

Slutrapport

Nya hortikulturella substrat från den fasta fraktionen från biogasproduktion

Projekt nr: R-18-25-143

Projektperiod: 2019 03 06 – 2023 06 30

Huvudsökande: Håkan Asp, Inst. för Biosystem och Teknologi, SLU, hakan.asp@slu.se

Medsökanden: Malin Hultberg, SLU; Siri Caspersen, SLU; Bertil Hult, Gasum AB; Pia Holmberg, Hasselfors Garden AB

Inledning

Det övergripande syftet med detta projekt var att introducera och utveckla ett nytt kruksubstrat för trädgårdsnäringen med hjälp av en avvattnad fraktion av den näringsrika rötresten från biogasproduktionen. Resultat från detta projekt bedöms vara användbara för både konventionell och ekologisk trädgårdsodling. Projektet ligger i linje med frågeställningar som lyfts av LRF:s trädgårdsdelegation (2018), nämligen ”Hur kan näringsrika restprodukter användas i hortikulturella substrat?” och ”Substrat för ekologisk produktion”.

Övergripande frågeställningar är:

1. Kvalitéer hos rötresten som på verkar användningen som odlingssubstrat.
2. Odling i rötresten i kombinationer med torv och andra substrat.
3. Ökad nytta av rötresten genom användning i svampproduktion.

En förändring mot cirkulär och biobaserad ekonomi innebär att vi måste använda våra resurser hållbart, effektivt och på ett cirkulärt sätt. Därför ändras fokus just nu mot resursåtervinning och cirkulära system. Ett exempel på detta är teknik för nedbrytning av organiskt avfall genom anaerob rötning, som har utvecklats till en nettoenergiproducerande teknik genom produktion av biogas.

Biogasproduktionen lämnar en näringsrik och delvis nedbruten rötrest som kan separeras i en våt- och en torr (ca 28% torrsubstans) fraktion, vilket görs i allt större utsträckning i svenska biogasanläggningar. I denna studie fokuserar vi på att utveckla den torra fraktionen vidare till ett substrat och gödselmedel för produktion av växter och, som ett möjligt andra steg för att öka resurseffektiviteten, även för matsvamp.

Utveckling av rötresten till en del i ett odlingssubstrat tillför ett nytt värde till biogasproduktionen och om denna studie faller väl ut kan det också vara ett sätt att minska användningen av torv inom hortikulturen. Produktionen av containerodlade grönsaker och krukväxter är beroende av en jämn och säker kvalitet på substratet. Sedan flera decennier har torv varit den dominerande källan för krukväxsubstrat, utplanteringsväxter och bäddar. Torvmossar är värdefulla ekosystem för biologisk mångfald och en icke förnybar resurs, vilket ökar kraven på minskad torvanvändning. Ett nytt substrat eller blandning av torv och en ny komponent måste ha kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper som passar väl i produktionssystemet samtidigt som ekonomiska faktorer även är viktiga. Pilotstudier med avvattnad rötrest utförda av forskargruppen visar lovande resultat med avseende på dessa faktorer (Asp 2018).

För den fasta fraktionen har ett gödselvärde jämförbart med konventionella mineralgödselmedel påvisats. För optimal växtutveckling är dock inte bara den totala mängden tillgänglig utan även tidpunkten för frisättning i förhållande till växtbehovet viktig (Caspersen & Granrot 2018). Mer information behövs om mognadsprocessens inverkan på näringstillgången i den fasta fraktionen, och även om näringsdynamik i blandningar med rötresten. Den fasta fraktionen har ett initialt lågt N:P-förhållande.

Sammanfattningsvis är rötresterna generellt sett mycket näringsrika och i kombination med ett lågt C/N-förhållande gör detta dem intressanta som gödselmedel eller som jordförbättring. Detta har visat

sig vara sant för jordbruksändamål och i ett fåtal trädgårdsodlingssystem för krukproduktion som för tomatplantor.

Odlad matsvamp är ett livsmedel som det finns ett ökande intresse för i samtliga nordiska länder (Nordiska Ministerrådet, 2012). Svampen är intressant i sig som ett hälsosamt livsmedel som kan tillföra nya smaker och annorlunda textur. En ökad produktion baserat på lokalt producerat svampodlingssubstrat har också potential att öka hållbarheten i livsmedelssektorn. De två största anledningarna till att de är intressanta ur ett miljöperspektiv är att de är ett proteinrikt livsmedel som lyfts fram som ett alternativ till kött och att de i högsta grad är ett livsmedel som kan integreras in i en cirkulär produktion (Grimm & Wösten 2018).

Ur ett biologiskt perspektiv är matsvampar fruktkroppar som produceras av mikroorganismer som ingår i ordningen Fungi. Dessa organismer växer på ett organiskt substrat och bryter ner det för att få energi och byggstenar. Större delen av organismen finns i form av mycel dvs en trådformad flercellig struktur som måste ses i ett mikroskop för att den ska bli tydlig. När svampen (mycel) växer i ett lämpligt substrat kan de tillväxa kraftigt och substratet fylls med mycel. Genom en signal från omgivningen (ex temperaturförändring) kan fruktkroppar bildas. Viss odlad matsvamp tillhör de primära nedbrytarna, s.k. vednedbrytande svamp som ostronskivling (eg. ostronmussling) och shiitake, som kan växa bra på ett icke-nedbrutet ligninrikt material. Eftersom det substrat som utvärderas i detta projekt är baserat på torv och rötrest, samt eventuellt växtrötter, har fokus legat på de vednedbrytande svamparna som kan växa i ligninrika substrat.

Målet med detta projekt faller inom de tre huvuduppsättningarna av frågor nedan. I samtliga delar av projektet avses avvattnad rötrest (RR) med en torrsubstans på 27-30%.

i) Faktorer som avgör kvaliteten på rötresterna som näringskälla och torvsubstitut.

Forskningsfrågorna gäller främst kemiska faktorer som pH, näringsinnehåll och -tillgänglighet i slutprodukten. Bland de kemiska faktorerna är det också av intresse att studera koncentrationerna av ammonium i rötresterna eftersom det är en begränsande faktor då nästan allt mineraliserat kväve kommer att uppträda i denna form och ammoniumtoxicitet i växter är väldokumenterad. Vidare i en mognadsprocess efter den anaeroba rötningen kommer vi att studera utvecklingen av näringsformerna och tillgången på växtnäring, särskilt kväve och fosfor. Försök görs även att minska ammonium och sänka pH under lagringsprocessen.

ii) Odling i rötresten i kombinationer med torv och andra substrat

Forskningsfrågorna i denna del handlar om rötrestens lämplighet som komponent i främst torvbaserade substrat. Hur mycket av näringsämnen i rötresten är tillgängliga för en grönsaksproduktion? Hur kommer de fysiska faktorerna att förändras med mängden rötrest i blandningen och över tid i odlingen? Vilket är det optimala blandningsförhållandet och vilka är de begränsande faktorerna? Hur påverkar rötresterna blandningens porositet och vattenhållande förmåga? Eftersom anaeroba rötresterna normalt har högt pH och torven lågt är det viktigt att studera pH som en faktor för näringstillgången i de olika blandningsförhållandena. En liten del ägnas åt att studera tungmetallförekomst i rötresten och eventuellt upptag i växter.

iii) Användningen av förbrukat växtodlingssubstrat som svampkompost.

Modern växthusproduktion kan kombineras med svampproduktion, som inte kräver ljus eller åkermark för att producera mat med hög näringskvalitet. För att skapa maximalt utnyttjande siktar vi på att utvärdera möjligheten att använda det förbrukade substratet som substrat för produktion av ostronskivling. Ostronskivlingen är en vitrötesvamp som kan växa på ett brett spektrum av substrat, som är rika på lignin och cellulosa. I ett internationellt perspektiv är produktion av ostronskivling vanligt då det är en smak- och näringsrik och lättodlad svamp med låga miljökrav (Sanchez, 2010). I Sverige ökar nu konsumenternas intresse för matsvampar, inte endas för champinjoner, och betingar ett högt pris i grönsaksdisken. Ett väl designat ostronskivling kan förväntas producera mellan 1-2 kg färsk svamp per kg av substratet (torrvikt).

Material och metoder

i) Faktorer som avgör kvaliteten på rötresterna som näringskälla och torvsubstitut.

Rötrest (RR) från tre produktionsställen från Gasum AB har testats: Örebro, Katrineholm och Jordberga. Produktionsmetoden på dessa ställen varierar något i temperatur och omloppstid. Rötresten från Jordberga baseras helt på vegetabilier.

Lagring (efterkompostering) av RR har gjorts under produktionsmässiga förhållanden där ett försök avsåg lufttillförsel under lagringen. Här testades rötresten i odling i färsk rötrest eller efter lagring i ensilageslang eller öppen lagring endast under tak. Lagring med inblandning av torv har också gjorts. Här jämfördes lagringstider: en respektive tre månader.

Lagring har också gjorts under laboriemässiga förhållanden. Rötrest från två olika fabriker har följts under tre månader. Förändringar i ledningsförmåga, pH och näringsstillgänglighet har följts under lagringen varefter odlingsförsök gjorts.

Ett slutligt lagringförsök har gjorts i laboratorium där rötresten har ympats med nitrifikationsbakterier och studerats i blandning med och utan torv. Samma parametrar som ovan har studerats.

ii) Odling i rötresten i kombinationer med torv och andra substrat

Flera odlingsförsök har gjorts, samtliga i växthus under normala odlingsbetingelser:

Inblandningsmängder av rötresten, lagringstider, övergödning, olika substrat och kalkning. De växter som studerats är: Basilika som huvudsaklig modellgröda men andra korta kulturer som använts är sallat, dill, spenat och koriander. Som exempel på en längre kultur har paprika och tomat använts. I samtliga försök har substratparametrar som näringsinnehåll och tillgänglighet, bulkdensitet, porositet, vattenhållande förmåga, pH och ledningsförmåga gjorts. Dessutom har tillväxt- och skördeparametrar som höjd, friskvikt, torrsvikt, näringsinnehåll analyserats. De studier som gjorts är:

- Inblandning av RR i torv har gjorts med 20-80% (v/v).
- Inblandning av RR i andra substrat – grönkompost och pimpsten
- Övergödning med flytande fraktion av rötresten.
- Tungmetallinnehåll i RR och upptag i växt
- Betydelsen av lagringstid och lagringsförhållanden (se ovan under punkt 1.)

iii) Användningen av förbrukat växtodlingssubstrat som svampkompost

Användningen av ett använt växtodlingssubstrat baserat på torv och RR för produktion av matsvamp har utvärderats i tre steg.

I steg 1 följdes tillväxt och fruktkropps bildning av fyra vednedbrytbara matsvampar i ett använt växtodlingssubstrat baserat på torv och RR. Det använda substratet jämfördes med ett standardsubstrat för odling av vednedbrytande matsvamp (Stamets, 2000) baserat på sågspån och vetekli. Försöken genomfördes under produktionsliknande förhållande och odlingsmetoden och utvärdering är enligt Hultberg och Persson (2017). De matsvampar som användes i försöken var ostronskivling (*Pleurotus ostreatus* M2191), shiitake (*Lentinula edodes* M3782), igelkottsstaggsvamp (*Hericium erinaceus* M9514) samt korallticka (*Grifola frondosa* M9827). Startmaterial för svampodlingen i form av ”spawn” köptes från Mycelia BVBA, Belgien. Spawn är ett växtmaterial, oftast råg eller vetekärnor, som steriliserats och sedan används för att uppföröka en matsvamp.

I steg 2 valdes de matsvampar som producerade fruktkroppar i steg 1 ut (ostronskivling och shiitake) och studeras med avseende på effekt av koncentration av RR i substratet. I försöken testades inblandning av torv respektive sågspån (al, 2-4 mm). Försöken genomfördes i labbmiljö och mycelets tillväxt följdes i olika substrat. Startmaterial för svampen var som agarkultur från malt-agar, för ostronskivling var agarkulturen 12 dagar gammal när den ympades i de olika blandningarna och för shiitake var den 20 dagar gammal.

I steg 3 studeras olika sätt att kombinera växt och svampodling i ett substrat baserat på 70% torv och 30% RR. Försöken genomfördes i produktionsliknande miljöer och den matsvamp som användes i dessa försök var ostronskivling. Dessa försök är publicerade (Hultberg et al. 2022).

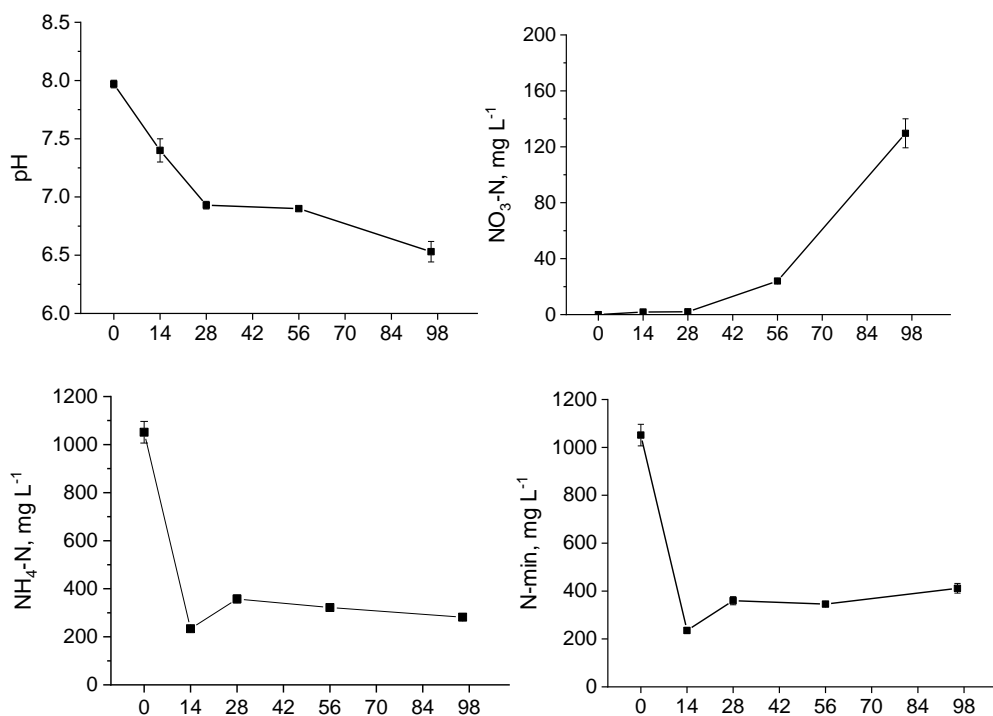
Resultat och diskussion

i) Faktorer som avgör kvaliteten på rötresterna som näringskälla och torvsubstitut.

En efterkompostering av den avvattade rötresten efter rötningen är nödvändig för ett gott odlingsresultat. Helt färsk rötrest gav betydligt lägre skörd av basilika än efterkomposterad rötrest. Den efterkomposterade rötresten inblandad i torv (30/70, v/v) gav likvärdiga resultat som ett gödlat och kalkat torvsubstrat. Kompostering i ”hög på platta” gav samma odlingsresultat som en efterkompostering i ensilageslang med begränsad lufttillförsel. Detta kan vara av betydelse då lagring med hög tillgång på syre, vilket ger en högre temperatur i komposten, kan ge en avvikande och kraftig lukt vid senare användning.

Rötrest som blandats med torv och efterkomposterats i en respektive tre månader uppvisade skillnader vid kryddodling (basilika, dill och koriander). Samtliga arter växte bättre i rötresten som komposterats i tre månader. En tillgänglighetsanalys (Spurway) visade att nästan samtliga näringsämnen var mindre tillgängliga efter tre månaders kompostering. Samtidigt kunde man se en förlust av mineraliserat kväve då ammoniumhalten minskade utan någon ökning av nitrit eller nitrat. Även ledningsförmåga (ett mått på sammanlagd förekomst av joner) och pH minskade med komposteringen vilket kan ha inverkat positivt på odlingen.

Ett tremånaders lagringsförsök i kontrollerad miljö visade på förändringar bl.a. i kvävetillgängligheten (Fig. 1 och Caspersen et.al 2023). Ammoniumhalten minskar under lagring men troligen mest som gasformig förlust av ammoniak då även förlust av totalkväve i princip följer samma kurva. Dock kan man se en nitratbildning som tyder på att viss nitrifikation pågår. pH sjunker vilket både är ett resultat av ammoniakavgång och nitrifikation. Dessa resultat är intressanta då både ett högt pH och hög ammoniumkoncentration kan vara begränsande för mängden rötrest som går att blanda in i torv och möjligheten att blanda in rötresten i andra substrat som inte har torvens naturliga surhet. I ett substrat är det lättare att höja pH genom kalkning än att sänka det vilket gör att ett lågt pH är bäst i en substratblandning.

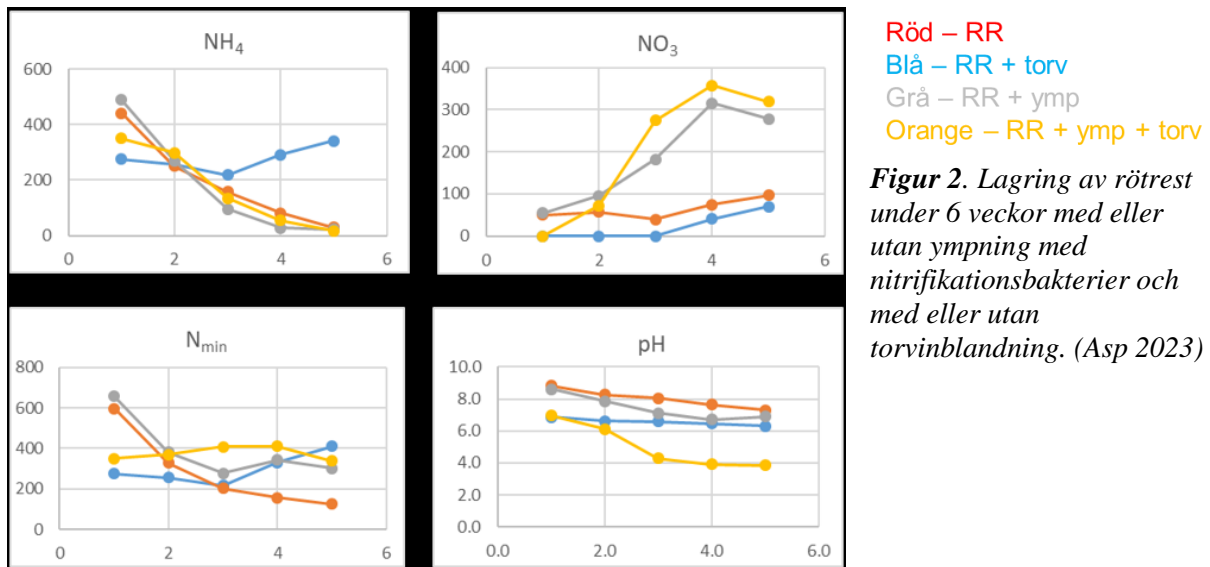


Figur 1. Näringsstillgänglighet och pH hos rötrest under 3 månaders luftad lagring. N-min = summan av ammonium och nitrat. (Caspersen et al. 2023).

Ett försök att öka nitrifieringen gjordes genom att ympa in nitrifikationsbakterier i rötresten före lagring (Asp 2023). Detta visade sig effektivt. I Figur 2. kan man utläsa att i det ympade ledet minskade ammonium samtidigt som nitratet ökade. Om dessutom rötresten var blandad med torv före lagringen så blev det inga förluster av kväve. Troligen på grund av att ammoniak inte avgår i den surare miljön som torven ger.

ii) Odling i rötresten i kombinationer med torv och andra substrat

De fysikaliska faktorerna är väl så viktiga som de kemiska i ett odlingssubstrat. Till stor del handlar det om innehåll av vatten och luft samt förmågan att löst binda näring (katjonbyteskapacitet). Tabell 1



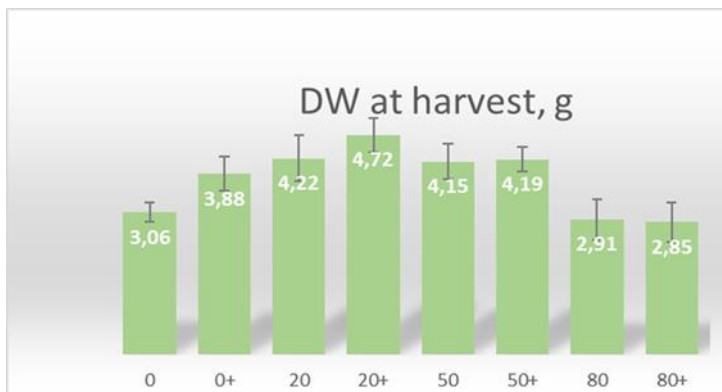
% Rötrest	Skrymdensitet, g/L	Porositet, %	Vattenfylld porvolym, %
0	213	83	80
20	214	82	78
50	121	83	77
80	210	83	66
100	214	82	68

Tabell 1. Fysikaliska faktorer i rötrest blandad med torv från 0 - 100%. (Asp et al. 2022.)

visar att när rötresten blandades med vanlig odlingsstov så förändrades varken skrymdensiteten eller porositeten (Asp et al. 2022). Den vattenhållande förmågan sjönk något med ökande inblandning av rötrest, men inte dramatiskt ur odlingsynpunkt.

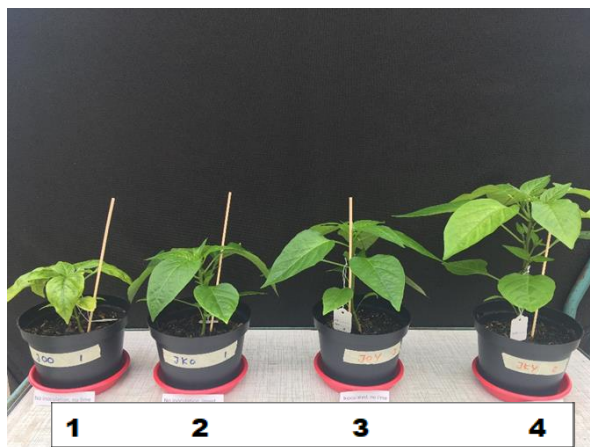
I ett odlingsförsök (Fig. 3) jämfördes odling i ren gödslad torv med odling i de olika inblandningarna (från Tab. 1). Dessutom tillsattes extra näring för att undersöka om det blev ett gödslingsvar vid de olika blandningarna. Vid 20% inblandning av RR var skörden lika med den gödslade referensen och en lite tillväxtökning gavs av mineralgödslings tillsatsen. Vid 50% RR ökade inte skörden med extra gödsel. Högre andel RR minskade tillväxten. Troliga anledningar till detta är högt ledningstal samt högt pH och ammoniumkoncentration (Asp et al. 2022).

Hittills opublicerade försök visar att inblandning med RR i torv och grönkompost (1/3 av varje) gav ett bra odlingssubstrat för basilika och ytterligare gödsling behövdes inte i denna kultur. Här testades övergödsling med flytande rötrest vilket fungerade bra i led utan den torra RR fraktionen, men gav ingen ytterligare skördeffekt när RR var inblandat. Inblandning med pimsten misslyckades troligen pga. ett för högt pH. När RR med lägre pH och lägre ammoniumhalt användes med pimsten blev resultatet bättre men fortfarande inte tillfredsställande.



Figur 3. Torr vikter av basilika odlad i blandningar av RR och torv; 0 – 80% RR. Torven var en lättgödslad såjord. Ett + under staplarna betyder att dess plantor är tilläggs gödslade med ett kommersiellt gödselmedel (Asp et al. 2022).

Lagring med torv och inympade nitrifikationsbakterier gav lägre pH och lägre ammoniumhalt samt högre nitrathalt. Odling av minipaprika i detta substrat visade sig bäst i en jämförelse med oympade och okalkade försöksled. (Figur 4. och Asp 2023).

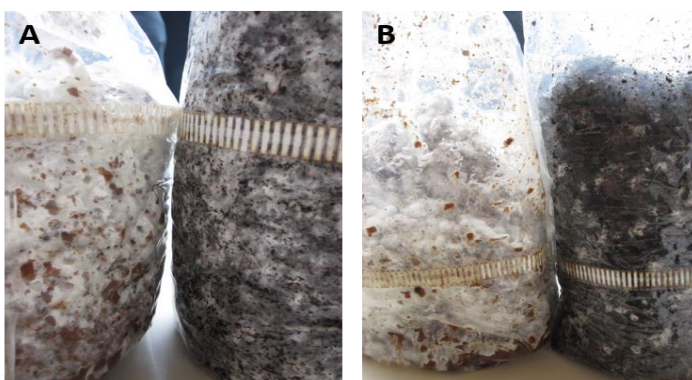


Figur 4. Minipaprika odlad i substrat bestående av torv och rötrest 50/50 (v/v). Från vänster: 1. Okalkad ej ympad; 2. Kalkad ej ympad; 3. Ympad med nitrifikationsbakterier ej kalkad; 4. Kalkad och ympad med nitrifikationsbakterier (Asp 2023).

Tungmetallhalter i rötrest och dess upptag i spenat undersöktes i ett mindre försök med rötrest från två produktionsställen. Halter av tungmetaller var inte i närheten av uppsatta gränsvärden för biogödsel. Upptaget i växter odlad i dessa substrat var låga, endast för kadmium och zink kom innehållet upp över 10% av det tillåtna i livsmedel.

iii) Användningen av förbrukat växtodlingssubstratet som svampkompost

Samtliga av de testade matsvamparna kunde kolonisera det använda växtodlingssubstratet även om graden av kolonisering av substraten varierade med svampart. Jämfört med kontrollsubstratet var mängden av mycel, visuellt bedömt, lägre. (Fig. 5).



Figur 5. Kontrollsubstraten, odlingspåse till vänster i båda bilderna, var koloniserade av svampmycel dag 15. Mängden mycel bedömdes som något glesare i det återanvända växtodlingssubstratet. Matsvamparnas förmåga att kolonisera substratet varierade med svampart, bild A visar odlingspåsar inokulerade med korallticka och i bild B är odlingspåsen inokulerad med igelkottagsvamp.

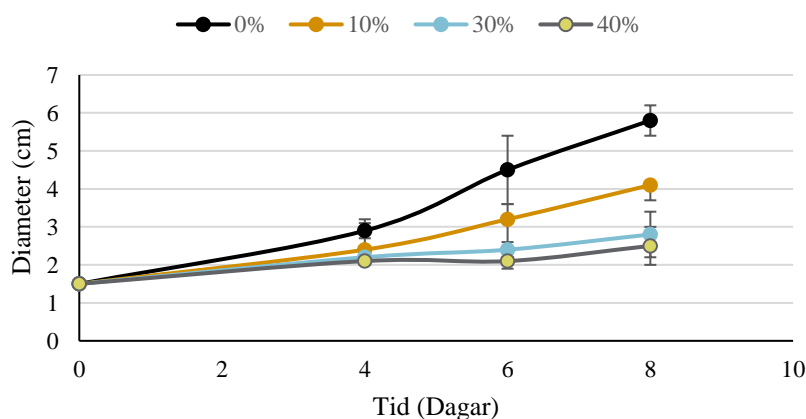
Fruktkroppsproduktion på det återanvända växtodlingssubstratet sågs för två av de testade matsvamparna, ostronskivling (Fig. 6) samt shiitake. Ett svampodlingssubstrats förmåga att stödja fruktkroppsproduktion uttrycks som substratets "biological efficiency" (BE) och är en kvot mellan färskvikten på den producerade svampen och den mängd torrsvikt substrat som använts för odlingen. För shiitake sågs bara några enstaka fruktkroppar, BE < 5%, medan substratets BE för ostronskivling låg mellan 25-30%. Detta innebär att 1 kg av använt växtodlingssubstrat (torrsvikt) kan förväntas producera ca 0.3 kg ostronskivling (färsksvikt). Svampodlingssubstrat som används för kommersiella produktion av ostronskivling har betydligt högre BE, värden på 100% och högre är vanligt rapporterade för välfungerade substrat (Stamets, 2000).



Figur 6. Ostronskivling kunde kolonisera det använda växtodlingssubstratet väl och fruktkroppar skördades efter ca en månad från start av odlingen.

Efter att ostronskivling och shiitake visat sig kunna producera fruktkroppar på substratet valdes dessa svampar ut för de experiment som genomfördes i steg 2. Där testades blandningar mellan torv och RR samt sågspån och RR. Blandningarna baserades på torrsvikt och halten RR varierades mellan 0-100%. Målet var att identifiera vilken halt av RR som var optimal för svampen. Resultaten var dock nedslående och visade på att båda svamparna kunde

kolonisera rent sågspån men att tillväxten sjönk när RR tillsattes (Fig. 7). Jämfört med blandningen sågspån och RR var mycelets tillväxt sämre på blandningen RR och torv. Mycel av ostronskivling var det som kunde tolerera inblandningen av RR bäst och viss tillväxt kunde ses på halter upp till 40% RR.



Figur 7. Mycelets tillväxt (*P. ostreatus*) över tid i substrat med varierande andel av RR (0%-40%). I det försök vars resultat visas här var övrigt substrat baserat på sågspån. Även blandning mellan torv och RR testades och svampens tillväxt var sämre än när sågspån blandades in.

Jämfört med det försök som beskrivs ovan var det uppenbart att myceltillväxten var betydligt sämre när försöken gjordes i mindre skala i kontrollerad miljö. Detta kan bero på flera faktorer varav en troligen är att svampen ympades från en agarplatta och inte som spawn. Ytterligare en faktor kan vara att i detta försök användes inte RR som används till växtodling utan relativt färsk RR och höga ammoniumhalten kan ha hämmat svamparnas tillväxt. Sammantaget kan de båda försöken tolkas som att svampen kan växa i substrat med RR i men att det inte är ett direkt lämpligt substrat.

Ytterligare ett försök genomfördes för att undersöka samspelet mellan växt- och svampodling. I detta försök användes ostronskivling och basilika samt ett substrat baserat på 30% RR och 70% torv (Hultberg et al. 2022).

I detta försök testades flera olika kombinationer av växt- och svampodling.

1. Basilika som samodlades i växthus med eller utan tillsats av spawn i substratet. Spawn tillsattes i två olika koncentrationer.
2. Svampodlingen som genomfördes i försök 1 upprepades med (a) använt växtodlingssubstrat samt med (b) substrat som inte använts för växtodling
3. Inblandning av substrat som använts för svampodling men inte för växtodling (dvs substrat b enl. ovan) i växtodlingssubstratet

Resultaten för kombination 1 visade att när höga halter av spawn tillsattes (10% av torrsvikt) sågs en samtida produktion av växt och svamp (Fig 8) men produktion av både växt och svamp var lägre jämfört med kontrollerna. Däremot sågs ingen fruktkroppsproduktion när spawn tillsattes i lägre koncentration (2% av torrsvikt) men den producerade mängden basilika var signifikant högre än kontrollen. Detta kan bero på en ökad mineralisering av substratet under svampens tillväxt parallellt med att svampens tillväxt inte blev så pass stor att den hämmade växten.



Figur 8. Samtida produktion av växt- och svamp sågs i substratet baserat på 30% RR och 70% torv. Dock var produktion längre än för den växt och svamp som odlades separat.

I de försök som genomfördes i kombination 2 konfirmerade resultaten det som redan visats i försök 1, att ostronskivling kan bilda fruktkroppar men att BE är förhållandevis lågt. Däremot sågs intressanta resultat när det använda svampodlingssubstratet användes för växtodling (kombination 3). Redan vid en inblandningsgrad av 25% (torrsvikt) sågs en signifikant högre produktion av basilika. Även detta resultat kan förklaras med att det substrat som använts för svampodling är mer mineraliserat och näringen därmed mer lättillgänglig (Hultberg et al. 2022).

Konklusioner, relevans och rekommendationer

En generell rekommendation vid användning av rötrest som gödsel eller substrat är att analysera näringsinnehållet strax före användandet. Innehållet beror på utgångsmaterialet för biogastillverkningen men även temperatur, omloppstid och eventuella tillsatser har betydelse och kan variera över säsong. Dock har de mätningar som gjorts i detta projekt visat på relativt små variationer. Om avvattnad rötrest används kan kvävehalten minska med tid då ammoniak avgår vid högre temperaturer och då även pH är högt i substratet. Lagring vid låg temperatur är att föredra.

En inblandning av rötrest med 20-30% i torv har i försöken visat sig vara lämpligast. De fysikaliska egenskaperna som skrymdensitet och porositet bibehålls medan den vattenhållande förmågan minskar något. Denna inblandning har inte uppvisat negativa effekter på de testade grödorna och för korta kulturer 4-6 veckor har ytterligare gödsling knappt haft någon effekt. En längre kultur, tomat, har provats med 30% rötrest i torv. Resultatet var bra men några veckor in i skörden blev näringsleveransen från substratet begränsande och övergödsling krävdes för att uppnå samma skörd som med ett mineralbaserat gödselmedel (i torvodling). Symptom som påminde om pyralidskador uppträdde i något försöksled men detta har inte analyserats.

Rötresten har även kombinerats med torv och grönkompost (1/3-del av varje). I detta substrat växte basilika bra och behövde ej gödslas ytterligare för att få samma tillväxt som i ett kommersiellt substrat.

När rötresten ympades med nitrifikationsbakterier sänktes pH och ammoniumhalten medan nitrat bildades. Detta gick bäst med torvinblandning i lagringen då detta hindrade kväveförluster. Rötrest som nitrifierats på detta sätt under 6 veckor och med efterföljande kalkning kunde blandas in till 50% med torv i ett substrat till paprika med bra resultat.

För substratproducenter och forskare bör en utveckling av lagring och nitrifikation vara intressant. Troligen kan man utveckla en metod att göra detta helt utan torv för att sen få en substratkomponent med högt näringsinnehåll som går att blanda in i flera olika substrat.

Användning av rötrest i svampodling har visat sig vara svårt. Den svamp, av de vi testat, som klarar sig bäst är ostronskivling. Vid odling på olika kombinationer av substrat visade en inblandning av rötrest en minskning av fruktkroppsbildningen och skörd. En positiv effekt har vi sett i försök med svamp i kombination med växtodling. Använd svampkompost, innehållande rötrest, gav bättre skörd av basilika än om substratet använts till växtodling utan föregående svampodling. Troligen frisätter svampodlingen näringen på ett sätt som gynnar växten.

Det finns, som alltid, mer att studera. Våra försök visar dock på att goda möjligheter finns att öka användningen av avvattnad rötrest i hortikulturella odlingssubstrat, och rekommenderar främst användning i korta kulturer i blandning med torv, men också att utvecklingen av nitrifierad rötrest samt inblandning i andra substrat än torv och användning i längre kulturer fortsätter.

Referenser

Asp H. (2018) RR – substrat och gödsel I växthusproduktion. Viola nr. 6: 28-29.

Asp H, Bergstrand K-J, Caspersen S and Hultberg M. 2022. Anaerobic digestate as peat substitute and fertiliser in pot production of basil. *Biological Agriculture and Horticulture*. <https://doi.org/10.1080/01448765.2022.2064232>

Asp. H. (2023). Modifiering av biogödsel för ökad användning i krukodling och för minskad torvanvändning. LTV-fakultetens faktablad, 2023:6.

Caspersen S, Oskarsson C and Asp H. 2023. Nutrient challenges with solid-phase anaerobic digestate as a peat substitute – storage decreased ammonium toxicity but increased phosphorus availability. *Waste Management* 165, 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.04.032>

Grimm D, Wösten HAB (2018) Mushroom cultivation in a circular economy. *Appl Microbiol Biotechnol* 102: 7795-7803. doi: 10.1007/s00253-018-9226-8

Hultberg M, Persson C. (2017) Produktion av ostronskivling på biomassa från anlagd våtmark. LTV-Fakultetens Faktablad 27 (in Swedish)

Hultberg M, Oskarsson C, Bergstrand K-J and Asp H. 2022. Benefits and drawbacks of combined plant and mushroom production in substrate based on biogas digestate and peat. *Environmental Technology & Innovations* 28 (2022) 102740. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102740>

LRF Trädgårdsdelegation. (2018). Konkurrenskraft Trädgård, En kartläggning av trädgårdsnäringens forskningsbehov 2018-2024. Utkast diskuterad med LRF Trädgård den 26 juli 2018, SLU Alnarp.

Nordiska Ministerrådet. (2012) Mushrooms traded as food, vol II. ISBN 978-92-893-2383-3

Sánchez C. (2010) Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Appl Microbiol Biotechnol* 85: 1321-1337

Stamets P. (2000) Growing gourmet and medical mushrooms. Ten Speed Press, CA, USA. ISBN 9781580081757

Resultatspridning

Scientific publications, published	<p>Asp H, Bergstrand K-J, Caspersen S and Hultberg M. 2022. Anaerobic digestate as peat substitute and fertiliser in pot production of basil. <i>Biological Agriculture and Horticulture</i>. https://doi.org/10.1080/01448765.2022.2064232</p> <p>Hultberg M, Oskarsson C, Bergstrand K-J and Asp H. 2022. Benefits and drawbacks of combined plant and mushroom production in substrate based on biogas digestate and peat. <i>Environmental Technology & Innovations</i> 28 (2022) 102740. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102740</p> <p>Caspersen S, Oskarsson C and Asp H. 2023. Nutrient challenges with solid-phase anaerobic digestate as a peat substitute – storage decreased ammonium toxicity but increased phosphorus availability. <i>Waste Management</i> 165, 128-139. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.04.032</p> <p>Bergstrand K-J, Löfkvist K, Asp H. 2020. Dynamics of nutrient availability in tomato production with organic fertilizers. <i>Biological Agriculture & Horticulture</i> 36 (3) 200-212. https://doi.org/10.1080/01448765.2020.1779816</p>
Scientific publications, submitted	<p>Asp H, Bergstrand K-J. 2023. Nutrient utilization and growth of tomato fertilized with anaerobic digestate. Submitted to <i>Scientia Horticulturae</i> (May 2023)</p>
Conference publications/presentations	<p>Asp H, Pelayo Lind O and Bergstrand K-J. 2019. Biogas digestate as fertilizer and growing medium in basil production trial. Conference presentation (poster) Greensys, Angers France, 2019.</p>
Other publications, media etc.	<p>Bergstrand K-J, Asp H, Löfkvist K. 2019. Eko-odling av tomater – rötrest ett bra gödselmedel. <i>Viola</i> no 5, 2019</p> <p>Asp H. 2023. Modifiering av biogödsel för ökad användning i krukodling och för minskad torvanvändning. <i>LTV-fakultetens faktablad</i> 2023:6.</p>
Oral communication, to sector, students etc.	<p>Årlig undervisning i samband med hydroponisk och jordfri odling på hortikulturella program vid SLU.</p> <p>Årliga seminarier med referensgruppen.</p>
Student theses	<p>Rahman M.S. 2019. Test of bio-compost (solid biogas digestate) as substrate for basil and lettuce production. Final report on the BSc course Project Based Research Training Course (LB0066) SLU, Alnarp. Supervisor: Dr. Håkan Asp, Department of Biosystems and Technology, SLU</p>