



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Effekt af nye biobaserede vækstsubstrater på sygdomssymptomer i Kalanchoe

Inokuleringsforsøg med *Fusarium oxysporum*



Effekt af nye biobaserede vækstsubstrater på sygdomssymptomer i Kalanchoe

**Inokuleringsforsøg med *Fusarium
oxysporum***

Rapport fra

Teknologisk Institut, Skejby - Agro Food Park 15 8200 Aarhus N
Fødevarer og Produktion
Helle Hestbjerg

Ansvarlig for forsøget

Kai Lønne, R&D Manager, Queen Genetics
Laboratorieansvarlig: Jwan Annan Goreal

December, 2025

Indholdsfortegnelse

1 Indledning	4
2 Metode	4
2.1 Forsøgsopsætning i minidrivhuse	4
2.2 For-forsøg	5
2.3 Forsøg med 4 sorter	5
2.3.1 Substratblandinger	6
2.3.2 Planter og inokulering	7
3 Resultater og diskussion	9
3.1 Statistisk analyse	9
3.1.1 Planternes sygdomsscore	10
3.1.2 Planternes friskvægt	11
3.2 Kommentarer og konklusion	12
4 Appendix A	14

1 Indledning

Plantesygdomme forårsaget af svampen *Fusarium oxysporum* er et stigende problem i nogle kulturer, blandt andet i Kalanchoe. Årsagen vides ikke med sikkerhed, men kan skyldes mutationer i svampen.

Formålet med forsøget beskrevet i denne rapport er at teste, om de nye væksts substrater, der er udviklet i GUDP projektet BioSubstrate 2.0, har en effekt på udvalgte Kalanchoe-sorters modtagelighed/modstandsdygtighed overfor *Fusarium oxysporum* (nedenfor kaldet 'Fusarium').

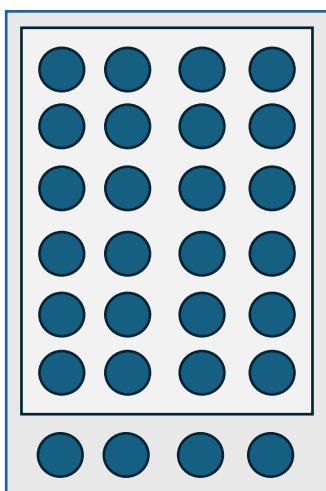
Denne svamp er årsag til visnesyge. Den blokerer vandtransporten i planterens karsystem. Dette fører i første omgang til at rødderne visner og dermed hæmmes væksten, bladede får misfarvning og falder af.

2 Metode

Forsøget gennemføres i minidrivhuse i laboratoriet hos Queen. Et pilotforsøg blev gennemført i november-december 2024 og det egentlige forsøg i april-juni 2025.

2.1 Forsøgsopsætning i minidrivhuse

Minidrivhusene har plads til en bakke med 4x6 potter og 4 ekstra potter udenfor bakken. Disse minidrivhuse placeres i et temperaturstyret rum med plantelys. Se illustrationen og foto herunder.





2.2 For-forsøg

Forsøgsopstillingen blev afprøvet med de udvalgte substrater beskrevet i afsnit 2.3.1 i et mindre for-forsøg. Dette blev startet op i december 2024 og opgjort i februar 2025. Sorten Katie blev anvendt og holdt op mod Lilian, som er tolerant overfor Fusarium. Forsøget beskrevet nedenfor blev tilrettelagt på baggrund af erfaringerne herfra.

2.3 Forsøg med 4 sorter

Et forsøg med 4 Kalanchoesorter blev gennemført i foråret 2025.

Tidslinje

Uge 14	Uge 17	Uge 19	Uge 20	Uge 21	Uge 22	Uge 24
Stiklinger plantet.	24/4: Innokuleret med <i>Fusarium oxysporum</i> . Minidrivhuse dækket med hvidt papir til beskyttelse mod sollys.	8/5: Hvidt filterpapir fjernet. 9/5: Ventilationshuller åbnet.	Første evaluering.	Anden evaluering.	Tredje evaluering.	Sidste evaluering. Forsøget afsluttet.



2.3.1 Substratblandinger

Til forsøget blev der fremstillet 6 forskellige substratblandinger af følgende komponenter: sphagnum, træfibre, pilekompost, biofibre (også kaldet AST fibre) og modnet bark. De enkelte biomasser blev analyseset for næringsstoffer og andre parametre – se nedenstående skema.

	CEC	Chloride (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N	Ca (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l))	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	K (mg/l)	P (mg/l)	Na (mg/l)	S (mg/l)	Zn (mg/l)	B (mg/l)	pH	Salt concentration (g/L)	Bulk density FW (g/L)	Bulk density DW (g/L)	DM	RH %	NH ₄ / NO ₃	Total N	
Material																								
Peat (Raw)	40	26	3	6	3	ND	ND	2		6	2	19	10	ND	0	4	0	344	145	42	58	2	9	
Wood Fibre	13	3	0	0	1	ND	ND	1		13	1	4	3	ND	0	5	0	158	68	43	57	0	1	
Willow compost	49	925	232	1	58	0	1	18	0	2053	36	164	100	1	2	7	4	595	333	56	44	0	233	
AST fibre	47	500	4	88	8	0	1	9	0	859	286	303	53	0	1	9	3	128	111	87	13	24	91	
Aged Bark	43	72	5	4	4	ND	ND	1		123	38	15	1	ND	0	6	0	545	159	29	71	1	10	
ND: Not Determined																								

Andele af de forskellige biomasser i hver enkelt af de 6 substratblandinger og den tilsatte gødning er angivet i nedenstående skema.

	Biomasse (andel)							Gødning (mg per liter)						
	Sphagnum (volumen)	HB2 (volumen)	Pile kompost (volumen)	Moden bark (volumen)	Træfibre (volumen)	Biofibre (volumen)	Vivisol	Kalksalp eter	Urea	PG mix NPK (12-6-20)	SS (0-7,4-0)	Kalk F1	Gips	Vivisol
Kontrol	0,75				0,25			312,5		1000		2800		
Kontrol + Vivisol	0,75				0,25		+	312,5		1000		2800		2000
50 % reduktion	0,5				0,25	0,25		1086,5	350			2000	1000	
50 % reduktion	0,5		0,25		0,25			1086,5			700	2000	1000	
50 % reduktion	0,5			0,25	0,25			427,5		850		2000	1000	
50 % reduktion	0,5	0,5						1674			820	2000	1000	

Blandingerne blev fremstillet i en almindelig betonblander hos Pindstrup, Kongerslev.



Til venstre: blanding skete i betonblanderen. Til højre: træfibre delvist iblandet spagnum og modnet bark.

2.3.2 Planter og inokulering

Der blev anvendt stiklinger af sorterne *Gertrude* (meget sensitiv), *Raelynn* og *Cecilie* (sensitiv) og *Lillian* (tolerant).

For hvert substrat blev i et minidrivhus sat:

Gertrude: 8 stk

Raelynn: 8 stk

Cecilie: 8 stk

Lillian: 4 stk

Sensitivitet overfor *Fusarium* vurderes på en skala fra 1-5, hvor 5 er meget sensitiv og 1 er tolerant. De anvendte sorter scorer:

Gertrude: 5

Raelynn: 3

Cecilie: 3

Lillian: 1

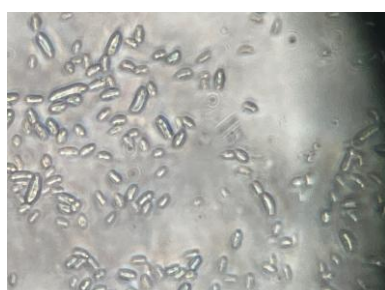
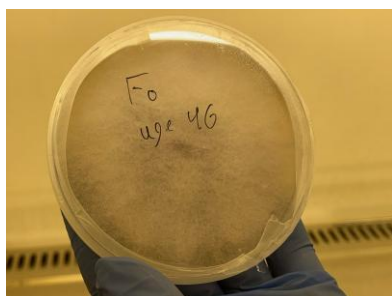
Sporesuspension

Koncentrationen af *Fusarium*-suspension blev justeret til 750.000 sporer/ml. Hver potte blev inokuleret med 10 ml suspension.

Ved forsøgsopsætning blev hver kasse vandet med 500 ml brøndvand tilsat 2 ml/L gødning

Der blev lagt hvidt filter papir ovenpå minidrivhusene for at beskytte mod kraftigt vækstlys de første 14 dage.

Ventilationshullerne var lukkede i denne periode for at skabe høj luftfugtighed, som fremmer infektion.



Fusarium oxysporum dyrkes i petriskåle (øverst t.v). En sporesuspension fremstilles ved at løsne sporerne fra myceliet (øverst i midten). Suspensionen filtreres gennem gaze (øverst t.h.) og justeres til ønsket koncentration ved tælling i mikroskop (nederst).

Inokulering

Stiklinger blev sat i de forskellige blandinger og umiddelbart forud for inokulering med *Fusarium* sporesuspensionen blev rodsystemet på hver plante beskadiget ved et forsigtigt at trække plantet løs i substratet og skubbe den ned igen.



Minidrivhusene blev placeret under plantelys i inkuberingskammer d. 24.4.



Vanding

Vanding skete på baggrund af skønnet behov ved at vurderer potterne vægt og føle på substratet. Der blev vandet med brøndvand tilsat 2 ml gødning/liter i henhold til nedenstående skema.

9/5	14/5	23/5	28/5
Blanding 5: 1 l	Alle blandinger: 0,5 l	Blanding 5: 2 l	Alle blandinger: 0,5 l.

3 Resultater og diskussion

Bladfald og gulnede blade er registreret for alle planter:

16/5 (3 uger post-inokulering)

23/5 (4 uger post-inokulering)

30/5 (5 uger post-inokulering)

4/6 (6 uger post-inokulering)

Se resultaterne for de enkelte registreringer i Appendix A. Der er erfaring for at planter, som ved første registrering, 3 uger efter inokulering, viser sygdomstegn, kan overvinde *Fusarium*angrebet. Derfor er registrering foretaget ugentligt i 4 uger.

Resultater er nedenfor begrænset til forsøgets slutopgørelse.

3.1 Statistisk analyse

Både antallet af planter med bladfald 6 uger efter såning og antallet med gul-farvning 6 uger efter såning blev modelleret med en binomialfordeling. Sort og blanding blev brugt som forklarende variable. Udregningen blev foretaget i R med pakken `brglm2` og Firth's bias korrektion for at håndtere at nogle behandlingsgrupper havde enten 0% eller 100% af planterne med det observerede udfald.

Der var ikke tegn på vekselvirkning mellem blanding og sort, hverken for bladfald eller gul-farvning (p-værdi hhv. 0.9983 og 0.6976, se nedenstående tabel).



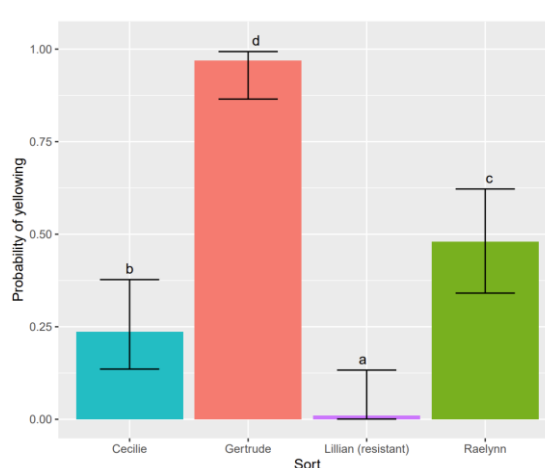
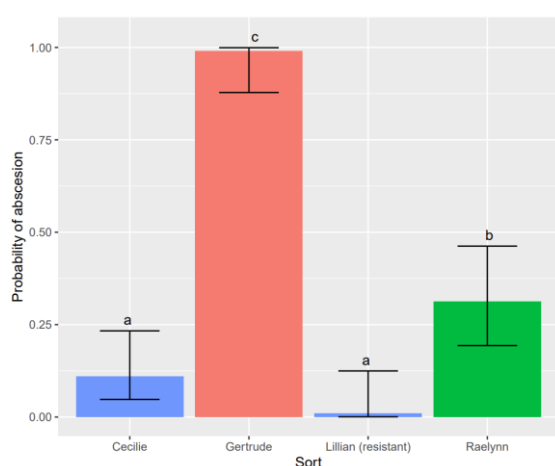
P-værdier for signifikans af de forklarende variable sort og blanding. P-værdier under 0.05 indikerer statistisk signifikante effekter..

	Bladfald	Gulfarvning
Sort	<0.0001	<0.0001
Substratblanding	0.3160	0.4920
Sort*Substratblanding	0.9983	0.6976

Fordi der ikke er belæg for en vekselvirkning mellem sort og blanding, blev deres effekter udregnet separat. Effekterne blev opgjort som den estimerede sandsynlighed for bladfald eller gul-farvning, udregnet som gennemsnit på tværs af den anden faktor. Compact letter display (CLD) blev udregnet for at indikere hvilke sorter og blandinger, der er signifikant forskellige. CLD for sorter blev udført uden justering for multiple sammenligninger, da forskelle mellem sorter var forventet på forhånd, og sammenligningerne derfor var konfirmatoriske snarere end eksplorative. For blandingerne er der brugt Tukey's justering til CLD, så de kan bruges til at opdage nye forskelle.

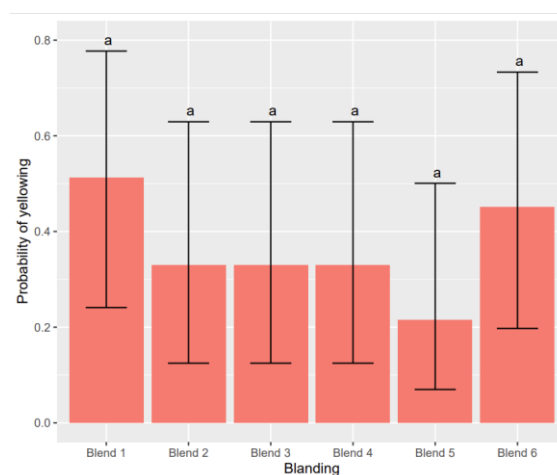
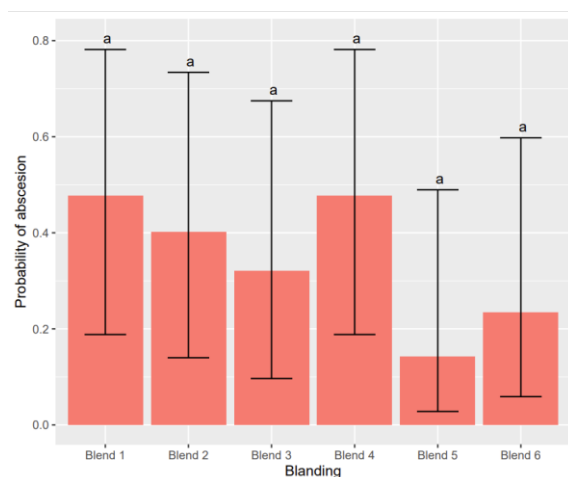
3.2 Planternes sygdomsscore

Nedenfor er angivet bladfald (t.v.) og gulfarvning (t.h.) for de 4 sorter. Forsøget bekræfter at Lilian er meget tolerant, Gertrude er meget modtagelig. Cecilie og Raelynn er delvist tolerante. På begge parametre viser Cecilie størst tolerance overfor Fusarium.





Forsøget viser derimod ikke nogen statistisk signifikant effekt af de 6 forskellige substratblandinger, hverken på bladfald (t.v.) eller gulfarvning (t.h.).

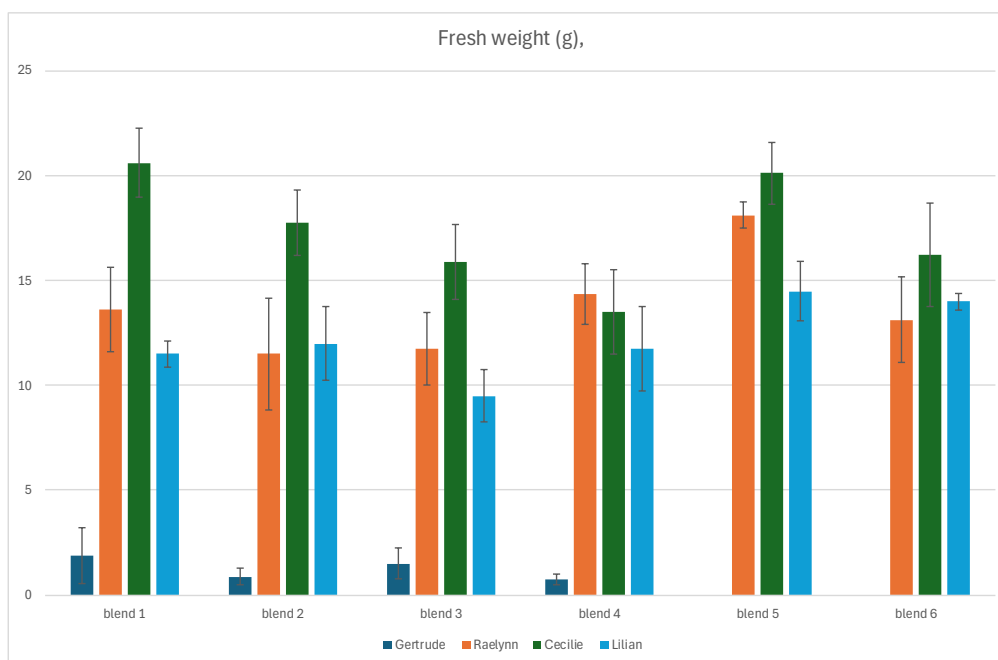


Oversigt over substrat-blandingerne

Blanding 1	70% sphagnum, 30% træfiber
Blanding 2	70% sphagnum, 30% træfiber + Vivisol
Blanding 3	50% sphagnum, 25% træfiber, 25% biofiber
Blanding 4	50% sphagnum, 25% træfiber, 25% pilekompost
Blanding 5	50% sphagnum, 25% træfiber, 25% modnet bark
Blanding 6	50% sphagnum, 50% HB2*
* HB2 er pilekompost tilsat findelte frisk pileflis.	

3.3 Planternes friskvægt

I nedenstående figur er angivet gennemsnitlig friskvægt for planterne for hver Kalanchoesort og substratblanding ved forsøgets opgørelse.



Friskvægt angivet i gram og med standardafgivelser baseret på 8 planter for sorterne Gertrude, Raelynn og Cecilie og 4 planter for Lilian.

Den lave fristvægt for Gertrude er helt i tråd med at sorten blev voldsomt ramt af Fusarium angreb. Lilian var frisk og rask, men har en lavere vækstrate end Cecilie, som var svagt angrebet. Raelynn var mere angrebet med en lidt svagere vækst end Cecilie.

3.4 Konklusion og kommentarer

Ingen forskel

Forsøget viste imidlertid ingen signifikant forskel på de 6 substratblandingers indvirkning på modtageligheden overfor Fusarium, når der blev set på planternes tilstand 6 uger efter inokulering.

pH

Som det fremgår af tabellen øverst side 6, er pH noget lavere for sphagnum end for det nye substratkomponenter. En øget pH giver erfaringsmæssigt mindre angreb af Fusarium (Kai Lønne, Queen Genetics) og på den baggrund kunne det have været forventet at substratblanding 3, 4, 5, og 6 med 50% sphagnum havde mindre angreb end blanding 1 og 2 med 70% sphagnum.

Gennemsnit af planternes scorer over de 4 uger (med 1 ugentlig bedømmelse) viste dog for Raelynn et større bladfald i blanding 1 og 2 end i resten. Tilsvarende mere gul-farvning for blanding 4 og 5. Disse data er ikke vist og af mindre betydning, da det blev udlignet inden uge 6. Det ses at planter kan overvinde Fusariumangreb og indhente den mistede vækst, hvilket graferne for friskvægt (side 12) og sygdomsscorer (side 11) tydeligt viser.

Der er en tendens til mindre bladfald for substratblanding 5 og 6 (figuren til venstre øverst side 11). Der ses yderligere en tendens til mindre gul-farvning for substratblanding 2, 3, 4 og 5 sammenlignet med kontrollen (Blanding 1) og Ny Vraa produktet HB2 i blanding med sphagnum (figuren til højre øverst side 11). Eftervisning af en eventuel effekt ville kræve flere planter per forsøgsenhed.

Mangel på usmittede planter

Ved videre arbejde med eftervisning af nye substratblandingers eventuelle effekt på modtageligheden/tolerancen overfor *Fusarium oxysporum* anbefales det at inkludere kontrolplanter i forsøget, som tilsættes vand i stedet for svampespiresuspension udover et større antal planter for hver substratblanding.

4 Appendix A

Nedenfor er angivet karaktererne for hver plante efter sort og behandling (substratblanding).

Bladfald: For sorterne Gertrude, Raelynn og Cecilie: antal planter ud af 8, hvor mindst 1 blad var faldet af.

For Lillian: antal planter ud af 4, hvor mindst 1 blad var faldet af.

Gulfarvning: For sorterne Gertrude, Raelynn og Cecilie: antal planter ud af 8, hvor mindst 1 blad var helt eller delvist gulnet. For Lillian: antal planter ud af 4, hvor mindst 1 blad var helt eller delvist gulnet.

		3 uger	3 uger	4 uger	4 uger	5 uger	5 uger	6 uger	6 uger
		Bladfald	Gul-farvning	Bladfald	Gul-farvning	Bladfald	Gul-farvning	Bladfald	Gul-farvning
Gertrude	Blend 1	8	8	7	7	7	6	8	7
Raelynn	Blend 1	4	4	3	7	3	6	4	6
Cecilie	Blend 1	1	1	1	2	1	2	1	3
Lillian (resistant)	Blend 1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gertrude	Blend 2	8	8	8	8	8	8	8	8
Raelynn	Blend 2	4	4	5	4	5	5	3	4
Cecilie	Blend 2	1	1	2	1	1	1	1	1
Lillian (resistant)	Blend 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gertrude	Blend 3	8	8	8	8	8	7	8	8
Raelynn	Blend 3	2	2	3	4	2	4	3	4
Cecilie	Blend 3	1	1	0	0	0	0	0	1
Lillian (resistant)	Blend 3	0	0	0	0	1	1	0	0
Gertrude	Blend 4	8	8	8	8	8	8	8	8
Raelynn	Blend 4	2	1	4	4	3	3	3	3
Cecilie	Blend 4	1	1	2	2	2	3	2	2
Lillian (resistant)	Blend 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gertrude	Blend 5	8	8	8	8	8	8	8	8
Raelynn	Blend 5	2	0	3	3	0	3	1	3
Cecilie	Blend 5	0	0	1	1	0	0	0	0
Lillian (resistant)	Blend 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gertrude	Blend 6	8	8	8	8	8	8	8	8
Raelynn	Blend 6	2	0	3	5	3	3	1	3
Cecilie	Blend 6	1	1	1	3	1	4	1	4
Lillian (resistant)	Blend 6	0	0	0	0	0	0	0	0