



Träfiber från Sverige

En studie av svensk träfiber som odlingssubstrat

Linda Wingren & Jill Streimert

Examensarbete 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet Alnarp 2024

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Trädgårdsingenjör: odling- Kandidatprogram



Träfiber från Sverige. En studie av svensk träfiber som odlingssubstrat

Linda Wingren & Jill Streimert

Handledare: Lotta Nordmark, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Biosystem och teknologi

Examinator: Malin Hultberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0844

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling-kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för Biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2024

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd vilket är författarna i samtliga fall utom figur 1.

Nyckelord: jordgubbar, Licor 6800, substrat, torv, träfiber

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Sammanfattning

För att världen ska kunna föda en växande befolkning krävs nya och mer effektiva odlingssystem. Odling i annat än jord är ett bra sätt att utnyttja även andra ytor än marken för att producera mat. I Sverige har det generellt funnits god tillgång till torv. Under sista tiden har torvens och torvbrytningens effekter på miljön diskuterats och det har blivit ännu viktigare att hitta substrat som kan minska torvanvändningen. Träfiber har länge undersökts som ett material som potentiellt skulle kunna vara bra att odla i. Träfibers växtplats och sort avgör dess egenskaper vilket gör att träfiber från Sverige inte får samma egenskaper som träfiber från ett annat land. I Sverige finns det inga studier gjorda kring svensk träfiber.

I detta arbete undersöktes de kemiska och fysikaliska egenskaperna hos träfiber framställt med träfiberråvara från Skåne. Träfibern var uppblandad med olika fraktioner av torv och i olika volymer av torv och träfiber. Även ett odlingsförsök med jordgubbar i de olika substratblandningarna genomfördes. Resultatet visade att det går bra att odla i träfiber både som ensamt substrat och uppblandat med olika mängder torv men att det vid högre andel träfiber krävs närings och bevattningskorrigeringar. Hur detta skulle korrigeras behöver undersökas mer i framtida arbeten.

Nyckelord: Jordgubbar, Licor 6800, substrat, torv, träfiber

Abstract

In order for the world to be able to feed a growing population, new and more efficient farming systems are required. Cultivation in other than soil is a good way to use other surfaces than the ground to produce food. In Sweden, there has generally been good access to peat. Recently, the effects of peat and peat mining on the environment have been discussed and it has become even more important to find substrates that can reduce the use of peat. Wood fiber has long been researched as a material that could potentially be good for cultivation. The wood fiber's plant location and variety determine its properties, which means that wood fiber from Sweden does not have the same properties as wood fiber from another country. In Sweden, there are no studies done on Swedish wood fiber.

In this work, the chemical and physical properties of wood fiber produced with wood fiber raw material from Skåne were investigated. The wood fiber was mixed with different fractions of peat and in different volumes of peat and wood fiber. A cultivation trial with strawberries in the different substrate mixtures was also carried out. The results showed that it is possible to cultivate in wood fiber both as a sole substrate and mixed with different amounts of peat, but that with a higher proportion of wood fiber, nutrition and irrigation corrections are required. How this could be corrected needs to be investigated more in future work.

Keywords: Licor 6800, peat, strawberry, substrate, wood fiber,

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Abstract	4
Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
Förkortningar	9
Tack	10
1. Introduktion	12
1.1 Bakgrund	13
1.1.1 Odlingssubstrat	13
1.1.2 Jordgubbar	16
1.2 Frågeställning	18
1.3 Begränsningar	18
2. Material och metod	19
2.1 Odlingsförsöket	19
2.1.1 Odlingsplats	19
2.1.2 Substrat, krukor och plantor	19
2.1.3 Bevattning	20
2.1.4 Näring	21
2.1.5 Växtskydd	21
2.1.6 Mätningar	21
2.2 Kemiska analyserna	21
2.3 Fysikaliska egenskaper	22
2.4 Gasutbytesmätningar med Licor-6800	23
2.5 Statistiska metoder	24
3. Resultat	25
3.1 Odlingsförsöket	25
3.1.1 Bevattning	25
3.1.2 Jordgubbar	26
3.1.3 Rötter	28
3.1.4 Torrsvikt	28
3.1.5 Övrigt	29

3.2	Kemiska analyser	30
3.2.1	Näringsämnen	30
3.2.2	pH.	30
3.2.3	C/N kvoten.....	31
3.2.4	Katjonbyteskapacitet	32
3.2.5	Tungmetaller.....	32
3.2.6	Modifierad bladanalys	33
3.3	Fysikaliska tester	34
3.4	Gasutbytesmätningar med Licor-6800	35
4.	Diskussion	37
5.	Slutsatser och framtida forskning	42
	Referenser	43
	Bilaga 1.....	46
	Bilaga 2.....	47
	Bilaga 3.....	48
	Bilaga 4.....	49
	Bilaga 5.....	52

Tabellförteckning

Tabell 1: Resultat från Spurwayanalys, råmaterial innan tillsats av näringsämnen och innan odlingsförsök. <i>Results from Spurway analysis, raw material before addition of nutrients and before cultivation trials.</i>	30
Tabell 2: Förändringar i pH i substratet i de olika behandlingarna före och efter kulturtiden. <i>Changes in pH in the substrate in the different treatments during the culture period.</i>	31
Tabell 3: Katjonbyteskapaciteten (CEC), utbytbar Ca, K, Mg, Na, katjoner och aciditet samt pH i prover från de olika blandningarna (utan tillsatser). <i>The cation exchange capacity (CEC), exchangeable Ca, K, Mg, Na, cations and acidity as well as pH in samples from the different mixtures (without additives).</i>	32
Tabell 4: Uppmätta värden för tungmetaller i respektive jordprov. <i>Measured values for heavy metals in each soil sample.</i>	33
Tabell 5: Resultat av fysikaliska tester. <i>Results of physical tests.</i>	35
Tabell 6: Medelvärde för A=CO ₂ assimilation, g=stomal konduktans och E=transpiration med Gas Exchange system, LI-6800. <i>Mean value of measured values A=CO₂ assimilation, g=stomatal conductance and E=transpiration with Gas Exchange system, LI-6800.</i>	36

Figurförteckning

Figur 1: BBCH skalan. Bild från Bayer (2024).	17
Figur 2: Blandningar med olika mängder torv och träfiber. Recept framtaget tillsammans med substratföretag i Skånes Fagerhult februari 2024.	20
Figur 3: Bladanalys av jordgubbsplantor med Li-6800. SLU april 2024.	24
Figur 4: Bevattningsförändringar under försöket samt den totala åtgången av vatten hos de olika behandlingarna (liter/kruka)..	25
Figur 5: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna vid slutet av försöket. .	26
Figur 6: Kumulativ utveckling av medelvärdet i gram för plockade jordgubbar för de olika behandlingarna vid de olika plocktillfällena.	27
Figur 7: Medelvärden och standardavvikelse (g) för jordgubbsskörd per kruka för respektive behandling.....	27
Figur 8: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna efter avslutat försök.	28
Figur 9: Medelvärdet (g) för torrvikterna hos de olika behandlingarna.....	29
Figur 10: Svamp av okänd art.....	29
Figur 11: C/N-kvoten för respektive blandning	31
Figur 12: Medelvärde för uppmätta näringsämnen (mg/kg T.S.) i hela plantan.	34
Figur 13: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna vid slutet av försöket. A= CO ₂ assimilationshastigheten från mätningarna med Li-6800 (μmol co ₂ m ⁻² s ⁻¹).	35

Förkortningar

CEC	Cation Exchange Capacity
C/N kvot	Kol/Kväve-kvot
EC	Electrical conductivity/Elektrisk ledningsförmåga
WF	Woodfiber/träfiber

Tack

Vi vill tacka vår handledare Lotta Nordmark för stöd och pepp under arbetets gång. Vi vill också tacka Henrik och personal på Fagerhults Garden och Dennis på STF emballage för support med material och idéer. Ett stort tack också till alla på institutionen för Biosystem och teknologi som hjälpt oss med vårt arbete och kommit med goda förslag. Tack också till våra barn Ingrid, Sixten, Melker och Leo samt övriga i familjen som stått ut med oss och bidragit till många skratt.

Tack till Stina, Josefine och Jon!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

1. Introduktion

Världens befolkning beräknas fram till 2050 öka till 9,7 miljarder (UN 2019). För att kunna föda denna växande befolkning och fortsätta ha hållbara och effektiva produktionssystem för livsmedelsförsörjning behöver förbättringar göras både inom lantbruket och hortikulturen. Odlingar med olika typer av substratbaserade system, alltså odlingssystem där grödan inte är placerad i marken, är ett effektivt sätt att öka produktiviteten och samtidigt minska klimatpåverkan då den typen av odlingar ofta kan minska det totala vatten- och näringsbehovet markant (Gruda & Schnizler 2004). När de substratbaserade odlingarna ökar i popularitet leder det till ett ökat behov av odlingssubstrat. Behovet förväntas vara 4 gånger så stort om 30 år (Blok et al. 2021).

I den hortikulturella produktionen strävar ofta odlaren efter att få en hållbar odling både ekonomiskt, ekologiskt och socialt. En del i det arbetet är att hitta ett substrat som uppfyller dessa krav. På den hortikulturella marknaden finns en uppsjö av olika substratblandningar där torven är ett av de viktigaste och vanligaste substraten.

Under 50-talet kom de icke jordbaserade substraten och under lång tid har träfiber som odlingssubstrat varit diskuterat som ett möjligt alternativ. Det finns en hel del studier gjorda kring dess egenskaper och odlingsmöjligheter men de flesta, om inte alla, dessa studier är gjorda på råvara från andra länder än Sverige. Produktion av jordgubbar i tunnel och polytunnel har ökat över hela världen. Ofta används torv eller kokosfiber som odlingssubstrat men på sista tiden har också träfiber blivit alltmer populärt (Woznicki 2024).

I det här arbetet har vi därför valt att undersöka den svenska träfiberråvaran och se om den går att odla i samt vilka kemiska och fysikaliska egenskaper den har. Fokus har varit på odling av jordgubbar.

1.1 Bakgrund

1.1.1 Odlingssubstrat

Ett odlingssubstrat är alla material som kan användas för odling. Det kan vara organiska material så som torv, kokosfibrer eller träfibrer och det kan vara oorganiska material så som stenull, perlite eller andra processade material som leca kulor. Ett odlingssubstrat består av 3 olika delar. Det är den fasta delen som är själva materialet, organiskt eller oorganiskt, samt luft och vatten (Gruda & Schnitzler 2004).

För att en odlare ska kunna ta ett välinformerat beslut om vilket substrat som är bäst för just den odling som de bedriver behöver en del egenskaper kring substratet vara kända. Det finns de mer funktionella bitarna som handlar om hur mycket substratet väger, om det är löst eller hårt packat och därmed behöver någon form av hantering innan det går att använda som odlingssubstrat samt om det finns någon ekonomisk bärighet i att köpa in substratet. Inte minst kemiska och mer specificerade fysikaliska egenskaperna är viktiga för att få ett hållbart odlingsystem (Raviv et al. 2019).

När ett substrat ska testas är det viktigt att parametrar så som avkastning och kvalitet bibehålls och det är därför bäst att utföra studier där substratet används för odling. Det är dock ett kostsamt sätt att få veta något om substratets egenskaper. Det är inte heller säkert att ett försök med en viss typ av gröda och bevattnings- och näringsstrategier kommer att ge samma resultat om någon av parametrarna förändras. Därför utförs också laborietester för att bestämma kortsiktiga och långsiktiga egenskaper såsom vatten, närings och syretillgång hos substratet. De flesta av dessa tester kommer ursprungligen från markvetenskapen men har blivit anpassade för att fungera även för andra typer av substrat och odlingsätt (Raviv et al. 2019).

När odling sker i krukor finns det små reservoarer för vattenförsörjningen och de har också små substratmängder. Höga krav ställs på substratets struktur och balansen mellan förmågan att dränera bort vatten men samtidigt hålla kvar vatten tillgängligt för plantans rötter. Flera parametrar styr huruvida näringsinnehållet kan hållas kvar i substratet och finnas tillgängligt för rotsystemet. Utöver de fysikaliska egenskaperna (som porvolym, bulk- och kompktdensitet och vatten- och lufthållande kapaciteten) har egenskaper som pH, EC, C/N kvot och CEC en stor betydelse för hur näringsämnen i substratet finns tillgängliga för plantorna (Fonteno 1993).

Egenskaper hos ett odlingssubstrat

Redan Fonteno (1993) beskriver behovet av att ha ett enhetligt system för att kunna jämföra olika värden på de fysikaliska undersökningar som görs på substrat. Försök har gjorts för att hitta ett standardiserat sätt att utföra undersökningarna på, men än så länge har det inte framkommit något som är enhetligt globalt.

Ett odlingssubstrats egenskaper hör till stor del ihop med partikelstorlek och porfördelning. Bulkdensiteten definieras som förhållandet mellan den totala massan och dess totala volym inklusive luftfyllda porer (efter att substratet torkats) (Eriksson 1986 & Eriksson 2011). Stora skillnader i partikelstorlek kan bidra till en något högre bulkdensitet (Raviv et al. 2019) och om substratet packas ökar bulkdensiteten och porositeten minskar (Eriksson 2011). bulkdensiteten påverkar tillgången på näringsämnen och en ökning av ett substrats bulkdensitet kan begränsa rottillväxten och därmed minska volymen jord från vilken näringsämnen kan utvinnas (Hartemink 2003). Kompaktdensitet är ett mått på substratets fasta beståndsdelars genomsnittliga densitet (Eriksson 2011).

Porvolymen är summan av alla hålrum i substratet som är fyllda med luft eller vatten. Porvolymen uttryckt i volymprocent är porositeten och bestäms av förhållandet mellan bulkdensiteten och kompaktdensiteten (Eriksson 1986, Landis & Morgan 2009). Det finns både mikro och makroporer i ett substrat. Mikroporerna har förmåga att hålla vatten vilket möjliggör transport av näringsämnen medan makroporerna har en mer lufthållande funktion och därmed underlättar gasutbyte (Landis & Morgan 2009). Den vattenhållande kapaciteten mäter det vatten som finns tillgängligt för plantorna, det vill säga mängden vatten som kan fyllas i porerna i odlingssubstratet (Raviv et al. 2019).

pH påverkar de biologiska, kemiska och fysikaliska processerna i substratet. Ett neutralt till något surt pH värde är oftast det bästa för att näringsämnen ska bli lättillgängliga för kulturen som odlas (Eriksson 2011).

EC är ett mått på mängden salt som är löst i vattnet. Saltet kommer från den näring som finns i substratet (Raviv et al. 2019).

C/N kvoten innebär förhållandet mellan det kol och kväve som finns tillgängligt i substratet. Om C/N kvoten går över 25 innebär det att det är en brist på kväve och därmed är mineraliseringen låg (Nilsson et al. 2015).

CEC är ett substrats förmåga att elektrostatiskt binda utbytbara katjoner och är summan av de negativa laddningarna som finns på kolloiderna, dvs de finaste

partiklarna i marken (Raviv et al. 2019). Enligt NSW Government (2024) bör värdet på CEC i odlingssubstrat ligga över 10 cmol(+)/kg.

Torv

Det är bara totalt ca 3% av hela jordens yta som består av torvmarker. Trots det är det världens största naturliga kolkälla genom att sakta ner nedbrytningen av växtmaterial så att det kan omvandlas till torv i den fuktiga marken. Denna omvandling leder till minskad temperaturökning över världen (IUCN 2021). Ca 80% av dessa naturliga torvmarker över hela världen är påverkade av människan på något sätt genom att den dränerats på vatten för torvutvinning för bränsle och substrat eller för att bedriva jordbruk. Torvmarkerna har därmed stor påverkan på miljön. En dränerad torvmark mark släpper enligt Naturvårdsverket (2024) ut koldioxid motsvarande 20% av de årliga totala territoriella utsläppen i Sverige vilket är mer än vad personbilstrafiken släpper ut. Även läckage av lustgas och näringsläckage kan ske vilket påverkar miljön.

Torv används i dag i stor utsträckning som bas i olika odlingssubstrat och har många fördelar inom flera olika typer av hortikulturell produktion. I Europa är uppskattningsvis 90 % av alla odlingsmedier baserade på torv. Torv har både goda kemiska och fysikaliska egenskaper, bland annat har torv en jordförbättrande effekt, har många luftfyllda porer och god vattenhållande förmåga (Kern et al. 2017). Torven är också ekonomiskt lönsam och tillgången är god (Schmilevski 2008).

Träfibersubstrat

Olika träbaserade odlingssubstrat har använts i Europa sedan en lång tid tillbaka. Träflis, bark, sågspån, träfiber och biokol har alla varit intressanta komponenter (Carlile et al. 2015).

Träfiber framställs genom mekanisk defibration. Mekanisk defibration innebär att träflis mals genom en stor skruv och träflisen upphettas genom friktion till mellan 80 och 90 grader. Vid upphettningen avdödas patogener och även toxiner sägs avlägsnas. Vid processen finns möjlighet att impregnera träfibern med tillsatser av exempelvis kväve (Gruda & Schnizler 2004). Träfiber har potentiellt många användningsområden. Förutom användning i jord-baserade odlingsystem (i olika blandningar) kan träfiber användas i hydroponiska jordfria odlingsystem (Raviv et al. 2019).

Svensk träfiber av gran och fur är ett närproducerat alternativ till torv i odlingssubstrat. Egenskaper hos träfiber beror till stor del på vilket träslag som

defibrerats och var trädet har växt och påverkats av växtplatsen. Det finns en del studier på träfiber från Europa (i huvudsak Tyskland, Frankrike och Storbritannien), men väldigt få studier, om några, gjorda på träfiber från de svenska skogarna. Användning av svensk träfiber som alternativ till torv (som en del i substratblandningar) skulle potentiellt kunna innebära att man minskar användningen av torv och samtidigt kan använda sig av resurser från svenska skogar och därigenom kunna minska på långväga transporter.

Träfiber har ett pH mellan 3,8–6,6 beroende på vilken träkälla som använts, har lågt CEC, låg buffrande kapacitet och en låg halt av makro och mikronäringsämnen i vattenextraktioner. Bevattningsvattnet för träfibersubstrat som odlingsmedium bör ligga under 7 för att mikronäringsämnena ska vara tillgängliga för växten. Generellt karaktäriseras träbaserade substrat av hög porositet (beroende på partiklarnas storlekar och former) som skapar stort luftinnehåll, men har låga vattenhållande egenskaper. Frekvent bevattning i låga doser krävs. Den stor andel makroporer spelar stor roll för rötternas förmåga att penetrera odlingsmediet (Raviv et al. 2019).

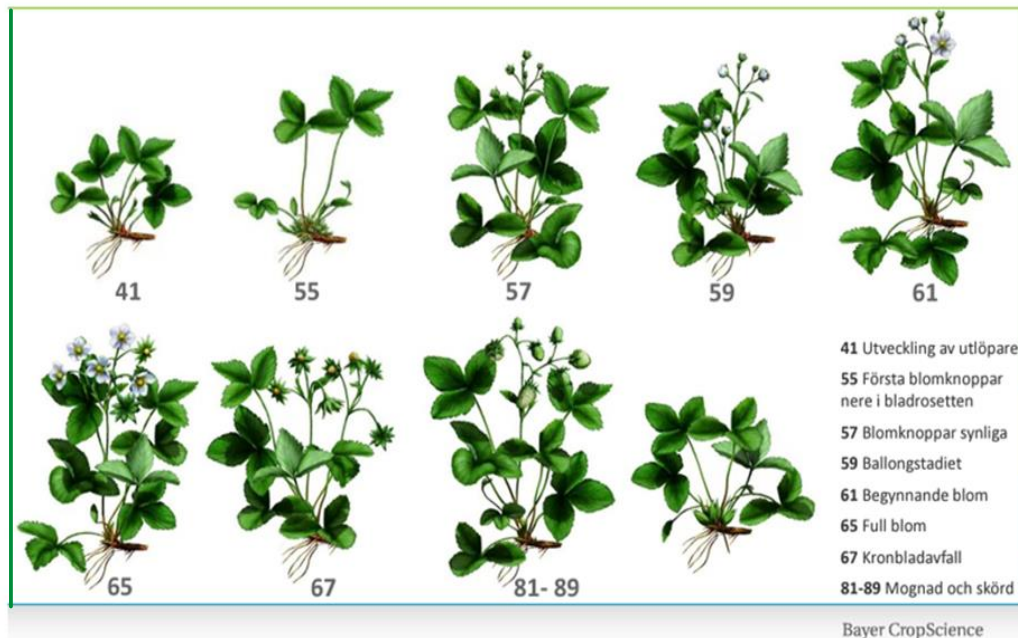
Försök i Norge har visat på bra egenskaper för träfiber. Woznicki et al. (2024) och Aurdal et al. (2023) har odlat jordgubbar i träfiber och jämfört detta med odling av jordgubbar i andra substrat så som kokosfiber och torv. De kom fram till att det går bra att odla men att det krävs korrigeringar i näringstillförsel och bevattning vid träfiberinblandning. Deras resultat visar också att träfiber är ett substrat som går att använda flera odlingssäsonger vilket är bra för att minska odlarens kostnader och för det ekologiskt hållbara perspektivet.

Träfiber används dock sällan som ensamt odlingssubstrat pga. den låga vattenhållande kapaciteten samt för att substratet ofta packas under användning (Raviv et al. 2019).

1.1.2 Jordgubbar

Jordgubbar växer och ger störst avkastning i odlingssubstrat där pH ligger mellan 6,0–6,5. Störst skörd fås när plantorna odlas i djup och väl-dränerad jord med hög andel organiskt material (Mäster Grön 2024). Tillgången till kväve och kalium är av betydelse för tillväxten och därmed avkastningen, men även tillgången till kalcium och fosfor påverkar produktionen av bär och bladmassa.

BBCH-skalan, se figur 1, är en skala som beskriver en grödas olika utvecklingsstadier, i det här fallet jordgubbar, och de olika utvecklingsstadierna har olika närings- och bevattningskrav (Bayer CropScience 2024).



Figur 1: En del av BBCH skalan. Bild från Bayer CropScience (2024).

För väletablerade och starka plantor med stor avkastning med hög kvalitet behöver man en bevattningsstrategi utifrån jordgubbarnas olika tillväxtfaser och aktiva perioder. Vattenbehovet är som störst när jordgubbsskerten sväller (Benediktsson 2022). Torkstress påverkar bland annat plantornas vegetativa tillväxt genom färre och mindre blad, rotutvecklingen blir sämre och antalet bär och bärvikten blir lägre. Torkstress reducerar även klorofyll fluorescensen vilket är en indikator för hur mycket av ljuset som omvandlas till energi genom fotosyntesen. Även den stomatala konduktansen, alltså diffusionen av olika gaser genom stomata hos växter, och därmed transpirationen påverkas av torkstress (Taiz et al. 2022). Vattenstress i början av blomningen kan påverka antalet blommor, medan det i senare utvecklingsfas kan öka antalet blommor (Hancock 2020). Tork och vattenstressade plantor angrips lätt av mjöldagg och spinnkvalster (Benediktsson 2022).

Jordgubbsplantor i försöket

Den jordgubbsort som använts vid provodlingen är *Fragaria ananassa* ”Rumba” och tillhör familjen Rosaceae. Enligt sortbeskrivning är den perenn, kraftigt växande och får mörkgröna treflikade blad på långt skaft. Långa blomklasar, med

vita blommor, och revor växer ut från rosetten. Bären blir röda, stora, blanka och hjärtformade (Mäster Grön 2024). Enligt samma hemsida kan bären skördas under lång tid och att de är lättplockade samt att rötterna hos Rumba är ytliga men väl förgrenade. Sorten är självfertil.

1.2 Frågeställning

De frågeställningar som ledde till det här kandidatarbetet var:

Kan jordgubbar odlas i träfibersubstrat från Sverige?

Vilka kemiska och fysikaliska egenskaper har svenskt träfibersubstrat

Vilket förhållande mellan träfibersubstrat och torv är mest fördelaktigt för jordgubbarnas tillväxt och utveckling av bär?

Syftet var att göra en kvalitetsundersökning av träfiber uppblandat med torv i olika fraktioner och i olika förhållanden och se vilka kemiska och fysikaliska egenskaper substratblandningarna hade.

1.3 Begränsningar

Den här rapporten har endast tittat på träfiber från gran och tall då det inte fanns träfibersubstrat från andra trädarter tillgängligt i Sverige. Av samma anledning finns det också en begränsning i att det bara fanns träfiber i en fraktion tillgängligt. Begränsningar har också varit att det inte gick att göra smaktest på de färdiga bären utan fokus fick ligga på biomassa och utvecklingsegenskaperna hos plantan.

Ekonomiska förutsättningar samt tidsbegränsningar gjorde också att de kemiska och fysikaliska egenskaperna som undersöktes fick begränsas.

2. Material och metod

2.1 Odlingsförsöket

2.1.1 Odlingsplats

Odlingsförsöket utfördes i växthus i Alnarp, Skåne, under perioden 1 mars till 28 april 2024 i odlingskammare 10. Klimatet var inställt på en uppvärmningstemperatur 22 grader, vädringstemperatur 24 grader och med belysning med HPS-lampor mellan 05.00 och 21.00. Växthuset var försett med gallerbord på ca 10 m² vardera, varav ett användes. I odlingskammaren odlades av andra studenter andra grödor så som raps, baljväxter, sallat och smultron.

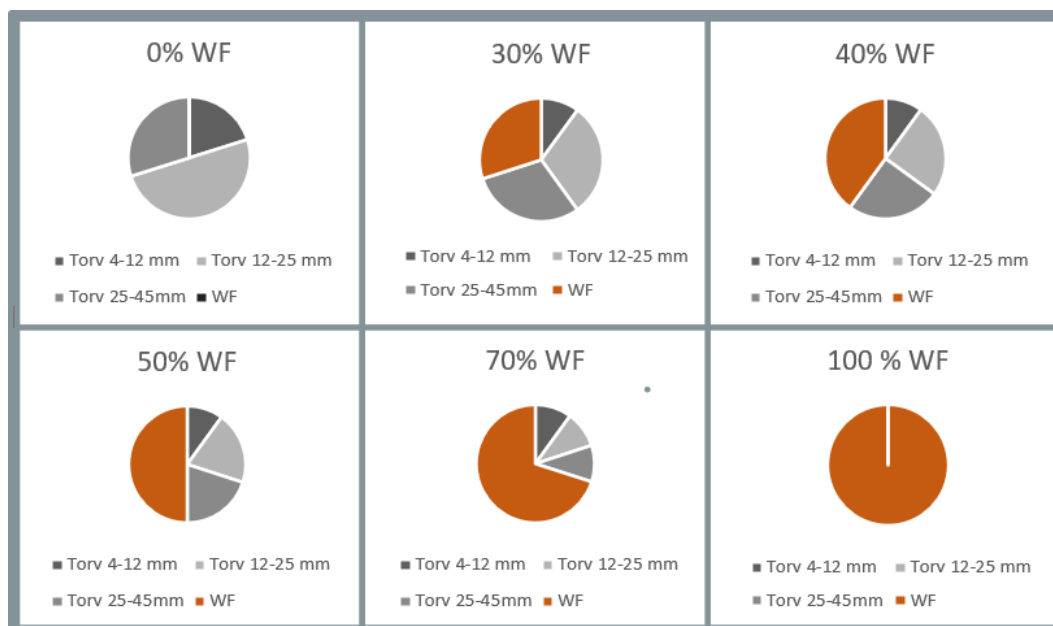
2.1.2 Substrat, krukor och plantor

Träfibersubstrat av gran och tall från svenska skogar utanför Linderöd, Skåne län blandades med en mix av olika fraktioner av torv, se figur 2, så att det färdiga substratet innehöll 0 %, 30 %, 40 %, 50 %, 70 % eller 100 % träfiber. Resterande del var torv. Torven var i olika fraktioner, 4–12 mm, 12-25mm och 25-40mm och i olika mycket mängd enligt ett förutbestämt recept som också innehöll en grundgödsling med kalk och PG mix (14-16-18) samt vätmedel. För fullständigt recept se bilaga 1.

Detta resulterade i 6 olika behandlingar för jordgubbsplantorna med 10 replikat för varje behandling, totalt 60 krukor. Krukor av storleken 22,5x22,5x22,5 cm med rutnät och små ben i botten för god dränering användes. Dessa fylldes med substrat upp kanten på krukorna, varefter de lätt släpptes i bordet så att substratet kompakterades något. Substratet nådde då till ca 2 cm från översta kanten på krukorna.

En jordgubbsplanta placerades i varje kruka. Kronan på plantan placerades ovan substratytan för att minska risken för röta. Varje kruka med planta ställdes på ett

gallerbord utan inbördes ordning. Målet var att ha de olika replikaten så utspridda som möjligt, se bilaga 2.



Figur 2: De olika blandningarna med olika mängder torv och träfiber. Torven bestod av 10% Block 4–12, 25% Block 12–25 samt 25% Block 25–45 i vardera blandning. Recept framtaget tillsammans med substratföretag i Skånes Fagerhult februari 2024.

Jordgubbar

Den jordgubbssort som använts under försöket är *Fragaria ananassa* 'Rumba' och tillhör familjen Rosaceae. Jordgubbsplantorna kom från Nederländerna och var frigöplantor klass A2+ av sorten Rumba.

2.1.3 Bevattning

För bevattning användes ett droppbevattningssystem från Gardena, microdrip. Antalet droppslangar till varje kruka berodde på vilken inblandning av träfiber det hade. Varje droppslang har ett flöde på 2 liter/timme. Vattnet togs från ett kar på 1000 liter som fanns tillgängligt i växthuset. Karet var fyllt med kommunalt vatten från växthusanläggningen. Vattnet pumpades upp av en pump från Gardena där flödet kunde regleras och var inställd så att det skulle matcha flödet hos droppslangarna på 2 liter/timme. Bevattningen var från början i gång 3 minuter varje timme mellan klockan 10.00 och klockan 15.00 för att plantorna skulle kunna torka upp ordentligt under natten och pumpen styrdes av en elektrisk timer. I slutet av försöket var bevattningen uppe på 7 minuter varje timme mellan 10.00-17.00.

Bevattningsvattnet hade från början pH 8,8 och justerades ner till strax över 6,0 med hjälp av svavelsyra. Under försökets gång gjordes ytterligare en pH-justering.

2.1.4 Näring

Utöver grundgödslingen användes Kristalon 9-11-30 och Kalcinit N-15,5% och Ca-26,5% som vattnades ut 2 gånger per vecka med start 4 veckor efter försökets start. Utifrån rekommendation gjordes en näringslösning med 0,5 kg Calcinit + 0,75 kg Kristalon per 1000 liter vatten.

2.1.5 Växtskydd

För bekämpning av skadedjur användes klisterfällor, Entonem, *Chrysoperla carnea* och till slut även sprutning med Raptol.

2.1.6 Mätningar

En gång varje vecka räknades antalet blad, knoppar, blommor, kart och jordgubbar efter hand som utvecklades. Jordgubbar plockades efterhand som de mognade och vägdes var för sig (våtvikt), varefter de frystes in för senare analyser. För att ha en standardisering för när de var mogna bestämdes att de skulle plockas när de uppnått en röd färg som överensstämde med den röda färg som en röd overheadpenna ger på en genomskinlig plastpåse. Vid avslutet av försöket tvättades rötterna rena från torv och träfiber. Biomassan kontrollerades genom att blad, krona och stjälkar, jordgubbar och tvättade rötter för varje kruka vägdes var för sig före samt efter att det torkat i torkskåp i 48 timmar vid ca 70 grader vilket resulterade i en våtvikt och torrsvikt.

2.2 Kemiska analyserna

De kemiska egenskaperna hos substratet analyserades av LMI AB i Helsingborg samt Eurofins.

Följande analyser utfördes på substraten, Spurway med mikronäringsämnen (inklusive EC och pH), C/N kvot, CEC, och tungmetaller. Spurwayanalys

genomfördes vid plantering och efter skörd samt ungefär vid följande BBCH stadier 57, 67 och 87 (figur 1) det vill säga vid första blomknopp, kronbladsavfall och vid full skörd. CEC, C/N kvot och tungmetallanalys genomfördes endast vid start av odlingsförsöket.

För varje behandling skickades ett prov in. För att få provmaterial från de olika behandlingarna togs lite substrat, nära rotzonen, från varje kruka från samma behandling och blandades till ett homogent prov (ca 0,5 liter) som därefter skickades in till LMI AB. Vid varje analystillfälle under tillväxt skickades alltså 6 olika prov in, ett för varje behandling.

Efter avslutat försök torkades allt växtmaterial (bär, bladskiva, stjälk (inklusive övre delen av kronan samt blad- och bärstjälkar) och rot (inklusive nedre delen av kronan) varefter 4 slumpmässigt utvalda replikat från var behandling (totalt 24 st) skickades in till LMI AB för en modifierad bladanalys.

2.3 Fysikaliska analyser

De fysikaliska testerna utfördes i Vegetums växthus i Alnarp och utgick från en kombination av två olika laborationskompendier från Sveriges lantbruksuniversitet; Asp (2021) och Eriksson (1986). De egenskaper som testades var bulkdensitet, kompaktdensitet, vattenhållande förmåga samt porositet. Det finns ett antal sätt att utföra dessa tester på och olika organisationer har tagit på sig att upprätta standardiseringar för hur testerna ska utföras. För att utföra testerna på ett standardiserat sätt krävdes laboratorieutrustning samt tid på ett sätt som inte var förenligt med de begränsningar som finns för ett kandidatarbete.

Bulkdensiteten bestämdes genom att en metallcylinder användes med en förlängning. Metallcylindern fylldes med substrat utan att detta kompakterades. Det överflödiga substratet skrapades bort med hjälp av en linjal. En tillhörande vikt placerades i metallcylindern och fick ligga kvar i 3 minuter för kompaktion. Kragen togs sedan bort och substratet som nådde över metallcylinderns översta kant skrapades bort med en linjal. Resterande substrat lades i en vägd aluminiumform och vägdes. Därefter räknades bulkdensiteten ut i g/dm^3 .

Kompaktdensiteten bestämdes genom att kolvar med 50 ml utmärkt användes. Dessa vägdes innan substratfyllning samt efter att de var fyllda till hälften med helt torrt substrat. Därefter tillsattes 25 ml t-röd och kolvarnas öppning täcktes med parafilm och sattes på en skakmaskin för att skakas i 30 minuter. Efter skakningen

tillsattes ny t-röd upp till 50 ml märket och antalet milliliter noterades. Därefter kunde kompaktdensiteten beräknas i g/dm^3 .

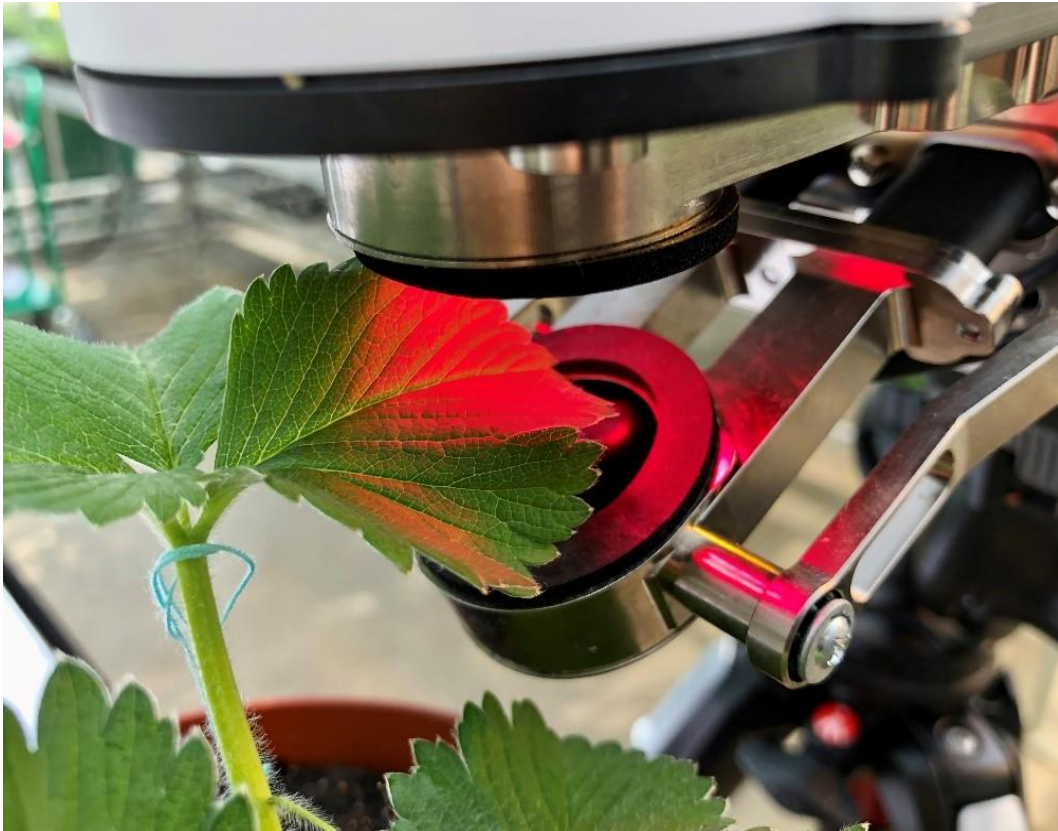
Vattenhållande förmåga bestämdes genom att en tygbit placerades längst ner i en plastcylinder, med förlängning, för att substratet inte skulle ta sig ut genom dräneringshålen i botten. Plastcylindern fylldes sedan med färdigblandat substrat upp till cirka 2 cm från övre kanten och toppen täcktes med plastfolie. Cylindrarna sattes i en balja varefter baljan fylldes med vatten upp till jämnhöjd med substratet. Efter 24 timmar togs cylindrarna upp från vattnet och fick stå och dränera ut överflödigt vatten i 48 timmar. Förlängningen togs av. Överflödigt substrat skrapades av med en linjal och en vägd aluminiumform fylldes med substratet som fanns kvar i cylindern. Aluminiumformar och substrat vägdes och placerades sedan in i torkskåp där substratet fick torka i 48 timmar varefter det vägdes på nytt. Den vattenhållande förmågan beräknades utifrån att vatten har en densitet på $1000\text{g}/\text{dm}^3$.

Även porositeten i procent beräknades. Detta gjordes genom att ta förhållandet mellan bulkdensiteten och kompaktdensitet.

2.4 Gasutbytesmätningar med Licor-6800

Under försöket utfördes också mätningar med en Licor-6800 (Li-6800). Den mäter fotosynteshastigheten ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) i bladet genom mätningar av bland annat CO_2 assimilation, klorofyll-a fluorescens, som är en indikator på fotosyntetisk energiomvandling i växter (Wikipedia 2024), stomal konduktans (gasutbytet och därmed koldioxidupptaget) och transpiration genom bladstomata. Licor-6800 visar aktuellt hälsotillstånd hos växten. Låga värden kan fås vid bland annat brist på näring, vatten, ljus och/eller CO_2 (Licor 2024). Riktvärde för CO_2 -assimileringshastigheten hos *Fragaria ananassa*: $15\text{--}25 \mu\text{molCO}_2 \text{ s}^{-1}\text{m}^{-2}$ enligt Hancock (2020). Enligt professor Jean Yong är värden över $10 \mu\text{molCO}_2 \text{ s}^{-1}\text{m}^{-2}$ hos jordgubbar acceptabla.

Det utfördes mätningar på slumpvis utvalda replikat från alla behandlingar. För att få ett jämförbart värde lades alla värden samman och ett medelvärde erhöles för varje behandling. Mätningarna utfördes av Professor Jean Yong vid Institutionen för Biosystem och teknologi tillsammans med författarna.



Figur 3: Bladanalys av jordgubbsplantor med Li-6800. SLU april 2024.

2.5 Statistiska metoder

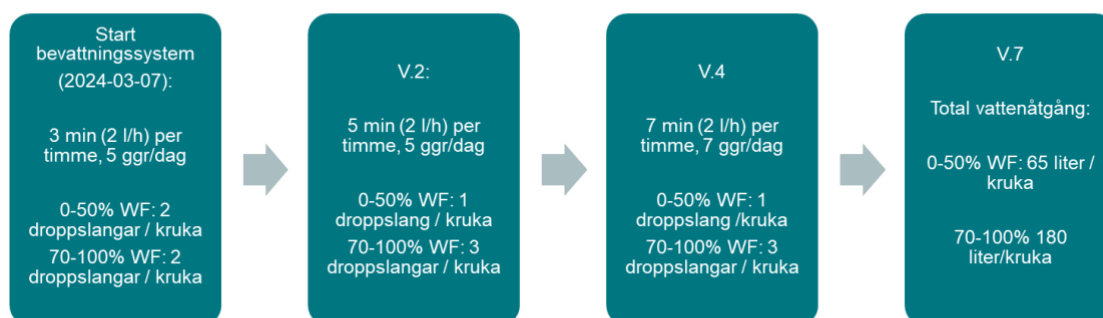
Data som samlades in analyserades statistiskt i Excel och Minitab. I Minitab användes ensidigt One-Way ANOVA för att jämföra data. Tukey-test (95% konfidensintervall) användes för att komplettera analyserna i One-Way ANOVA och se var eventuella skillnader ligger.

3. Resultat

3.1 Odlingsförsöket

3.1.1 Bevattning

Substratblandningarna som innehöll 70 och 100% träfiber krävde mycket vatten. Dessa blev snabbt torra och känslan var att vattnet rann rakt igenom krukorna. Det fick ske en modifiering av bevattningen här och 3 droppslangar sattes till var kruka med dessa behandlingar. Övriga substratblandningar hade inte lika stort vattenbehov och hade en droppslang i var kruka. Den totala vattenåtgången (via droppsystemet) blev för 0–50% träfiber ca 65 liter per kruka och för 70–100% ca 180 liter per kruka, se figur 4. Vattenåtgången var alltså nästan 3 gånger så stor för 70% och 100% träfiber jämfört med övriga substratblandningar. Utöver den bevattning som krukorna fick genom droppbevattningen gjordes ett antal tilläggsbevattningar från slang vid behov samt när gödningen administrerades. Dessa har inte redogjorts för här.



Figur 4: Bevattningsförändringar under försöket samt den totala åtgången av vatten hos de olika behandlingarna (liter/kruka). Tilläggsbevattning är inte inräknat.

3.1.2 Jordgubbar

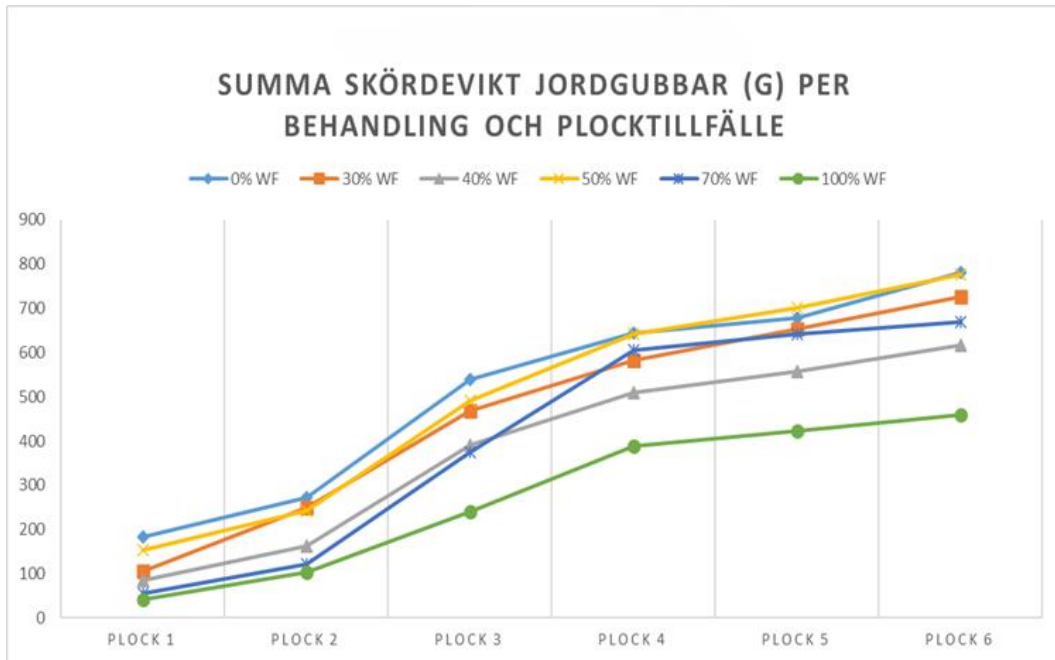
Det finns en skillnad i skördevikten hos jordgubbarna. 100% träfiber gav tydligt lägre skördevikt än de andra substratblandningarna. Plantorna med behandlingarna 0, 30 och 40% träfiber hade visuellt störst och flest blad.



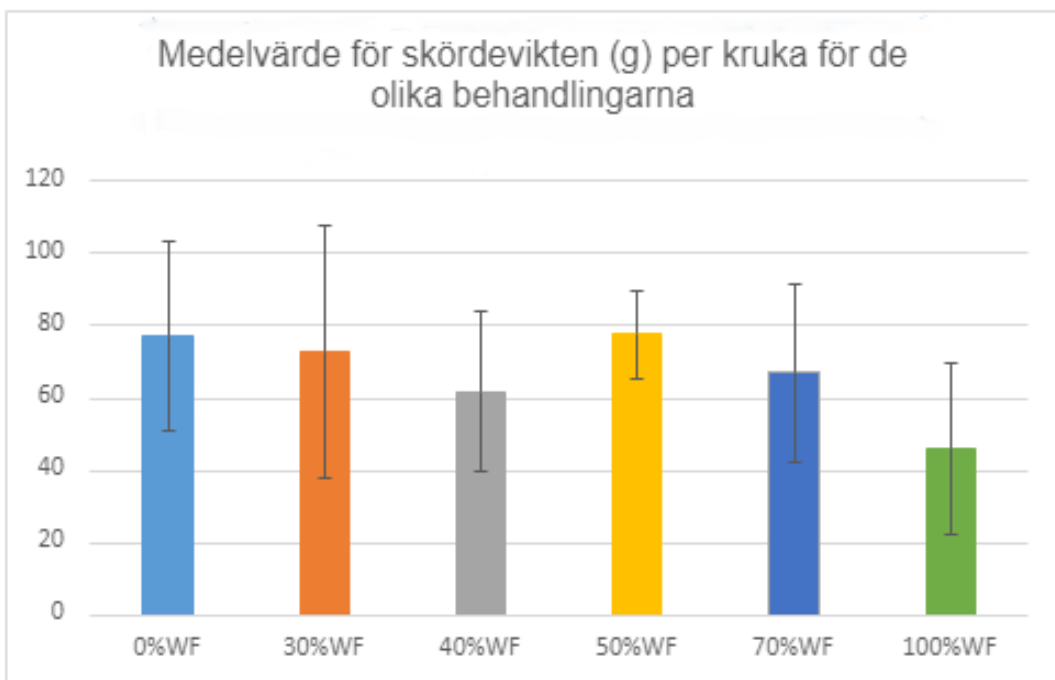
Figur 5: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna vid slutet av försöket. 0% träfiber är skyltad med 100% torv på bilden.

Störst kumulativ skördevikt erhöles från plantorna med 50% och 0% träfiber, men även från de med 30% träfiber var skördevikten något högre än övriga behandlingar. Statistisk analys med One-Way Anova gav ett p-värde på 0,057, vilket är på gränsen till att det finns en skillnad mellan skördevikten hos de olika behandlingarna. Vidare kördes även ett Tukey-test (95% konfidensintervall) som visade på en skillnad endast mellan 50% och 100% träfiber. Vid One-Way ANOVA, utan att anta att det är samma spridning vid de olika behandlingarna, erhöles ett p-värde på 0,033. Analysen visade även att spridningen hos skördevikterna var lägst hos 50% träfiber, se figur 7. För mer detaljerad statistisk data för skördevikterna, se bilaga 3.

Utifrån figur 6 kan man avläsa hur produktionen av jordgubbar har utvecklats för de olika behandlingarna under perioden för plockning. Man kan se att de olika behandlingarna har haft produktionstoppar vid olika tillfällen. Det är först efter plock 2 som produktionen ökade för samtliga behandlingar. Produktionsökningen var snabbast för 70% träfiber, men den avstannade efter 4:e plockningen. Man kan även se att 50% träfiber haft en jämnare ökning.



Figur 6: Kumulativ utveckling av medelvärdet i gram för plockade jordgubbar från de olika behandlingarna vid de olika plocktillfällena.



Figur 7: Medelvärden och standardavvikelse (g) för jordgubbsskörd per kruka för respektive behandling.

3.1.3 Rötter

Visuellt resultat av odlingsförsöket visar på skillnader i rotstorlek och rotutveckling hos de olika behandlingarna, se figur 8. Rotutvecklingen var visuellt bäst hos substratblandningarna som innehöll 0% och 30% träfiber. Bladmassan var också minst hos de plantor som fått behandlingen 100% träfiber. Däremot hade 70 % och 100% träfiber störst rottorrsvikt (figur 9) vilket antagligen kan förklaras av att det var väldigt svårt att tvätta bort all träfiber från rötterna. De satt kvar mycket mer hårt än vad torven gjorde och de hade också en färg som var väldigt lik färgen på rötterna vilket gjorde det svårt att se skillnad. Statistiskt kunde det inte ses någon skillnader mellan behandlingarnas rottorrsvikt.



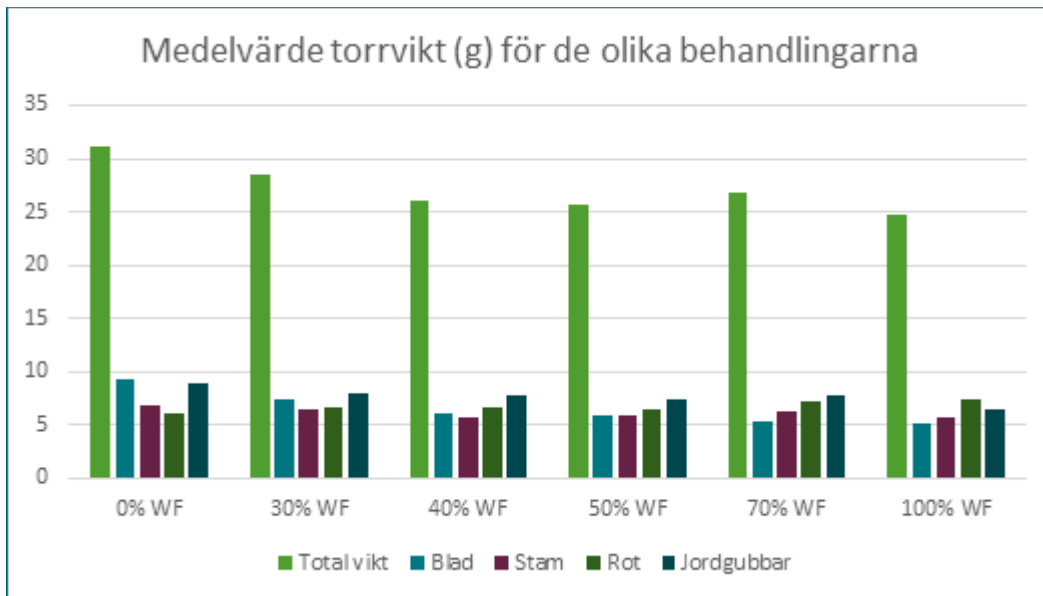
Figur 8: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna efter avslutat försök.

3.1.4 Torrsvikt

Totala torrsvikten för alla behandlingarna var högst hos 0% torrsvikt och minskade sedan med en svag uppgång på 70% träfiber, se figur 9. Denna uppgång beror troligtvis på en något högre torrsvikt hos jordgubbarna vilket kan stämma med de visuella resultaten som indikerade att en del av jordgubbarna som kom från plantorna som stod i 70% träfiber var väldigt stora.

Vid statistisk analys, One-Way ANOVA, visade på att det endast finns en signifikant skillnad mellan torrsvikten hos bladskivorna mellan de olika behandlingarna ($p=0,000$). Vid analys med Tukey-test visades dock en skillnad i torrsvikten av bär mellan 0% och 100% träfiber. Vid analys av torrsviktarna hos stjälkar och krona visades ingen skillnad mellan behandlingarna ($p=0,066$). Det

kunde inte heller visas någon skillnad mellan behandlingarnas torrsvikt av rötterna ($p=0,458$). För mer detaljerad statistisk data för torrsviktarna, se bilaga 4.



Figur 9: Medelvärdet (g) för torrsviktarna hos de olika behandlingarna.

3.1.5 Övrigt

Intressant att notera som ett resultat var att det upplevdes som att det var mer sorgmyggor och löss hos substratblandningar med 0% och 30% träfiber. I blandningen med 70% träfiber kom det upp svampar av okänd art, se figur 10. Detta noterades inte i övriga substratblandningar.



Figur 10: Svamp av okänd art.

3.2 Kemiska analyser

3.2.1 Näringsämnen

De kemiska analyserna visar att det fanns ett stort underskott av kväve under hela kulturtiden för alla behandlingarna. Det finns också en stor ackumulation av kalcium. 100 % träfiber innehöll betydligt högre halter av kalium och magnesium, än torv, se tabell 1.

Tabell 1: Resultat från Spurwayanalys, råmaterial innan tillsats av näringsämnen och innan odlingsförsök. *Results from Spurway analysis, raw material before addition of nutrients and before cultivation trials.*

	100% WF	100% Torv
Ledningstal (EC)	0,2 mS/cm	0,12 mS/cm
Kväve	0,82 mg/l	7,5 mg/l
Nitrat-N	<1,0 mg/l	1 mg/l
Ammonium-N	<1,0 mg/l	7 mg/l
Fosfor	4 mg/l	1 mg/l
Kalium	78 mg/l	8 mg/l
Magnesium	20 mg/l	5 mg/l
Svavel	2 mg/l	2 mg/l
Kalcium	0,096 mg/l	1 mg/l
Natrium	24 mg/l	15 mg/l
Aluminium	<1,0 mg/l	<1,0 mg/l

3.2.2 pH

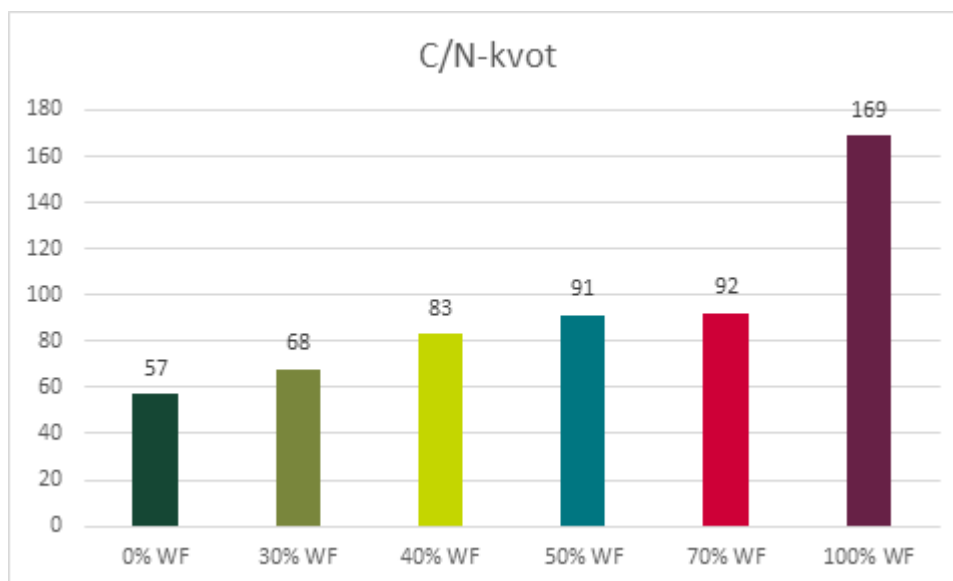
pH var lägst hos torven och steg sedan för ju mer träfibersubstrat som blandades in, se tabell 2. Högst pH hade ren träfiber både vid start och avslut. pH ökade under odlingsförsöket vilket är relaterat till högt pH i vattnet som användes.

Tabell 2: Förändringar i pH i substratet i de olika behandlingarna före och efter kulturtiden.
Changes in pH in the substrate in the different treatments during the culture period.

	0% WF	30% WF	40% WF	50% WF	70% WF	100% WF
Ogödslat substrat	4,3	4,7	4,8	5,0	5,3	6,5
Substrat gödslat vid start	6,4	6,4	6,4	6,5	6,7	7,0
Substrat vid avslut	7,0	7,6	7,4	7,5	7,5	7,7

3.2.3 Kol/kväve kvoten

C/N kvoten ökade med stigande inblandning av träfibersubstrat, se figur 11. Ingen statistisk analys har gjorts då endast ett prov per behandling gjorts.



Figur 11: C/N-kvoten för respektive blandning, innan tillsats av kalk och näringsämnen.

3.2.4 Katjonbyteskapacitet, CEC

CEC stiger med ökat pH. Ju mer träfiber i blandningarna desto högre CEC. Högst CEC uppmättes i 50–100% träfiber där även pH var högst. CEC ligger över 10 cmol+/kg för samtliga blandningar. Riktvärde för halt katjoner (% av CEC) är för kalcium 65–80 %, kalium 1–5 %, magnesium 10–15 %, natrium 0–1 % (NSW Government 2024). Andelen kalcium (% av CEC) var för låg i samtliga blandningar (dock högst i 70% träfiber). Endast i 0% träfiber låg kalium inom riktintervallet. I samtliga blandningar låg %-halten för magnesium över riktvärdena (70% och 100% träfiber låg närmast övre gränsen). Även för natrium låg värdena över riktintervallet för samtliga blandningar, se tabell 3.

Tabell 3: Katjonbyteskapaciteten (CEC), utbytbart Ca, K, Mg, Na, katjoner och aciditet samt pH i prover från de olika blandningarna (utan tillsatser). *The cation exchange capacity (CEC), exchangeable Ca, K, Mg, Na, cations and acidity as well as pH in samples from the different mixtures (without additives).*

	0% WF	30% WF	40% WF	50% WF	70% WF	100% WF
CEC (cmol+/kg)	10,2	12,5	13,6	16,9	15,5	16
Ca ²⁺ Utbyttbar effektiv (cmol+/kg)	4,8	6,7	7,2	9,8	9,7	9,6
K ⁺ Utbyttbar effektiv (cmol+/kg)	0,2	0,9	1	1,5	1,9	1,7
Mg ²⁺ Utbyttbar effektiv (cmol+/kg)	4,8	3,6	3,9	3,6	2,9	3
Na ⁺ Utbyttbar effektiv (cmol+/kg)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Katjoner, total (cmol+/kg)	10,4	11,5	12,5	15,3	14,8	14,7
Utbyttbar aciditet (cmol+/kg)	11,2	7,1	7,5	4,5	2,2	1,3
pH +/- 3.54%	<3	3,1	<3	3,4	3,5	5,3

3.2.5 Tungmetaller

Det fanns tungmetaller i alla substraten i olika mängder men på relativt låga nivåer. Intressant att notera är att zink var som lägst i 0% träfiber och steg sedan och var som högst i 100% träfiber. Det omvända förhållandet gällde för bly som var högst

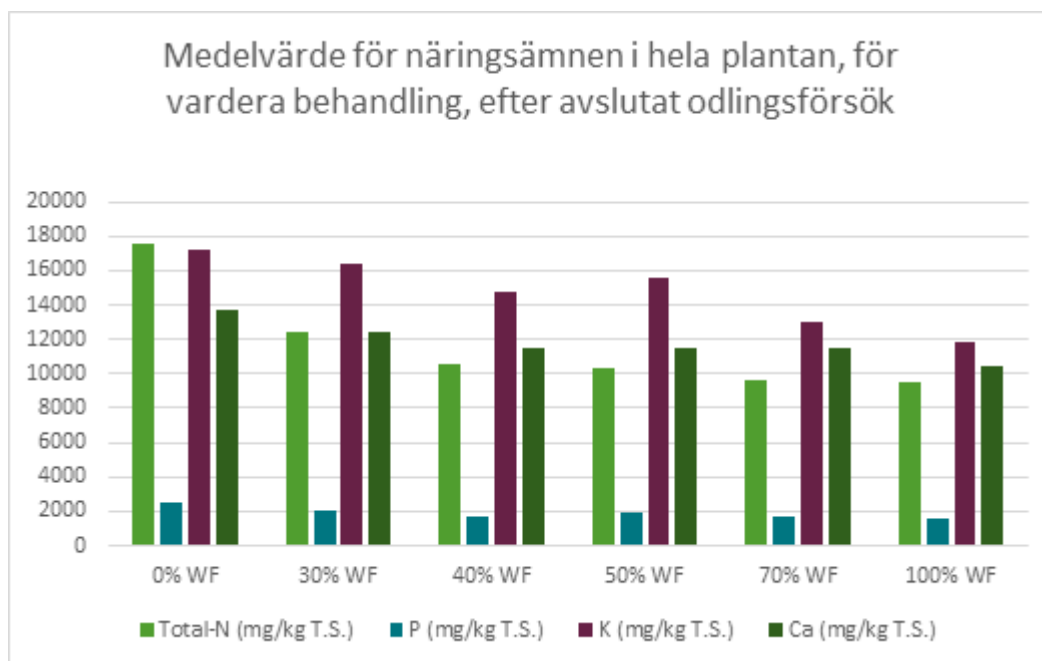
i torven, 0% träfiber, och sedan minskade och var som minst i 100% träfiber. Samtliga värden låg långt under EU:s gränsvärden (The European Commission 2022), se tabell 4.

Tabell 4: Uppmätta värden, angivna i mg/kg för tungmetaller i respektive jordprov. *Gränsvärde EU = maxvärden (mg/kg) odlingssubstrat (torrvikt). *Measured values for heavy metals in each soil sample. *Limit value EU=maximum values (mg/kg) of growing substrate (dry weight). (The European commission 2022).*

	0%	30%	40%	50%	70%	100%	Gränsvärde EU*
As (mg/kg)	0,72	0,67	0,43	0,53	0,23	0,09	10
Cd (mg/kg)	0,089	0,27	0,2	0,21	0,22	0,29	1,3
Cr (mg/kg)	0,95	1,6	1,6	1,7	2,6	3,8	100
Cu (mg/kg)	1,5	2,3	2,1	3,3	2,4	3,4	200
Hg (mg/kg)	0,027	0,022	<0,02	0,029	<0,02	<0,02	0,45
Ni (mg/kg)	0,8	0,93	0,77	0,88	1,3	1,6	40
Pb (mg/kg)	7,2	5,4	5	5,9	2,6	1,3	100
Zn (mg/kg)	7,7	24	25	29	35	42	300

3.2.6 Modifierad bladanalys

Analys gjordes på mängden näringsämnen (mg/kg, torrs substans) för 4 hela plantor (bär, bladskiva, stjälk (inklusive övre delen av kronan samt blad- och bärstjälkar) och rot (inklusive nedre delen av kronan)) för vardera behandlingen. Resultatet kan ses i figur 12. Statistisk analys med One-side ANOVA för respektive näringsämne visade på en skillnad mellan proverna ($p=0,000$). Tukey-analyserna visade dock att signifikansen inte gällde mellan samtliga behandlingar. För mer detaljerad statistisk data, inklusive Tukey-test, se bilaga 5.



Figur 12: Medelvärde för uppmätta näringsämnen (mg/kg T.S.) i hela plantan (bär, blad, stam och rot). Alla näringsämnen är inte presenterade i tabellen.

3.3 Fysikaliska tester

Resultaten från de fysikaliska testerna kan ses i tabell 5. Bulkdensiteten ökar med mängden träfiber som blandas in i substratet. Porositet var ungefär samma för alla substratblandningar och även för de rena substraten. Vattenhållande förmågan var lägre ju mer träfibersubstrat som blandades in. De vattenfyllda porerna var flest hos torven medan det var fler luftfyllda porer hos träfibern. Kompaktdensiteten var som högst där det var 30% och 40% inblandning av träfiber. Ingen statistisk analys kunde göras då endast en analys per behandling gjordes.

Tabell 5: Resultat av fysikaliska tester. Testerna är gjorda på substrat innan tillsats av vätmedel och näringsämnen. *Results of physical tests. The tests are done on substrates before the addition of wetting agents and nutrients.*

	Bulkdensitet (g/dm ³)	Kompaktdensitet (g/dm ³)	Porositet (%)	Vattenfyllda porer (%)	Luftfyllda porer (%)	Vattenhållande förmåga (%)
0% WF	63,65	1084,6	94	40	60	34
30% WF	82,06	1370,0	94	37	63	31
40% WF	124,25	1336,4	91	38	62	32
50% WF	116,47	1247,1	91	39	62	33
70% WF	130,41	1252,9	90	34	66	29
100% WF	176,23	1256,3	86	29	71	25

3.4 Gasutbytesmätningar med Licor-6800

Medelvärdet för CO₂ assimilationshastigheten (A) var högst i behandlingen med 0% träfiber och sjönk ju mer träfiber som fanns inblandat, med undantag för 100% träfiber som var något högre, se tabell 6. Ingen statistisk analys kunde göras då mätvärdena var för få. Man kan visuellt se ett samband mellan A och storleken på plantorna, se figur 13. Endast för 0% (samt 30%) torrfiber låg medelvärdet för CO₂ assimilationshastigheten över 10 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1}\text{m}^{-2}$. Resultatet kan förklara skillnaderna i storlek hos plantorna vid avslutad kulturtid, se figur 13.



Figur 13: Skillnaden i plantstorlek mellan de olika behandlingarna vid slutet av försöket. A = CO₂ assimilationshastigheten från mätningarna med Li-6800 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Tabell 6: Medelvärde för A=CO₂ assimilation, g=stomal konduktans och E=transpiration med Gas Exchange system, LI-6800. *Mean value of measured values A=CO₂ assimilation, g=stomatal conductance and E=transpiration with Gas Exchange system, LI-6800.*

	A, ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	g, ($\text{molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E, ($\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
0% WF (7 värden)	12,71	0,27	3,67
30% WF (3 värden)	10,13	0,27	4,13
40% WF (3värden)	7,17	0,16	2,61
50% WF (3värden)	6,43	0,12	2,24
70% WF (2 värden)	5,2	0,12	2,26
100% WF (4 värden)	6,03	0,11	2,18

4. Diskussion

Det var ett tydligt näringsläckage i substraten. Detta berodde på att det vid två olika tillfällen precis i början av försöket rann ca 1000 liter vatten genom krukorna med substrat. Anledningen var en dåligt inställd tryckreglerare som upptäcktes av en slump. Detta ledde till en rejäl urlakning av näringsämnen i substratet och sedermera också väldigt låga näringsnivåer i substraten. Detta har antagligen påverkat tillväxten hos plantorna. Det visar också på svårigheten med att få näring att stanna kvar i substraten med lite högre andel träfiber. I behandlingen med 100% torv kunde det urskiljas att kvävenivåerna började återhämta sig något mot slutet men det samma kunde inte ses för de substratblandningar som innehöll träfiber.

Våra analysresultat visar att träfibersubstrat uppblandat med torv i olika fraktioner är ett bra substitut till enbart torv som odlingssubstrat. Träfiber har många av de fysikaliska egenskaper som torven har. Smith et al (2019) testade träfiberinblandning upp till 40% i torv och fick liknande resultat för de fysikaliska egenskaperna.

Plantorna utvecklades väldigt snabbt under kulturtiden och resultatet blev relativt låga bärvikter, inte så många bär och inte så mycket bladmassa. För jordgubbar bör tiden från plantering till första färdiga bären ligga runt 70 dagar. Plantorna som odlades i försöket växte mycket snabbare än så. Efter drygt halva tiden var de första bären skördeklara. Även Woznicki (2023) har noterat att bären kommer tidigare hos jordgubbar som odlas i träfiber men dock inte med samma hastighet som i detta försök. Antalet bär avgörs också av tillväxtförhållandena under föregående säsong då det är när dagslängden blir kortare än 12–14 timmar och temperaturen sjunker som blomanlagen bildas både i huvudkronan och sidokronorna (Jordbruksverket 2006). I det här fallet anses det dock inte ha varit någon större bidragande faktor. Däremot kan låga näringsnivåer under försöket vara en anledning till en svagare planttillväxt och bärutveckling. Även den höga temperaturen i växthuset kan ha varit en bidragande orsak till att plantorna växte så snabbt. Vid start av försöket blev det för högt tryck i bevattningssystemet vilket ledde till att hela karet med 1100liter vatten tämdes ut i krukorna under mindre än ett dygn. Detta hände vid två tillfällen. Därefter hämtade sig aldrig näringsnivåerna sig riktigt i substratet vilket tydligt kunde ses i de analyser som gjordes under odlingsförsöket.

Skördetopparna för jordgubbarna och när skördeperioden började stagnera skiljde sig mellan de olika behandlingarna, vilket kan ha betydelse för om man vill kunna styra sin bärproduktion. Plantorna i 50 % träfiber hade mindre spridning av skördevikterna än övriga behandlingar, vilket skulle kunna innebära en jämnare skörd. Plantorna i 50 % träfiber gav dessutom störst skördevikt av jordgubbar. 70% träfiber fick efter plock 2 en snabb ökad avkastning fram till plock 4, varefter produktionen stagnerade. Detta skulle kunna vara en bra egenskap om man vill ha en kortare skördeperiod.

Uppgifterna om hur mycket växtnäring som förs bort med en jordgubbsskörd varierar, men vid en skörd på 20 000 liter/ha (vilket är en mycket hög skörd) för man endast bort cirka 30 kg kväve. Bortförslin av fosfor är mycket liten, cirka 5 kilo. Överskott av kväve kan ge överfrodiga plantor och problem med svampsjukdomar men för lite kväve blir också ett problem då det påverkar etablering och tillväxt under planteringsåret i alla fall ute på fält enligt Jordbruksverket (2006). I försöket var kvävenivåerna i substratet mycket låga under hela försöket, förutom vid start, vilket bekräftar misstankarna om att näringstillförseln varit för låg. Jordgubbar innehåller relativt mycket kalium och ett gott kaliumtillstånd i substratet är nödvändigt för att försörja en stor bärskörd. Kalium påverkar också halten av socker och syra i bäret och därmed smaken. I försöket undersöktes aldrig sockerhalt eller smak vilket så här i efterhand hade varit intressant att känna till då det konstant var höga kaliumvärden enligt analyserna av substratets näringsinnehåll.

Ett bättre gödslingsschema och droppbevattning med näringslösning hade gett försöket en stabilare tillgång på näringsämnen och kanske gett en högre vikt på bären och fler bär. Även det konstant höga pH-värdet i bevattningsvattnet, trots försök till pH-justering, kan ha betydelse för tillgången på växttillgänglig näring för plantorna. All näring tas upp enklast av en växt inom ett spann mellan 5,5 och 6,5. Det ska aldrig vara över 7 (Raviv et al. 2019) vilket det trots korrigeringar ofta var i odlingsförsöket. pH i substratet blev också högt under försökets gång då det styrs av pH i bevattningsvattnet, substratets naturliga pH samt pH i gödselmedlet (Raviv et al. 2019). För att åtgärda pH i substratet erhöles tips på olika preparat men tid och pengar begränsade möjligheten att införskaffa dessa.

Enligt Raviv et al. (2019) har träbaserade substrat generellt ett lågt CEC. CEC i träfiber kan enligt Raviv et.al (2019) troligtvis höjas vid nedmalning till mindre fraktioner, vilket till viss del fanns i våra substratblandningar och kan vara en av anledningarna till att vi fick ett högt CEC. Ett högt CEC kan även bero på högt pH, då antalet variabla negativa laddningar ökar med stigande pH (Eriksson 2011) och därmed kan hålla fler utbytbara katjoner (Rakshit et al. 2020). Ett högt CEC skulle

kunna minska risken för urlakning då katjonerna är bundna till kolloiderna vilket gör att teorin om att näringen följde med vattnet ut ur krukorna kanske inte riktigt stämmer. Ett substrat med hög CEC har en högre sorption och en högre förmåga att buffra näring. I ett odlingsvärt substrat bör CEC ligga på >10 cmol(+)/kg (NSW Government 2024). CEC var över 10 cmol(+)/kg i samtliga blandningar. Det är oklart om detta går att jämföra med värdena som setts i andra studier då det är olika enheter och testerna är utförda på olika sätt. CEC i försöket steg ju mer träfibrer som blandas in i substraten, enligt analyser från LMI AB, med undantag för 50% träfiber som hade högst CEC. Anledningen till detta kan bero på lägre fraktioner i det provet på grund av slumpen.

Det finns ytterligare tankar kring att även C/N kvoten i substratet har betydelse för hur mycket näring som finns växttillgängligt. Mineraliseringen påverkas förutom av C/N kvoten även av förhållanden som syre- och vattentillgången, pH, temperatur och jordstrukturen. Detta gör det svårt att jämföra resultaten som framkommit i försöket med resultat som finns i andra studier då kvoten påverkas av omgivande faktorer. En fingervisning kan den dock ge om att det var för hög C/N kvot i alla substratblandningarna i försöket för att det skulle vara en effektiv mineralisering av kväve så att de blir tillgängliga för växten. Det kan också tänkas att mineraliseringen i torven kommer att gå mycket fortare än mineraliseringen i träfibern utifrån resultaten.

Efter att det blivit för mycket vatten i krukorna justerades vattentillförseln. Tanken var att hitta ett läge där det blev rätt mängd vatten till alla plantorna oberoende av behandling, men med hänsyn till i vilken utvecklingsfas plantorna var i. Från början var det 3 droppslangar i varje kruka men efterhand som substratet upplevdes som för vått så reducerades antalet droppslangar och ca 1,5 vecka in i försöket så hade substraten med 70% och 100% inblandning av träfiber 3 droppslangar och 0% träfiber bara en. Det kan ha varit en bidragande orsak till att det senare under försöket var väldigt torrt i alla krukorna. Torskstress påverkar bland annat plantornas vegetativa tillväxt och ger färre och mindre blad. Det påverkar också rotutvecklingen samt antalet bär och bärvikten samt ökar risken för angrepp av patogener och skadedjur. Även vattenstress i början av blomningen har en negativ påverkan på antalet blommor som bildar bär (Hancock 2020).

Tydligt i odlingsförsöket framgick att vid 70% träfibersubstrat inblandning och 100% träfibersubstrat krävs en helt annan bevattningsstrategi och tillförsel av näring. Trots 3 droppslangar i varje replikat för 70% och 100% träfiber kändes dessa behandlingar hela tiden torra eller åt det torra hållet. Det är sedan tidigare känt att träfiber har en lägre förmåga att hålla vatten och Gruda & Schnizler (2004) beskriver hur detta skapar problem med bevattningsstrategierna. Detta visades

också i resultaten där den vattenhållande förmågan var tydligt lägre för 100% träfiber jämfört med torv och likaså antalet luftfyllda porer innan torkning.

För att få goda betingelser vid odling anger Raviv et al. (2019) att det krävs frekvent bevattning i låga doser för att inte orsaka vattenstress. Det är också viktigt att blanda upp den rena träfibern med något annat substrat för att öka på den vattenhållande förmågan.

Som tidigare beskrivits (se avsnitt 2.4) är det flera parametrar som kan försämra fotosyntesen hos växter. I våra mätningar var det endast hos jordgubbsplantorna i 0 % och 30 % träfiber som CO₂-assimilationen låg över acceptabla värden. Det kan tydligt ses i figur 13, som visar att tillväxten av framför allt blad varit störst i behandlingarna med 0% och 30% träfiber i odlingssubstratet. Troligtvis är det vatten- och näringsbrist i kombination med för högt pH som orsakat detta resultat. Bättre strategier för tillförsel av näring och bevattningen hade troligtvis gett ett jämnare och bättre resultat. Även tillförsel av CO₂ hade kunnat påverka resultatet i positiv riktning (Licor 2004).

Behandlingarna med 50% och 70% träfiber hade mindre rötter och mindre spridning av rötterna i substratet. Detta kan ha berott på att det blivit för stor kompaktering men också på att det har varit en dålig bevattningsstrategi. Gruda & Schnizler (2004) talar dock emot denna teori då de menar att en lätt kompaktering ökar rotbildning och minskar substratförlusten. Även den mänskliga faktorn kan ha spelat in här vad gäller resultatet för rötternas vikter. Det var väldigt svårt att tvätta rent rötterna. Ofta gick de små fina rötterna av och när det var större mängder träfiber runt rötterna var det svårt att se skillnad på vad som var en rot och vad som var träfiber eftersom de hade samma färg. En intressant reflektion som Gruda & Schnitzler (2004) gjorde var att när tomatplantor odlades i träfiber under våren sågs en minskning i rottillväxten jämfört med om de odlades under annan tid på året, trots samma förutsättningar. Jordgubbarna i det här försöket odlades också under tidig vår vilket skulle kunna vara en förklaring till dålig rottillväxt i behandlingarna med träfiber. Vid inblandning av andra fraktioner av träfibern hade rötterna kanske också utvecklats på ett annat sätt då det hade förändrat de fysikaliska egenskaperna, vilket Woznicki (2023) också diskuterar.

Raviv et al. (2019) beskriver hur träfibersubstrat har större mängd makroporer än mikroporer. Vid undersökningen av de fysikaliska egenskaperna hos svenska träfiber gjordes analys av porositeten men ingen undersökning för att se fördelningen av storleken på porerna. Träbaserade substrat karaktäriseras generellt av hög porositet (beroende på partiklarnas storlekar och former) som skapar stort

luftinnehåll, men har låga vattenhållande egenskaper (Raviv et al. 2019) vilket kan bekräftas av de undersökningar som gjordes i försöket.

5. Slutsatser och framtida forskning

Det går att odla i träfiber. Det går riktigt bra faktiskt! Men faktorer så som bevattning, näring, värme och ljus är av avgörande betydelse för att det ska bli ett bra resultat. I odlingsförsöket var det noviser som började odla jordgubbar. Det fanns också begränsningar i tid och ekonomi samt resurser. Detta påverkade såklart resultatet, men från misstagen kommer kunskaperna.

En stor nackdel med träfiber gentemot torv är dess låga vattenhållande förmåga, och medföljande problem som urlakning av näringsämnen, och mindre växttillgängligt vatten. Utöver väl utarbetad bevattningsstrategi och tillsatser av vätnedel till träfibersubstratet finns dock en rad metoder som skulle kunna förbättra dessa egenskaper som att förändra porfördelningen och öka den vattenhållande förmågan genom inblandning av fler fraktioner av träfiber och använda träfiber i blandningar med andra substrat. Genom mindre fraktioner av träfiber skulle även CEC kunna höjas och minska risken för urlakning. Genom att impregnera träfibern med näringstillsatser, exempelvis kväve, och utarbeta strategier för näringstillförsel (med start från början av kulturtiden) skulle kunna förbättra näringsstatus i substratet. Det är även viktigt att ha bra kontroll av pH i bevattningsvattnet och i substratet.

Det ställer stora krav på odlaren att ta fram en plan för bevattning och näringstillförsel, men de stora miljöfördelarna med träfiber jämfört med torv gör att fler studier borde utföras för att kunna förbättra förutsättningarna för träfiber som odlingssubstrat.

Framtida forskning bör framför allt inriktas på olika grödor och hur dessa ska odlas för att trivas som bäst i en träfiberbaserad mix. Träfibern bör vara uppblandad med ett substrat som har en god vattenhållande förmåga och kanske med en annan fraktion än vad själva träfibern är. Framtida forskning bör också fokusera på hur resultaten på bästa sätt kan kommuniceras till odlaren för att det ska bli miljömässigt hållbart. Det spelar ingen roll hur bra forskningen kan se att något är om inte odlaren själv ser fördelarna med att använda ett visst substrat.

Referenser

- Asp, H. (2021) *Water and growing media lab*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för biosystem och teknologi, Alnarp, Sverige.
- Aurdal, S. M., Tomasz L. Woznicki, T. L., Knapp Haraldsen, T., Krzysztof Kusnierek, K., Sønsteby, A. & Fagertun Remberg, S. (2023). *Wood Fiber-Based Growing Media for Strawberry Cultivation: Effects of Incorporation of Peat and Compost*. *Horticulturae* 2023, 9(1), 36. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010036> [2024-08-07].
- Bayer CropScience (2024). Utvecklingsstadier Jordgubbar, BBCH-skalan. <https://www.cropscience.bayer.se/-/media/bayer%20cropscience/scandinavia/sweden/utvecklingsstadier/bbch-skalan%20jordgubbar%20ny.pdf> [2024-08-07].
- Benediktsson, A. *Ekologisk odling av frukt och bär. Ekologisk odling av jordgubbar*. Jordbruksverket (2022). www2.jordbruksverket.se/download/18.320b8a2e18403374bd7d13f1/1666702389258/jo22_5.pdf [2024-08-07].
- Block, C., Eveleens, B. & van Winkel, A (2021). *Growing media for food and quality of life in the period of 2020-2050..* Acta Hort. 1305, 341-356 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.46>
- Bunt, A.C. (1983). Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Hort.* 150, 143–153. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.150.15> [2024-08-07].
- Carlile, W.R. (2015). *Organic Growing Media: Constituents and Properties*. Vadose Zone Journal, Volym 14, nr 6:1–13.
- Eriksson, J. (2011). *Marklära*. 1. uppl. Studentlitteratur.
- Eriksson, J. (1986) *Laborationskompendium i marklära för agr. och hort. stud.* Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för marklära Institutionen för markvetenskap. Uppsala, Sverige.
- Fonteno, W.C. (1993) *Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates*. Acta Horticulturae 342, 197-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.342.22>

- Gruda, N. & Schnitzler, W.H. (2004a). *Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants I. Physical properties of wood fiber substrates*. Scientia Horticulturae. 100: 309-322.
- Gruda, N. & Schnitzler, W.H. (2004b). *Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants II. The effect of wood fiber substrates and their volume weights on the growth of tomato transplants*. Scientia Horticulturae. 100: 333-340.
- Hancock, J.F. (2020). *Strawberries*. Second edition. CAB International.
- Hartemink, A.E. (2003). *Soil fertility decline in the tropics with case studies on plantations*. CABI Pub.
- IUCN (2021). Peatlands and climate change. International Union for Conservation of Nature, Issues brief. [Peatlands and climate change - resource | IUCN](#) [2024-08-07].
- Jordbruksverket (2006). *Ekologisk odling av jordgubbar*. Jordbruksinformation 20-2006. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo06_20.pdf [2024-08-07].
- Kern, J., Tammeorg, P., Shanskiy, M., Sakrabani, R., Knicker, H., Kammann, C., Tuhkanen, E.-M., Smidt, G., Prasad, M., Tiilikkala, K., Sohi, S., Gascó, G., Steiner, C. & Glaser, B. (2017). *Synergistic use of peat and charred material in growing media - an option to reduce the pressure on peatlands?* Journal of environmental engineering and landscape management, 25 (2), 160–174. <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1284665> [2024-05-17].
- Landis T.D., Morgan N. (2009) *Growing Media Alternatives for Forest and Native Plant Nurseries*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. s. 26-31. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/3293>
- Licor (2024). Li-6800. <https://www.licor.com/env/products/photosynthesis/LI-6800/theory> [2024-05-17].
- MSN Government (2024). *Soil management guidelines- Cation exchange capacity*. <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/soils/guides/soil-nutrients-and-fertilisers/cec> [2024-08-07].
- Mäster Grön (2024). *Blomsterlexikon: Jordgubbar- Fragaria x ananasa ´Rumba´*. <https://www.blomsterlexikon.se/kategorier/frukt-och-barvaxter/fragaria-x-ananassa-rumba-7391679042556/fragaria-x-ananassa-rumba-7391679042525/> [2024-05-16].
- Naturvårdsverket (2024). *Våtmarker och klimat*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/vatmark/vatmarker-och-klimat> [2024-05-16].
- Nilsson, T., Stendahl, J., Löfgren, O. (2015) Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 19. [Markförhållanden i svensk skogsmark – data från Markinventeringen 1993-2002. \(pdf, 5441KB\)](#) [2024-07-28].

- Rakshit, Amitava., Ghosh, Subhadip., Chakraborty, Somsubhra., Philip, Varughese. & Datta, Avishek. (eds) (2020). *Soil Analysis: Recent Trends and Applications*. 1st ed. 2020. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2039-6> [2024-08-07].
- Raviv, M., Lieth, J.H. & Bar-Tal, A. (Asher) (2019). *Soilless culture : theory and practice*. Second edition. Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Schmilevski, G. (2008). The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat* Volume 3, Article 2.
- SLU (2024). *Kol/kväve-kvot*. Markinfo, markkemi. <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/markkemi/kolkvave-kvot/> [2024-08-07].
- Smith, J.T., Jackson, B.E.& Fonteno, W.C. (2019). Wettability and hydrology of various woodfiber substrates and substrate components. *Acta Horti*. 1266, 437–442 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1266.60> [2024-08-07].
- Taiz, L., Møller, I.M., Murphy, A.S. & Zeiger, E. (2022). *Plant Physiology and Development*. Seventh edition. Sinauer Associates, Oxford University Press.
- The European Commission (2022). *Commission decision (EU) 2022/1244: Establishing the EU Ecolabel criteria for growing media and soil improvers*. Official Journal of the European Union.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights* (ST/ESA/SER.A/423). ISBN: 978-92-1-148316-1 [World Population Prospects 2019 Highlights \(un.org\)](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/world-population-prospects-2019-highlights) [2024-08-07]
- Wikipedia (2024). *Klorofyllfluorescens*. https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_fluorescence [2024-05-17]
- Woznicki, T., Kusnierek, K., Vandecasteele, B. & Sønsteby, A. (2024). Reuse of coir, peat and wood fiber in strawberry production. *Front. Plant. Sci.* 13:1307240 <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1307240> [2024-08-07]
- Woznicki, T., Kusnierek, K., Roos, U. M., Andersen, S., Zimmer, K. & Sønsteby, A. (2021). Exploration of alternative growing media in strawberry production with focus on wood fiber from Norway spruce. *Acta Horti*. 1305. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.3> [2024-08-07]

Bilaga 1

Blandningar med olika mängder torv och träfiber samt med grundgödsling och vätmedel. Recept framtaget tillsammans med substratföretag i Skånes Fagerhult februari 2024. *Mixtures with different amounts of peat and wood fiber as well as basic fertilization and wetting agents. Recipe developed together with substrate company in Skåne's Fagerhult February 2024.*

	Torv, 4-12 mm	Torv, 12-25 mm	Torv, 25-45 mm	WF	Totalt	PG-mix (gram)	Kalk (gram)	Vätmedel (mililiter)
0% WF	27	67	40	0	134	161	536	26,8
30% WF	13,4	40	40	40	134,4	161	536	26,8
40% WF	13,4	33,5	33,5	53,6	134	161	536	26,8
50% WF	13,4	26,8	26,8	67	134	161	536	26,8
70% WF	13,4	13,4	13,4	94	134,2	161	536	26,8
100%WF	0	0	0	134	134	161	536	26,8

Bilaga 2

Fördelning av krukor på planteringsbordet

4. WF 100%	2. WF 0%	5. WF 40%	8. WF 30%	3. WF 70%	8. WF 50%	7. WF 100%	5. WF 30%	7. WF 40%	7. WF 50%	10. WF 50%	8. WF 70%	10. WF 70%	1. WF 0%	8. WF 40%
4. WF 50%	6. WF 70%	6. WF 30%	2. WF 100%	5. WF 0%	1. WF 30%	9. WF 0%	1. WF 100%	7. WF 70%	9. WF 50%	3. WF 0%	9. WF 30%	5. WF 50%	7. WF 0%	8. WF 100%
10. WF 30%	9. WF 40%	2. WF 50%	2. WF 40%	4. WF 30%	6. WF 0%	3. WF 40%	6. WF 0%	10. WF 40%	5. WF 100%	9. WF 70%	10. WF 100%	10. WF 0%	6. WF 40%	2. WF 70%
8. WF 0%	1. WF 70%	1. WF 40%	9. WF 100%	6. WF 50%	3. WF 30%	5. WF 70%	3. WF 30%	4. WF 0%	3. WF 50%	1. WF 50%	2. WF 30%	4. WF 70%	6. WF 100%	4. WF 40%

Bilaga 3

Statistik analyser med MiniTab One-way ANOVA, Tukey-analys (95% konfidensintervall):

Skördevikt (våt) jordgubbe						
Analysis of Variance						
<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	
behandling	5	7193	1438,6	2,31	0,057	
Error	54	33620	622,6			
Total	59	40813				
Means						
<u>behandling</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>StDev</u>	<u>95% CI</u>		
0%WF	10	77,28	26,31	(61,46; 93,10)		
100%WF	10	45,93	23,75	(30,11; 61,75)		
30%WF	10	72,6	34,9	(56,8; 88,5)		
40%WF	10	61,75	22,25	(45,93; 77,57)		
50%WF	10	77,50	12,42	(61,68; 93,32)		
70%WF	10	66,97	24,77	(51,15; 82,79)		
<i>Pooled StDev = 24,9516</i>						

Bilaga 4

Torrvikt jordgubbe						
Analysis of Variance						
<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	
behandling	5	30,94	6,188	2,25	0,063	
Error	54	148,72	2,754			
Total	59	179,66				
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence						
<u>behandling</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>			
0%WF	10	8,852	A			
30%WF	10	8,045	A	B		
70%WF	10	7,822	A	B		
40%WF	10	7,700	A	B		
50%WF	10	7,427	A	B		
100%WF	10	6,451		B		
<i>Means that do not share a letter are significantly different.</i>						

Torrsvikt bladskiva

Analysis of Variance

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
behandling	5	121,93	24,386	13,26	0,000
Error	54	99,31	1,839		
Total	59	221,24			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

<u>behandling</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
0%WF	10	9,263	A
30%WF	10	7,488	A B
40%WF	10	6,071	B C
50%WF	10	5,935	B C
70%WF	10	5,345	C
100%WF	10	5,174	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Torrsvikt stjälk

Analysis of Variance

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
behandling	5	12,31	2,463	2,21	0,066
Error	54	60,16	1,114		
Total	59	72,47			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

<u>behandling</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
0%WF	10	6,901	A
30%WF	10	6,435	A
70%WF	10	6,330	A
50%WF	10	5,885	A
100%WF	10	5,674	A
40%WF	10	5,643	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Torrsvikt rot

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
behandling	5	13,80	2,760	0,95	0,458
Error	54	157,15	2,910		
Total	59	170,95			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

behandling	N	Mean	Grouping
100%WF	10	7,489	A
70%WF	10	7,217	A
30%WF	10	6,601	A
40%WF	10	6,591	A
50%WF	10	6,504	A
0%WF	10	6,037	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Total torrsvikt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	5	262,8	52,57	2,59	0,036
Error	54	1098,1	20,33		
Total	59	1360,9			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
0% WF	10	31,05	A
30% WF	10	28,57	A B
70% WF	10	26,714	A B
40% WF	10	26,01	A B
50% WF	10	25,751	A B
100% WF	10	24,79	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Bilaga 5

Modifierad bladanalys. One-side ANOVA, Tukey-test (95% konfidensintervall).

Total-N					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	5	184111783	36822357	19,55	0,000
Error	18	33910550	1883919		
Total	23	218022333			
Means					
C1	N	Mean	StDev	95% CI	
0% WF	4	17500	1705	(16058; 18942)	
100% WF	4	9550	1542	(8108; 10992)	
30% WF	4	12375	1084	(10933; 13817)	
40% WF	4	10593	1847	(9151; 12034)	
50% WF	4	10345	896	(8903; 11787)	
70% WF	4	9638	794	(8196; 11079)	
<i>Pooled StDev = 1372,56</i>					
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence					
C1	N	Mean	Grouping		
0% WF	4	17500	A		
30% WF	4	12375	B		
40% WF	4	10593	B		
50% WF	4	10345	B		
70% WF	4	9638	B		
100% WF	4	9550	B		
<i>Means that do not share a letter are significantly different.</i>					

P

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	5	1928183	385637	14,61	0,000
Error	18	475200	26400		
Total	23	2403383			

Means

C1	N	Mean	StDev	95% CI
0% WF	4	2478	205	(2307; 2648)
100% WF	4	1622,5	162,8	(1451,8; 1793,2)
30% WF	4	1997,5	135,2	(1826,8; 2168,2)
40% WF	4	1750,0	176,8	(1579,3; 1920,7)
50% WF	4	1875,0	116,8	(1704,3; 2045,7)
70% WF	4	1702,5	162,8	(1531,8; 1873,2)

Pooled StDev = 162,481

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
0% WF	4	2478	A
30% WF	4	1997,5	B
50% WF	4	1875,0	B C
40% WF	4	1750,0	B C
70% WF	4	1702,5	B C
100% WF	4	1622,5	C

Means that do not share a letter are significantly different.

K

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	5	84467083	16893417	18,23	0,000
Error	18	16682500	926806		
Total	23	101149583			

Means

C1	N	Mean	StDev	95% CI
0% WF	4	17225	665	(16214; 18236)
100% WF	4	11800	374	(10789; 12811)
30% WF	4	16400	949	(15389; 17411)
40% WF	4	14800	535	(13789; 15811)
50% WF	4	15525	1056	(14514; 16536)
70% WF	4	13025	1636	(12014; 14036)

Pooled StDev = 962,707

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
0% WF	4	17225	A
30% WF	4	16400	A B
50% WF	4	15525	A B
40% WF	4	14800	B C
70% WF	4	13025	C D
100% WF	4	11800	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Ca**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	5	25465521	5093104	15,75	0,000
Error	18	5819375	323299		
Total	23	31284896			

Means

C1	N	Mean	StDev	95% CI
0% WF	4	13750	370	(13153; 14347)
100% WF	4	10438	782	(9840; 11035)
30% WF	4	12475	544	(11878; 13072)
40% WF	4	11550	493	(10953; 12147)
50% WF	4	11475	680	(10878; 12072)
70% WF	4	11475	435	(10878; 12072)

Pooled StDev = 568,594

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
0% WF	4	13750	A
30% WF	4	12475	A B
40% WF	4	11550	B C
70% WF	4	11475	B C
50% WF	4	11475	B C
100% WF	4	10438	C

Means that do not share a letter are significantly different.