udgivet

December 2023

Trykkeri

Stibo Complete

Udgiver

SEGES Innovation P/S

Planter & Miljø

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

T +45 8740 5000

E info@seges.dk

Omslag

Foto: Torkild Birkmose, SEGES Innovation. Billedet viser et forsøg med
kvælstoftilførsel til vinterhvede.

Køb

Bogen kan købes i SEGES Netbutik: www.netbutikken.seges.dk.

Pdf-udgaven af bogen samt tabeller og figurer i bogen kan hentes på
www.landbrugsinfo.dk/oversigten.

Resultaterne i bogen kan frit gengives med tydelig kildeangivelse inkl.
sidetal. F.eks. „Kilde: Landsforsøgene 2023, tabel xx, side yy.“

ISBN 978-87-93051-12-6

ISSN 0900-5293



FOTO: HENNING SJØRSLEV LYGVIK, SEGES INNOVATION
Flot fremspiring af parcel sået direkte i nedvisnede efterafgrøder.

der har været i 2023, er der ikke noget, der taler for at reducere sådybden til 2 cm, hverken på sandjord eller lerjord.

Forsøg med biokul som jordforbedring og gødning

> **RIKKE LYKKE ERIKSEN**, SEGES INNOVATION

Mulighederne for at anvende biokul (biochar på engelsk) til langvarig kulstoflagring i landbrugsjord møder fortsat stigende interesse. Flere kommercielle pyrolyseanlæg med produktion af biokul fra landbrugets restbiomasser er under opbygning i dag. Der er gennemført forsøg med tilførsel af biokul fra forskellige biomasser til henholdsvis vinterhvede, vårbyg og vinterraps. Det sker for at opnå mere viden om effekterne af biokul på jord og afgrøder. Flere forsøg er videreført fra 2022 for at undersøge flersæffekten af biokul.

Forsøg fra 2022 og 2023 viser ingen signifikante merudbytter, som følge af en gødnings- eller jordforbedrende effekt ved tilførsel af op til 20 tons biokul pr. ha fra henholdsvis halm, slam og gyllefibre. Forsøg med tilførsel af biokul fra halm og gyllefibre til vinterraps resulterer i 2023 i et signifikant udbyttetab ved tilførsel af 10 og 20 tons biokul fra halm. Forsøg med tilførsel af biokul fra halm til vinterhvede og biokul fra halm og slam til vårbyg i 2022 og 2023 viser ingen signifikant udbytteeffekt eller eftervirkning på udbyttet ved tilførsel af biokul sammenlignet med de ubehandlede led.

Der er desuden udført forsøg med biokul til kartofler og økologisk vinterhvede, som er beskrevet i de respektive afsnit.

Eftervirkning af halmpiller og biokul fra halm

Tre vinterhvede forsøg med tilførsel af stigende mængder biokul fra halm blev anlagt i høståret 2022. Forsøgene blev anlagt med stigende kvælstoftilførsel (0-200 kg pr. ha) uden tilførsel af biokul, og fire behandlinger med tilførsel af halmpiller eller biokul fra halm. Behandlingerne med biokul og halmpiller blev i 2022 alle tildelt kvælstof svarende til 20 kg kvælstof pr. ha under normen. Forsøgene er videreført i 2023 for at undersøge eftervirkning ved tilførsel med halmpiller og biokul fra halm.

Alle behandlinger i dette års forsøg er tilført samme gødningsmængde (NPK), med en kvælstoftilførsel på 20 kg pr. ha under N-normen. Der er ikke tilført biokul på forsøgsarealerne i 2023.

Forsøgene er placeret ved Rødby på Lolland på lerjord (JB 6), ved Ytteborg i Vestjylland på lerjord (JB 6) og ved Esbjerg på sandjord (JB 3). På forsøgsarealerne er der i 2023 sået vinterhvede i forsøget på Lolland, og vårbyg i begge forsøg i Jylland.

Grundet tørke i forsommeren er forsøget på sandjord ved Esbjerg vandet i maj og juni. Desværre er fire parceller i forsøgets 2. gentagelse ikke vandet som resten af forsøget, hvorfor disse parceller udgår. I forsøget i vinterhvede har cirka 15 procent af planterne været angrebet



FOTO: RIKKE LYKKE ERIKSEN, SEGES INNOVATION
Biokulpiller pløjet ned i efteråret 2021 er vendt op til overfladen igen ved pløjning i foråret 2023. Billedet er fra en parcel med tilførsel af 20 tons biokul.

TABEL 6. Forsøg med tilførsel af halmpiller og biokul fra halm anlagt i 2022, eftervirkning målt i 2023 (05)

Biokul	2022			2023		
	Kg N pr. ha i gødning	Plantebestand efter fremspiring, planter pr. m²	Udbytte, hkg kerne pr. ha	Kg N pr. ha i gødning	Plantebestand efter fremspiring, planter pr. m²	Udbytte, hkg kerne pr. ha
2022-2023.						
3 forsøg, vinterhvede			2 forsøg, vårbyg			
Ubehandlet	0	181	47,7	127	267	57,1
Ubehandlet	100	174	89,3	127	255	56,4
Ubehandlet	150	180	104,5	127	265	56,4
Ubehandlet	200	178	109	127	285	57,9
10 ton halmpiller	180	176	104,1	127	265	54,7
2,5 ton biokul fra halm	180	180	102,4	127	272	55,6
5 ton biokul fra halm	180	176	100,2	127	275	56,4
10 ton biokul fra halm	180	173	101,9	127	278	54,9
20 ton biokul fra halm	180	172	101,6	127	275	54,6
LSD			8,4			ns

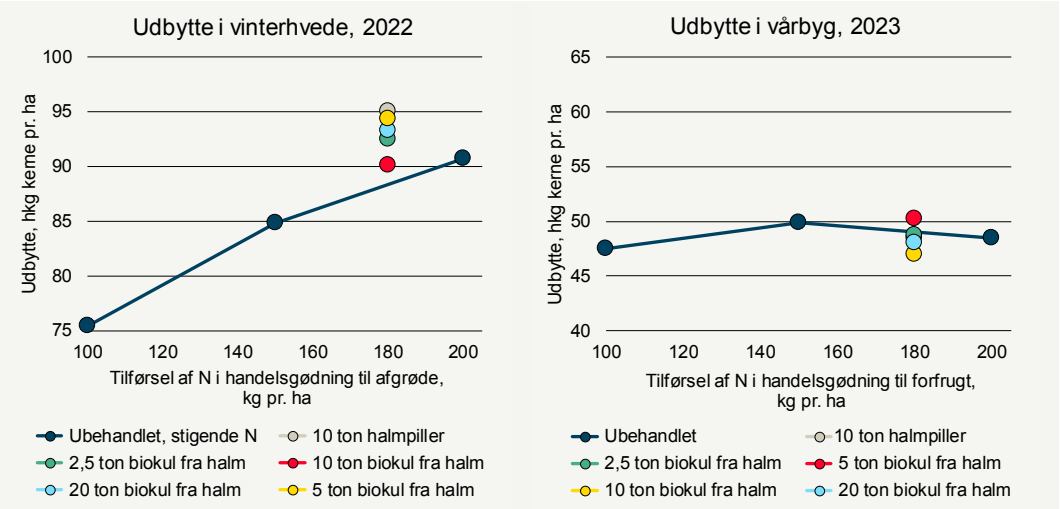
af Septoria. Der er ikke fundet sygdomsangreb i de to forsøg i vårbyg.

I dette års forsøg er der, ligesom i første forsøgsår, ikke opnået udbytteeffekt ved tilførsel af biokul. Resultaterne fra de to forsøg i vårbyg fremgår af tabel 6, og viser en svag tendens til lavere udbytte i behandlinger med biokul eller halmpiller. Kerneudbyttet i behandlingen med 5 ton biokul fra halm pr. ha er dog på niveau med udbytterne i led uden tilførsel af biokul eller halmpiller.

Der er heller ikke opnået signifikant udbytteeffekt ved tilførsel af biokul i forsøget i vinterhvede (ikke vist). Der er dog fundet lavere kerneudbytte på 6,5 hkg ved tilførsel

af enten 10 ton halmpiller eller 20 ton biokul fra halm pr. ha, mens udbytterne i de resterende behandlinger med biokul er sammenlignelige med de ubehandlede led.

Udbytterne i forsøget på sandjord viste i 2022 en positiv respons ved tilførsel af biokul og halmpiller. Denne positive respons på tilførsel af biokul, har dog ikke kunnet genfindes i dette års forsøg. Dermed er der ikke fundet en udbyttømæssig eftervirkningseffekt ved tilførsel med biokul eller halmpiller. Se figur 1. Udbytterne i forsøgene på lerjord er ligesom i første forsøgsår på niveau eller mindre end i de ubehandlede led og viser ligeledes ingen eftervirkningseffekt på udbytterne ved tilførsel af biokul (ikke vist).



FIGUR 1. Udbytte og eftervirkning i forsøg på sandjord (JB 3) ved Esbjerg ved tilførsel af biokul og halmpiller med stigende tilførsel af kvælstof i første forsøgsår som reference. Til venstre ses kerneudbytte fra første forsøgsår i 2022 og til højre eftervirkning på kerneudbytte i andet forsøgsår i 2023.

Analysér for fosfor- og kaliumindholdet i procent af tørstof i kernerne fra de to forsøg i vårbyg, viser ingen effekt af biokul på fosforindholdet og en svag tendens til højere kaliumindhold i kernerne ved tilførsel af biokul eller halmpiller.

Eftervirkning af biokul fra halm og slam

Tre forsøg med tilførsel af biokul fra henholdsvis halm og slam blev anlagt i vårbyg i 2022. Alle tre forsøg er videreført i 2023 for at undersøge biokuls eftervirkning på udbytte og jordens næringsstofindhold.

Der er ikke tilført yderligere biokul i 2023, og forsøgene er også i dette år udført som to-faktorielle forsøg med og uden tilførsel af fosfor og kalium. Alle forsøgene har ligget på lerjord i henholdsvis Østjylland (JB 6), Vestjylland (JB 6) og på Lolland (JB 7). I 2022 var afgrøden vårbyg i alle tre forsøg, mens forsøgene i 2023 er sået med afgrøder, der følger forsøgsmarkernes sædskifte. Forsøget i Vestjylland er udført i vårbyg. Forsøget i Østjylland er udført i vårbyg med frøgræsudlæg og i forsøget på Lolland er udført i vinterhvede. Forsøget i Vestjylland er først sået i maj, hvilket sammen med den tørre forsommer resulterede i, at afgrøden har stået tyndt. Kun forsøgene i Vestjylland og på Lolland er høstet forsøgsmæssigt i 2023.

I forsøget på Lolland er der en signifikant positiv effekt på kerneudbyttet ved tilførsel af fosfor og kalium (ikke vist). Der er ingen effekt på kerneudbyttet af sidste års tilførsel af biokul, hverken fra slam eller halm.

Der er signifikant vekselvirkning på kerneudbyttet af behandlingerne i forsøget i Vestjylland. Se tabel 7. Denne vekselvirkning ses blandt andet ved den store forskel i

udbytte mellem behandling med 10 ton biokul fra halm pr. ha med og uden tilførsel af supplerende fosfor og kalium. Tilførsel af 10 ton biokul fra halm pr. ha, uden supplerende fosfor og kalium giver det mindste udbytte på 40,9 hkg kerne pr. ha, mens den samme behandling med tilførsel af fosfor og kalium giver det højeste udbytte på 55,0 hkg kerne pr. ha. Der er dog også vekselvirkning mellem de ubehandlede med og uden tilførsel af fosfor og kalium, hvorfor der ikke er en gennemgående tendens til, at tilførsel af fosfor og kalium resulterer i større udbytte med stigende mængder biokul. Forklaringen på den fundne vekselvirkning skal muligvis i stedet søges i årets særlige vækstsæson.

I forsøget i Vestjylland viser resultaterne fra analyser for fosfor- og kaliumindholdet i kernerne, målt i procent i tørstof, ikke store forskelle mellem behandlingerne. Der er dog en tendens til højere indhold af både fosfor og kalium i kernerne ved tilførsel af biokul sammenlignet med de ubehandlede. Analyser af hvedekernerne fra forsøget på Lolland viser varierende fosforindhold og tendens til lavere kaliumindhold i behandlinger med tilførsel af biokul.

Der er udtaget jordprøver i forsøgene, både i 2022 før udbringning af biokul og igen i foråret 2023. I 2022 er der udtaget en enkelt jordprøve for hele forsøgsarealet, mens der er udtaget én jordprøve for hver forsøgsbehandling i 2023. Da biokul indeholder både fosfor og kalium, og typisk har en høj pH-værdi, der potentielt kan have en kalkningseffekt, vil biokul muligvis kunne påvirke jordbundstallene, når det spredes på landbrugsjord.

Ved sammenligning af resultaterne for jordprøverne i 2023 med referencejordprøven fra 2022 i de tre forsøg,

TABEL 7. Forsøg med tilførsel af slam og biokul fra halm anlagt i 2022, eftervirkning målt i 2023 (O6)

Vårbyg	2022		2023			
	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte, hkg kerne pr. ha	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	P i kerne, pct. i TS	K i kerne, pct. i TS	Udbytte, hkg kerne pr. ha
2022-2023. 1 forsøg						
A. Ubehandlet + NS	72	62,7	64	0,29	0,52	43,5
A. 5 ton biokul fra halm + NS	78	66,9	72	0,29	0,53	47,5
A. 10 ton biokul fra halm + NS	74	63,8	63	0,30	0,54	40,9
A. 0,5 ton biokul fra slam + NS	76	65,2	70	0,30	0,56	47,3
B. Ubehandlet + NPKS	73	65,6	80	0,29	0,46	52,5
B. 5 ton biokul fra halm + NPKS	77	65,6	76	0,31	0,52	51,6
B. 10 ton biokul fra halm + NPKS	73	67,5	80	0,31	0,48	55
B. 0,5 ton biokul fra slam + NPKS	73	63,8	74	0,31	0,50	49,7
LSD12		ns				4,8

er der begrænsede ændringer, svarende til almindelig variation, i både reaktionstal, fosfortal og kaliumtal (ikke vist). I forsøgene i Vestjylland og på Lolland ses en mindre stigning i reaktionstallet på op til 0,4 enheder, mens der i forsøget i Østjylland er et mindre fald i reaktionstallet på -0,3 enhed. Generelt adskiller ændringerne i jordbundstallene i behandlingerne med biokul sig ikke fra led uden tilførsel af biokul.

Mere om resultaterne fra forsøgenes anlægsår, kan læses i LANDSFORSØGENE 2022, i afsnittet Kulturteknik og jord.

Forsøg med tilførsel af biokul fra halm og gyllefibre til vinterraps

I 2023 er der gennemført to forsøg i vinterraps med tilførsel af biokul fra halm i stigende mængder (0-20 tons pr. ha) og 4,2 tons pr. ha biokul fra gyllefibre.

Tilførsel af biokul fra halm i større mængder, henholdsvis 10 og 20 tons pr. ha, har resulteret i et signifikant udbyttetab på 3-4 hkg frø af standardkvalitet pr. ha i sammenligning med det ubehandlede led uden tilførsel af biokul. Se tabel 8. Udbytteerne ved tilførsel af 5 tons biokul fra halm og 4,2 tons biokul fra gyllefibre adskiller sig ikke signifikant fra det ubehandlede led. Olieindhold i procent af tørstof er højt og ensartet på tværs af behandlingerne.

Forsøgene er gennemført i Østjylland på JB 5 og i Vestjylland på JB 4. Begge forsøg er etableret i august med forudgående tilførsel af biokul, hvor biokul er udvejet og udbragt manuelt og efterfølgende nedpløjet før etablering af vinterraps.

I begge forsøg har der været en god overvintring og vækst i planterne gennem vækstsæsonen. Forsøget i Østjylland har haft begyndende tegn på tørkeskade og har været angrebet af lys bladplet med op til 24 procent angrebne planter. Den 4. gentagelse af dette forsøg ud-

går, da gentagelsen ved høst var i udpræget visuel dårlig tilstand, sammenlignet med resten af forsøget. Dette på trods af, at der ikke har været registreret hverken mere alvorlige angreb af lys bladplet eller tørke i denne gentagelse. Forsøget i Vestjylland har ikke vist tegn på tørkeskade, trods den tørre forsommer, og har ligeledes ikke været angrebet af hverken gråskimmel eller lys bladplet.

Plantebestand optalt efter etablering har været ensartet i begge forsøg, og på omkring 30 planter pr. m². Ved plantetælling ultimo maj er plantebestanden i det østjyske forsøg til den lave side, med cirka 20-24 planter pr. m² i led med tilførsel af biokul, mens det ubehandlede led har haft en del flere planter pr. m². Forsøget i Vestjylland har bevaret samme plantebestand i alle behandlinger ved optælling i maj.

Forsøgene er blevet tilført 160-170 kg kvælstof og 100 kg kalium pr. ha. Der er ikke blevet tilført supplerende fosfor, men led med tilførsel af biokul, har fået tilført fosfor fra biokul. Tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium med handelsgødning og biokul fremgår af tabel 8 for hver behandling. Mængden af tilført biokul fra gyllefibre er indledningsvist fastsat efter fosforloftet på 30 kg fosfor pr. ha, men efterfølgende analyser viste et højere indhold af fosfor i biokullet end først antaget, og den tildelte mængde biokul fra gyllefibre svarer derfor til en tildeling på 48 kg fosfor pr. ha.

I 2023 er der også udført forsøg, der undersøger gødsningsvirkningen af fosfor i biokul. Resultaterne fra disse forsøg kan læses i afsnittet om gødskning.

Resultaterne af enkeltforsøgene viser, at de største udbyttetab på 5,6 og 4,8 hkg frø af standardkvalitet pr. ha ved henholdsvis 10 og 20 tons biokul fra halm pr. ha er målt i forsøget på sandjord i Vestjylland. Udbyttetabet ved disse behandlinger er markant lavere i forsøget i Øst-

TABEL 8. Forsøg med biokul fra halm og gyllefibre til vinterraps (07)

Vinterraps	Plantebestand efter fremspiring, planter pr. m²	Ton C pr. ha tilført med biokul	Kg N pr. ha tilført med biokul + gødning	Kg P pr. ha tilført med biokul + gødning	Kg K pr. ha tilført med biokul + gødning	Olie, pct. i TS	Udbytte og merudb., standardkvalitet, hkg pr. ha
<i>2023. 2 forsøg</i>							
Ubehandlet	32	0,0	135	0	100	53,2	56,1
5 ton biokul fra halm	29	2,1	156	5	226	53,1	-0,2
10 ton biokul fra halm	29	4,1	177	11	352	53,0	-3,9
20 ton biokul fra halm	25	8,3	220	22	603	53,0	-3,2
4,2 ton biokul fra gyllefibre	29	2,1	197	48	276	53,6	-1,0
LSD							3,0

jylland. Årsagen til udbyttetabene ved tilførsel af større mængder biokul kan være mange, da biokul har mange egenskaber, som kan påvirke jord og afgrøde forskelligt.

En mulig forklaring på udbyttetabene kunne være en saltskade forårsaget af den usædvanligt høje tilførsel af kalium, som ved 10 og 20 tons biokul fra halm pr. ha (inklusive supplerende kalium i handelsgødning) er på henholdsvis 352 og 603 kg kalium pr. ha. Desuden er der i begge forsøg målt høje reaktionstal (Rt) og kaliumtal (Kt) i jordprøver udtaget efter nedpløjning af biokul. Da biokul ifølge litteraturen kan have en kalkningseffekt, kan tilførsel af de høje mængder biokul øge reaktionstallet, og dermed potentielt påvirke tilgængeligheden af andre vigtige næringsstoffer som f.eks. bor. Desværre kendes pH-værdien og kalkningseffekten ikke for det anvendte biokul i disse forsøg.

Der er fortsat behov for flere forsøg med undersøgelse af kort- og langtidseffekterne ved tilførsel af forskellige typer af biokul i varierende tildelingsmængder for at opnå en større forståelse for effekten af biokul på jord og afgrøder under danske markforhold.

Forsøg med biokul som jordforbedring ved tilførsel til underjorden

I regi af GUDP-projektet BioAdapt har SEGES Innovation, i samarbejde med Københavns Universitet, anlagt ét forsøg med tilførsel af biokul til underjorden for at undersøge, om biokul kan forbedre underjorden på grovsandet jord (JB 1).

Dyrkning på JB1-jord udfordres ofte af jordens ringe evne til at holde på vand og næringsstoffer, samtidig med at rodudviklingen i dybden begrænses af den høje mekaniske modstand på denne jordtype. Da biokul har en vandholdende evne samt evnen til at binde næringsstoffer såsom ammonium (NH_4^+) og kalium (K^+), vil biokul potentielt kunne forbedre denne jordtype.

I tidligere søjleforsøg, udført ved Københavns Universitet, med tilførsel af store mængder biokul til underjorden (25-100 cm) til JB1-jord, er der opnået øget kerneudbytte i vårbyg på op til 22 procent ved denne behandling. Om lignende merudbytter kan opnås i marken, skal nu undersøges i det nye forsøg.

Forsøget er anlagt nær Esbjerg på et areal, hvor jordtyper er JB 1 i både over- og underjorden. Forsøget inklu-



FOTO: JANNE AALBORG NIELSEN, SEGES INNOVATION

Forsøgsarealet efter behandling af underjorden med og uden iblanding af biokul. Jorden ændrer tydeligt farve, når det blandes med biokul.



FOTO: JANNE AALBORG NIELSEN, SEGES INNOVATION

Parcel med iblanding af 3 procent biokul i underjorden (30-80 cm dybde). Underjord og biokul blev blandet sammen i tvangsblander, og derefter lagt tilbage.

derer fire behandlinger, heraf to reference behandlinger (med og uden opblanding af underjorden) og to behandlinger med henholdsvis 1,5 procent og 3 procent biokul, svarende til cirka 100 og 200 tons biokul pr. ha, grundigt opblandet i underjorden i 30-80 cm dybde. Det tilførte biokul er fra halm, og det er blevet fintformalet før tilførsel til jorden. Biokullet mindede om sort kartoffelmel.

Der er sået vårbyg på forsøgsarealet efter behandling af underjorden og tilbagelægning af overjorden. Forsøget er ikke høstet forsøgsmæssigt i 2023.

Biomasse målinger (NDVI og NDRE) foretaget i juli måned viser ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne for afgrødens biomasse.