



Naar een betere benutting van het substraat.

Teeltmodel met compost; Vervolgproef.

Anton S.M. Sonnenberg, Jos Amsing en Ed Hendrix

© 2010 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 – 48 60 01
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inleiding	2
Voorproef	4
Hoofdproef	6
Teelt met Stockosorb	6
Teelt met Puimsteen onder de Compost	7
Chemische bepalingen	8
Opbrengsten en Kwaliteit	8
Is het Toedienen van Voeding in Doorgroeide Compost Mogelijk?	11
Hoe worden champignons gevoed?	13
Vegetatieve Groeien Uitscheiding van Eiwitten	13
Annex	1

pagina

Samenvatting

Opzet

In dit project is op een dunne laag compost geteeld (30 kg/m² ofwel 6 cm laag compost). De teelt is in tweeën te verdelen:

- Een teelt waarin door de compost een sterk waterhoudend polymeer is gemengd waaraan mangaan of fosfaat is toegevoegd bij het vullen
- Een teelt waaronder de compost een laag van 5 cm waterverzadigde puimsteen is gelegd bij het vullen. Deze laag heeft eerst een week de tijd gehad om hierin mycelium te laten ontwikkelen en daarna is tijdens de teelt hieraan voedingsstoffen toegevoegd via een eb- en vloedsysteem. Voedingsstoffen waren mangaan, fosfaat, en eiwit (lysine, caseïne hydrolysaat, tarwezemelen hydrolysaat).

Bij de tweede methode is met het eb- en vloedsysteem op diverse momenten voeding toegevoegd aan het mycelium dat in de puimsteen aanwezig is:

- Mangaan, bij het afdekken
- Fosfaat, 6 dagen na het afventileren
- Eiwit, 1 dag na einde eerste vlucht.

De concentraties Mn, P, en N zijn gemeten in de doorgroeide compost en aan het eind van de teelt. Tevens zijn deze bepalingen gedaan op champignons.

Uitkomst

Er waren in alle behandelingen geen significante verschillen te zien in Mn, P of N in de compost of champignons. Ook waren er geen verschillen te zien in de opbrengst en kwaliteit binnen de proef met stockosorb en binnen de proef met puimsteen.

Wel is er een duidelijk verschil te zien in opbrengst tussen de proef met stockosorb gemeng door de compost en de proef met een laag puimsteen onder de compost. Het is waarschijnlijk dat dit veroorzaakt is door het feit dat de compost met laag met puimsteen eronder eerst nog een week bij 24 °C heeft gestaan om vegetatieve groei te ontwikkelen in de puimsteen.

De opbrengst bij de stockosorb proef was erg hoog: 442 kg/ton in 2 vluchten. De productie kwam sneller dan verwacht en de paddenstoelen kwamen massaal op zodat de kwaliteit slecht was (53% kw 1). De opbrengst bij de compost met een laag puimsteen eronder was 352 kg/ton met een betere kwaliteit (71% kwaliteit 1). Omdat een slechtere kwaliteit een lager droge stofgehalte heeft is de opbrengst omgerekend naar droge stog per ton substraat. Deze is in de stockosorb proef 29 kg/ton compost en bij de compost met een puimsteenlaag eronder 24.8 kg/ton. Een normale teelt heeft 21.5 kg droge stof per ton compost. Dit kan een aanwijzing zijn dat telen op een dunne laag efficiënter kan verlopen.

Conclusies

Het toevoegen van voedingsstoffen aan de compost via mycelium in puimsteen tijdens de teelt in deze proeven lijkt niet te lukken. Er zijn geen hogere concentraties in de compost en champignons gemeten en er zijn geen effecten op opbrengst en kwaliteit.

Als we het werk van anderen en nu lopende projecten analyseren lijkt de voorlopige conclusie te zijn dat het toedienen van voeding tijdens de generatieve fase (na afventileren) geen effect heeft. Er is blijkbaar vegetatieve groei nodig om nieuw vast substraat te kunnen gaan gebruiken. Of dat ook voor alle andere, niet geteste, opgelost voedingsstoffen geldt is nog onduidelijk. Voor P, Mn en N lijkt dat in ieder geval niet te kunnen in het nu uitgeteste systeem.

Het verbeteren van substraatgebruik in het huidige systeem moet in ieder geval ook gericht worden op een verbetering van de startsituatie: Optimaliseren van het substraat (door aanpassen samenstelling of voorbewerking) en verbetering van de kolonisatie en afbraak (verbeteren biologische efficiëntie vanuit de raskant).

Inleiding

De voedingsbehoeften van uitgroeiende champignons zijn onvoldoende bekend. Het blijkt ook erg moeilijk te zijn om deze behoeften te bepalen in het huidige teeltsysteem. Compost is erg complex en de beschikbaarheid van de diverse micro- en macro voedingscomponenten hangen af van een aantal factoren, o.a. van het watergehalte en de pH van de compost en de complexering met andere organische componenten in de compost.

Plant Breeding Wageningen UR werkt aan twee groeimodellen om kennis te genereren over voedingsbehoefte van uitgroeiende champignon. In het eerste model wordt gewerkt met inerte dragers voor de myceliumgroei en gedefinieerde voedingsstoffen. In het tweede model wordt gewerkt met een aangepaste productie op compost. Hierin wordt een dunnere laag compost gebruikt dan in teeltbedrijven en naar methoden gezocht om voeding toe te dienen tijdens de teelt.

Het hier beschreven verslag is een vervolg op een eerder project waarbij teelt op compost zo wordt uitgevoerd dat manipulaties tijdens de teelt mogelijk worden. In vorige projecten zijn concentraties van een aantal micro- en macronutriënten bepaald in uitgroeiende champignons en hieruit is geconcludeerd dat uitgroeiende champignons een dalende concentratie N, P, Mn en Ca vertonen. Dat kan wijzen op een aanvoer van deze nutriënten vanuit de compost die niet aansluit op de behoefte van de groeiende champignons. Een correlatie met de concentratieverandering van deze nutriënten in de compost tijdens de teelt bleek erg moeilijk te leggen. De beschikbaarheid van water is ook een knelpunt.

Uit eerder onderzoek gedaan elders is gebleken dat het toevoegen van Mn aan de compost een positief effect heeft op de opbrengst (Desrumeaux 2000, Well et al, 2006). Ook het bijvoeden van doorgroeide compost na de eerste en tweede vlucht blijkt een positief effect te hebben op de opbrengst wat ook wijst op een tekort aan beschikbaar N (Royse et al, 2008). Voor P en Ca zijn nog geen goede experimentele onderbouwingen beschikbaar.

In het eerste project is een eerste stap gezet om tot een model gebaseerd op compost te komen. Er is geteeld op vulgewichten van 80 to 10 kg compost/m² (met telkens een stap van 10 kg). Dit zijn vulhoogten van 16 tot 2 cm. Voor elke vulhoogte zijn 4 kisten gevuld en de onder de helft van de kisten is een 4 cm dikke laag waterhoudende puimsteen gelegd. Bij de twee laagste vuldikten is ook een lagere dekaarde dikte gebruikt (2.5 cm i.p.v. 5 cm).

De conclusies van deze proef waren:

- Zelfs bij een vuldikte van 10 kg compost/m² (2 cm dikke laag) is er voldoende productie om in latere proeven de invloed van manipulatie met water, voeding en klimaat te kunnen waarnemen.
- Bij een afnemende vuldikte neemt de opbrengst aan champignons/m² af. Deze wordt vrijwel volledig veroorzaakt door een afnemend aantal champignons/m².
- Bij een afnemende vuldikte zien we dat de temperatuur van de compost daalt naar de waarde van de temperatuur van de cellucht.
- We zien een vertraging van de teelt bij afnemende vuldikten (tot 3 dagen in vergelijking met de normale vuldikten). Dit wordt waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door de afnemende composttemperatuur.
- Bij een afnemend vulgewicht stijgt het vochtgehalte van de compost (gemeten na de teelt).
- De biologische efficiëntie (kg champignons/ton compost) verandert niet veel bij afnemende vuldikte.
- Een halvering van de dikte van de dekaarde verhoogt het drogestofgehalte van de champignons (gemiddeld van 6.6 naar 8.0%). De verlaging in opbrengst verse champignons bij de laagste vuldikten door dunnere dekaarde wordt grotendeels gecompenseerd door een stijging in de hoeveelheid droge stof. De biologische efficiëntie in droge stof (kg droge stof champignons/kg compost) stijgt dus bij een dunnere dekaarde laag.

In dit afgeronde project is een laag van 4 cm puimsteen onder de compost gelegd waarna nog extra water is toegevoegd (vrij water) om zeker te zijn dat er genoeg water beschikbaar is. Omdat er aanwijzingen zijn dat water een beperkende factor is in de teelt werd verwacht dat deze natte onderlaag een positief effect zou hebben op de opbrengst. Dit effect werd echter niet waargenomen. Uit het project "Watergift in Compost" dat op een praktijkbedrijf wordt uitgevoerd is gebleken dat watergift boven in de compost (vlak onder de dekaarde) een positief effect heeft op de opbrengst. Uit de analyse na de teelt van de "Compost als Model" proef is gebleken dat bij afnemende compostdikten het mycelium steeds slechter de puimsteen ingroeit. Een logische verklaring is de

afwezigheid van voedsel in de puimsteen waardoor het mycelium niet de neiging heeft om naar de puimsteen toe te groeien. Bij de dikste lagen is dat wel gebeurd omdat waarschijnlijk daar wel voedingsstoffen van de compost naar de puimsteen lekken. Daar waar het mycelium wel naar de puimsteen toegroeit blijkt er goed contact te zijn. Zowel om als in de puimsteen is mycelium te zien onder de electronenmicroscop.

Puimsteen is in principe een goede drager voor vocht en dus voedingsstoffen. Als er een voldoende mycelium in en om de puimsteen zit kan tijdens de teelt aan deze laag opgeloste voedingsstoffen worden toegevoegd. In eerste instantie als een laagje vloeistof waarin de onderste laag puimsteen komt te staan. Later in een eb- en vloedstelsel. De vervolgprouf is er op gericht om een goede myceliumgroei tot stand te brengen in puimsteen onder een dunne laag compost. Deze laag zal worden gebruikt om toevoeging van drie voedingscomponenten tijdens de teelt te doen en te controleren of deze in de champignons terecht komen en welk effect dit heeft op opbrengst, kwaliteit en droge stofgehalte.

De beschikbaarheid van water in de compost lijkt ook een knelpunt te zijn. Uit het project "Watergift in Compost" uitgevoerd door DLV op een praktijkbedrijf blijkt dat vooral watergift bovenin de compost het beste effect heeft. In het andere project waar we een model ontwikkelen zonder gebruik te maken van compost wordt ook Stockosorb gebruikt. Dit is een soort gel dat erg veel water kan bevatten (>96% op gewichtbasis). Stockosorb is eerder al eens voor dekaarde gebruikt. Het kan het waterhoudend vermogen van de dekaarde verbeteren en daardoor de opbrengst. Een waterverzadigde stockosorb is nu door de 6 cm dikke compostlaag gemengd om te kijken of dit een effect heeft op de opbrengst en het vochtgehalte van de compost na de teelt. Tevens is aan enkele behandelingen P of Mn toegevoegd om te kijken of stockosorb als reservoir langzaam deze stoffen kan afgeven aan de compost en hiermee een tekort aan deze elementen tijdens de teelt kan worden voorkomen.

Opzet van de Proef

Het project heeft als doel in verschillende stappen te komen tot een modelstelsel waarin compost als een soort drager wordt gebruikt voor mycelium waaraan water en voedingsstoffen kunnen worden toegevoegd en waarmee makkelijker beluchtingen en temperatuurregelingen van het substraat kunnen worden gerealiseerd. In een dergelijk stelsel kan kennis gegenereerd worden die nodig is om het huidige substraatgebruik te optimaliseren maar kan ook aansluiten bij het parallelle onderzoek waarbij alleen opgeloste voedingsstoffen gebruikt worden toegevoegd aan een inerte drager. De eerste fase heeft aangetoond dat teelt op erg dunne lagen compost mogelijk is en welke effecten die heeft op de teelt.

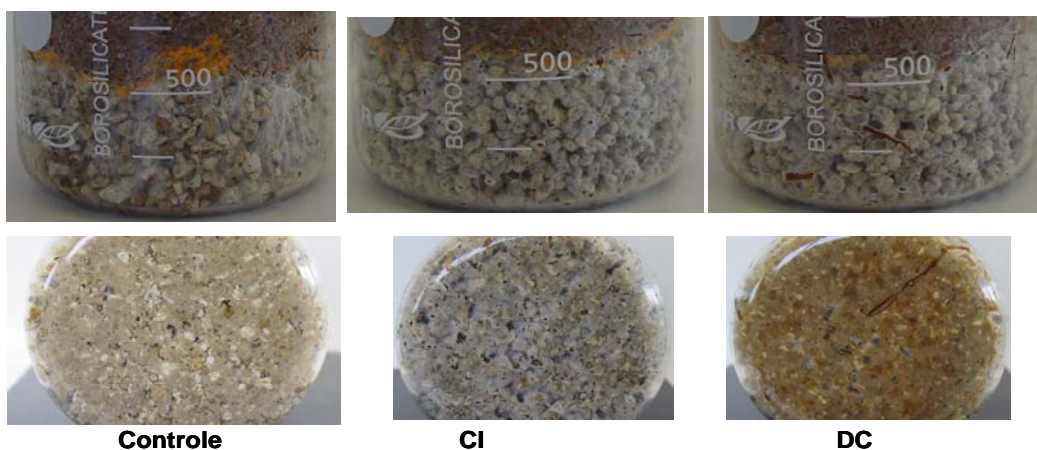
Deze tweede fase heeft als doel om een goed mycelium contact te bewerkstelligen met een inerte drager (puimsteen) en te testen of een drietal voedingsstoffen tijdens de teelt kunnen worden toegevoegd en welk effect dit heeft op opbrengst en kwaliteit.

Voordat de celproef is gestart is op kleine schaal in bekers bepaald op welke manier we het best myceliumgroei in de puimsteen kunnen bewerkstelligen zodat er een transportmogelijkheid is vanuit de puimsteen naar de compost. Hierna is de beste manier gekozen om de proef te starten met puimsteen als onderlaag.

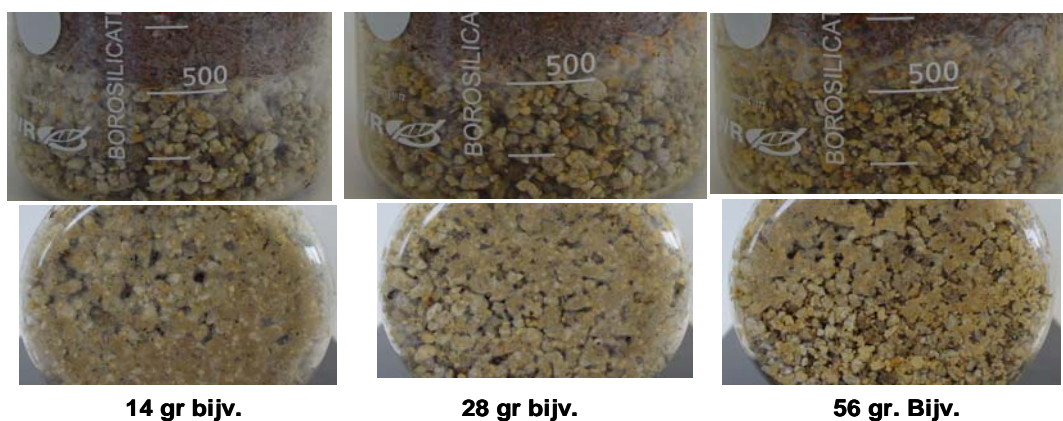
Voorproef

In deze proef zijn eerst enkele experimenten in het klein gedaan om te kijken hoe het best een goede myceliumgroei tot stand is te brengen in de puimsteenlaag onder de compost. Hiervoor zijn 2-liter bekgelazen gebruikt waarin een laag puimsteen is gebracht met daarbovenop doorgroeiende compost (ca 6 cm). De volgende behandelingen zijn

1	Controle (geen toevoegingen)	9	28 gr bijvoedmiddel + CI	toegepast op de puimsteen die onder de doorgroeiende compost ligt: Eén van de redenen waarom in het vorige
2	Cacking-inoculum (CI)	10	56 gr bijvoedmiddel + CI	
3	Doorgroeiende compost (DC)	11	14 gr bijvoedmiddel + DG	
4	CI + DC	12	28 gr bijvoedmiddel + DC	
5	14 gr bijvoedmiddel	13	56 gr bijvoedmiddel + DC	
6	28 gr bijvoedmiddel	14	14 gr bijvoedmiddel + CI+DC	
7	56 gr bijvoedmiddel	15	28 gr bijvoedmiddel + CI+DC	
8	14 gr bijvoedmiddel + CI	16	56 gr bijvoedmiddel + CI+DC	



Vullen (doorgroeiende compost): 13 mei 2009; Afdekken 14 mei 2009; Opruwen/Cac-ing 18 mei; Foto 25 mei



Vullen (doorgroeiende compost): 13 mei 2009; Afdekken 14 mei 2009; Opruwen/Cac-ing 18 mei; Foto 25 mei

Figuur 1. In deze voorproef zijn verschillende behandelingen toegepast om goed myceliumgroei te krijgen vanuit de compost in de puimsteen. Zowel CI als het mengen van doorgroeiende compost door de puimsten (cack-ing) werkt goed. Bij bijvoeden is vaak een dicht myceliumgroei te zien op het gransvlak compost en puimsteen. Omdat je met CI ook een goede verdeling van entpunten krijgt in de puimsteen is met deze methode verder gewerkt in de hoofdproef.

project het mycelium slecht in de puimsteen groeide zou verklaard kunnen worden door het feit dat er in de puimsteen alleen vocht en geen voeding zit. Daarom is hier ook verschillende concentraties bijvoedmiddel getest.

Uit deze voorproef is gebleken dat zowel het mengen van CI (cacking inoculum) als doorgroeide compost (DC) een goede myceliumgroei tot stand brengt in de puimsteen. Dit mycelium maakt op het oog goed contact met de bovenliggende compostlaag. Als bijvoedmiddel wordt toegevoegd ontstaat een dichte laag mycelium op het grensvlak tussen compost en puimsteen. Hoe meer bijvoedmiddel des te dichter deze laag is. Dit zou verstrend kunnen werken. Op grond van deze voorproef is besloten om de puimsteenlaag te inoculeren met CI. CI is op voorraad leverbaar en is goed te mengen met de puimsteen.



Figuur2. Voorproef in Bekerglazen.

In deze figuur is de productie te zien van paddenstoelen in bekgelazen uit figuur 1. Door de kleine schaal is weinig van productie te zeggen maar wel is te zien dat te veel bijvoedmiddel in de puimsteen tot een vertraging en mogelijk verlaging van de opbrengst leidt.

Potnr	Behandeling	Potnr	Behandeling	Potnr	Behandeling	Potnr	Behandeling
1	Controle	2	CI	3	DC	4	CI+DC
1	Controle	2	CI	3	DC	4	CI+DC
		5	14 gr bijvoed	6	28 gr bijvoed.	7	56 gr bijvoed.
		8	14 gr bijvoed.+CI	9	28 gr bijvoed.+CI	10	56 gr bijvoed.+CI
		11	14 gr bijvoed+DC	12	28 gr bijvoed+DC	13	56 gr bijvoed+DC
		14	14 gr bijvoed +CI+DC	15	28 gr bijvoed +CI+DC	16	56 gr bijvoed +CI+DC

Hoofdproef

De hoofdproef is uitgevoerd in kisten van 0.2 m² en een vulgewicht van 30 kg compost/m² (6 cm).

Er zijn twee methoden uitgetoetst om gedoseerd of tijdens de teelt voeding toe te voegen.

Toevoeging via langzame dosering (*slow release*) is gedaan door 10 vol% Stockosorb toe te voegen aan de doorgroeide compost. Dit polymeer kan enorme hoeveelheden water bevatten (>96% op gewichtsbasis). Aan de stockosorb kunnen ook wateroplosbare stoffen worden toegevoegd. Bij plantengroei blijkt dit een goede methode te zijn om extra mineralen ter beschikking te stellen aan de planten. Deze nemen via de haarwortels de mineralen op uit de Stockosorb of via diffusie vanuit de Stockosorb komen de extra mineralen ter beschikking. Of mycelium in de Stockosorb kan doordringen en dus hieruit voeding opnemen is niet bekend. Wel verwachten we dat Stockosorb via diffusie de voeding zal afgeven aan de compost. Voordat aan deze compost Stockosorb is toegevoegd is deze een week in de koelcel bewaard omdat de kisten met een puimsteen onderlaag eerst een week de tijd moeten krijgen om voldoende mycelium te vormen in de puimsteen.

Bij de andere methode is een laag van 4 cm waterverzadigde puimsteen aangebracht onder de doorgroeide compost. De bedoeling is om in deze laag een goede myceliumgroei te krijgen en dan via een eb en vloed systeem tijdens de teelt voeding te kunnen toevoegen.

Beh. Omschrijving

1 Controle

Stockosorb

- 2 100 ml waterverzadigde stockosorb (10 volume %)
- 3 100 ml water; geen stockosorb
- 4 100 ml waterverzadigde stockosorb + 4mM Mn
- 5 100 ml waterverzadigde stockosorb + 200 mM P

Puimsteen

Mangaan

- 6 Geen
- 7 Bij afdekken 4 uur vloed met water
- 8 Bij afdekken 4 uur vloed met water + 4 mM Mn

Fosfaat

- 9 5 dgn na afventileren 4 uur vloed met water
- 10 6 dgn na afventileren 4 uur vloed met water + 200 mM P

Stikstof

- 11 1 dag na pluk eerste vlucht 4 uur vloed met water
- 12 1 dag na pluk eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine (80 gr/kist)
- 13 1 dag na pluk eerste vlucht 4 uur vloed met water + caseïnehydrolysaat (80 gr/kist)
- 14 1 dag na pluk eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat (80 gr/kist)
- 15 Puimsteen + 25% waterverz. stockosorb; geen toevoegingen

Tabel 1. Behandelingen in de hoofdproef.

Teelt met Stockosorb

Deze proef bestaat uit 5 behandelingen (tabel 1; behandelingen 1 t/m 5) met kisten waaronder dus geen puimsteen is geplaatst. Naast de controle, waarbij niets aan de compost is toegevoegd, is bij behandeling 2 10 volume % waterverzadigde Stockosorb toegevoegd, bij behandeling 3 een zelfde hoeveelheid water (maar zonder Stockosorb), behandeling 4 10 volume % Stockosorb met 4 mM Mangaan (Mn) en bij behandeling 5, 10 volume % Stockosorb met 200 mM fosfaat. In alle gevallen is dus evenveel extra water toegevoegd ten opzichte van de controle. Elke behandeling is in 6-voud uitgevoerd. De concentraties van Mn en P zijn zodanig genomen dat de concentratie van beide elementen minimaal met een factor 2 naar boven gaat. Voor Mn betekent dit een toevoeging van ca 200 mg/kg droge compost, vergelijkbaar met wat anderen hebben toegevoegd (Weis et al 2006).

Er zijn in het aantal stuks paddenstoelen en de opbrengst in twee vluchten geen significante verschillen te zien tussen de behandelingen (figuur 3). Het toevoegen van Mn, P en/of water via Stockosorb heeft dus geen effect gehad. Effecten met Mn werden verwacht omdat Mn een belangrijke rol speelt bij de afbraak van lignine en dus het beschikbaar maken van (hemi) cellulose. Het enzym dat Mn gebruikt bij de afbraak van lignine is actief tijdens de doorgroeiing van de compost en ook nog wat actief tijdens de doorgroeiing van dekaarde en knopvorming. Daarna neemt deze activiteit af. Deze activiteit loopt parallel met die van laccase, ook een enzym dat betrokken is bij de afbraak van lignine. Het is mogelijk dat alleen een toevoeging in een veel vroeger stadium effect heeft. Ook fosfaat heeft geen effect gehad op opbrengst of aantal stuks ondanks eerder aanwijzingen dat fosfaat afneemt in de compost en champignons tijdens de uitgroei van champignons. Ook zijn geen kwaliteitsverschillen binnen deze subproef gezien.

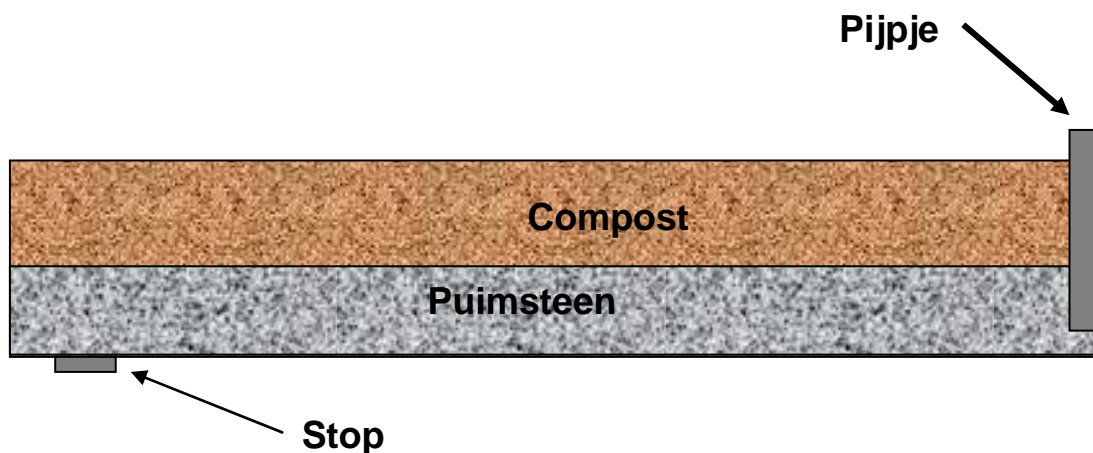
Er kunnen verschillende redenen zijn voor het uitblijven van een effect:

- er is van beide elementen voldoende aanwezig in het substraat
- de gebruikte concentraties moeten hoger zijn om een effect te zien
- er diffundeert te weinig vanuit de Stockosorb de compost in en/of het is mycelium niet in staat om de stoffen uit de Stockosorb te halen.

De hoogte van de productie en de kwaliteit zal verderop behandeld worden.

Teelt met Puimsteen onder de Compost

De puimsteen die onder de compost is gelegd vóór het vullen met doorgroeide compost is eerst gepasteuriseerd, daarna gemengd met CI om snel mycelium te ontwikkelen in de puimsteen. Hiervoor zijn deze kisten eerst afgedekt met papier en 7 dagen weggezet bij 24 °C. Na deze periode bleek er inderdaad een goede myceliumgroei aanwezig in de puimsteen. Nadeel was echter dat de myceliumgroei in de compost ook is doorgedaan en er een dichte laag mycelium op de bovenkant is gevormd. Na afdekken bleek er een slechte groei in de dekaarde plaats te vinden. Aangezien er een netje zit tussen dekaarde en compost is de dekaarde er na een aantal dagen afgehaald en is de compost opgeruwd. Tevens is er wat compost door de dekaarde gemengd. Hierna is de dekaarde weer teruggezet.



Figuur 3. Schematische weergave van kisten waarbij onder de compost een laag puimsteen ligt. Met behulp van het pijpje wordt een oplossing toegevoegd, 4 uur geïncubeerd en via de stop weer afgevoerd.

Na deze behandeling verliep de doorgroei van de dekaarde nog slecht en de kisten met de laag puimsteen zijn daarom in een andere cel gezet om deze kisten meer tijd te geven om de dekaarde te doorgroeien. Bij het opruwen van de compost waren bij enkele kisten ook wat groene plekken te zien. Deze leken op olijfgroene schimmels.

De behandelingen zijn toegepast door water, al dan niet met een voedingsoplossing, op aangegeven tijden toe te voegen aan de puimsteen en na 4 uur inwerking op de puimsteen weer weg te laten lopen (figuur 3). Bij elke kist is een pijpje langs de binnenzijde van de kist aangebracht waardoor de vloeistof naar de onderliggende puimsteenlaag kan worden gebracht. Er is zoveel vloeistof toegevoegd dat vrijwel de hele laag puimsteen onder water staat. Elke kist heeft een stop onder de bodem waardoor de vloeistof weer kan weglopen. Elke incubatie heeft 4 uur geduurd om het toegevoegde stof de tijd te geven om in de puimsteen te diffunderen. Omdat dit geen efficiënt proces is, is

de concentratie van de toe te voegen stoffen hoog genomen. Daar staat dan tegenover dat de incubatie niet te lang moet zijn om het mycelium niet te lang bloot te stellen aan een te hoge dosis.

Uit de opbrengsten en kwaliteitsbeoordelingen bleken er geen significante verschillen te zitten tussen de verschillende behandelingen.

Chemische bepalingen

Van de compost, champignons en het weggelopen vloeistof na incubatie van de puimsteen zijn in de loop van de teelt veel monsters verzameld en opgeslagen in de vriezer. Na de teelt is van een beperkt aantal monsters een analyse gedaan omdat geen effecten in de teelt te zien waren op opbrengst en kwaliteit vergeleken met de controles. De uitgevoerde chemische analyses zijn weergegeven in annex 1.

De bepalingen aan de compost laten zien dat de toevoeging van Mn of P via Stockosorb de concentraties Mn en P met een factor 1.5-2 hebben verhoogd. Mn gaat van 196 mg/kg droog naar 310 (na mengen, respectievelijk 407 (einde teelt). P-totaal gaat van 5.6 g/kg droog naar 9.07 (na mengen). Desondanks is er geen effect te zien op opbrengst en kwaliteit vergeleken met de controle. Het Mn gehalte van de champignons uit vlucht 1 en 2 zijn niet significant verhoogd in de composten waaraan Mn via Stockosorb is toegevoegd.

Het bijmengen van waterhoudende Stockosorb verhoogt het vochtgehalte van de compost van 64.6 – 65.2 naar 69.5 – 70.5. Deze toch sterke verhoging heeft geen nadelige invloed gehad op de productie. Een verklaring zou kunnen zijn dat het merendeel van het water maar langzaam vrijkomt en lang in de Stockosorb blijft zitten. Het is zelf mogelijk dat de stockosorb het water niet afgeeft omdat de kracht waarmee stockosorb water bind sterker is dan de kracht waarmee de compost (of mycelium?) hieraan trekt. Bij plantengroei werkt stockosorb prima. Het is mogelijk dat haarwortels veel beter in staat zijn om water en dus voeding aan stockosorb te onttrekken. Het droge stofgehalte van de champignons is ook niet beïnvloed door het hogere vochtgehalte van de compost. De pH, vochtgehalte en organische stofgehalte aan het eind van de teelt verschilde niet significant tussen de behandelingen met Stockosorb.

Bij het eb en vloed systeem met puimsteen zijn metingen gedaan aan het percolaat (vloeistof die wegloopt na de incubatie van de puimsteen, de compost en de champignons van vlucht 1 en 2). In dit percolaat zijn hoge concentraties gemeten van de toegevoegde stoffen (tabel 3). Bij Mn is de concentratie in het percolaat 0.048 gr/liter en de concentratie bij toevoeging is 0.79 gram/liter. Het merendeel van de Mn is dus achtergebleven. Bij de toevoegingen van de bijvoedmiddelen lysine, caseïne hydrolysaat en tarwe-glutenhydrolysaat is ook voldoende achtergebleven om een effect te hebben gehad. Bij lysine bijvoorbeeld, is 2.11 gram/L stikstof toegevoegd en in het percolaat is 1.33 gr/L gemeten. Noch bij Mn, noch bij P, noch bij de stikstof toepassingen zijn Mn, P en N gehalten in de compost en champignons verhoogt. Caseïne hydrolysaat blijkt erg veel fosfaat te bevatten, meer dan is toegevoegd in de fosfaatbehandeling. Desondanks is geen verhoging van P in de compost te zien. Het lijkt erop dat het mycelium niet in staat is om vanuit de puimsteen voedingsstoffen op te nemen en door te geven aan de compost. Dit desondanks het feit dat er een goede myceliumgroei is geconstateerd in de puimsteen en een goed contact van dit mycelium met de compost. In de laatste paragraaf wordt ingegaan op mogelijke redenen.

Opbrengsten en Kwaliteit

Eerder is al geconstateerd dat er geen significante verschillen zitten in opbrengsten en kwaliteit champignons binnen de twee deelproeven: Stockosorb en puimsteen (tabel 2). Er zijn echter wel opvallende verschillen te zien tussen de twee type proeven (tabellen 3 en 4). In de proeven met Stockosorb ligt de opbrengst beduidend hoger dan die met puimsteen. In de eerste vlucht is gemiddeld 323 kg/ton compost en in de tweede vlucht 129 kg/ton compost geproduceerd. Een totale opbrengst van 452 kg/ton mag hoog worden genoemd. Als we naar de kwaliteit kijken zien we echter dat deze laag is. De productie heeft zich onverwachts snel doorgezet en de dichtheid van champignons is erg hoog geweest. Hierdoor rijpten de paddenstoelen snel af. De champignons uit de eerste vlucht zagen er ook wat grauw uit. De kwaliteit van de kisten met puimsteen was veel beter. De opbrengst voor de eerste vlucht was 234.5 kg en de tweede vlucht 117.5 kg (totaal 352 kg/ton in 2 vluchten). Deze kisten hebben een week langer een vegetatieve groei gehad. Aan het oppervlak was veel mycelium te zien. Daarnaast is de ingroei van mycelium in de dekaarde nog al traag geweest. Ondanks deze nadelen is ook deze opbrengst dus goed te noemen. Om een goede

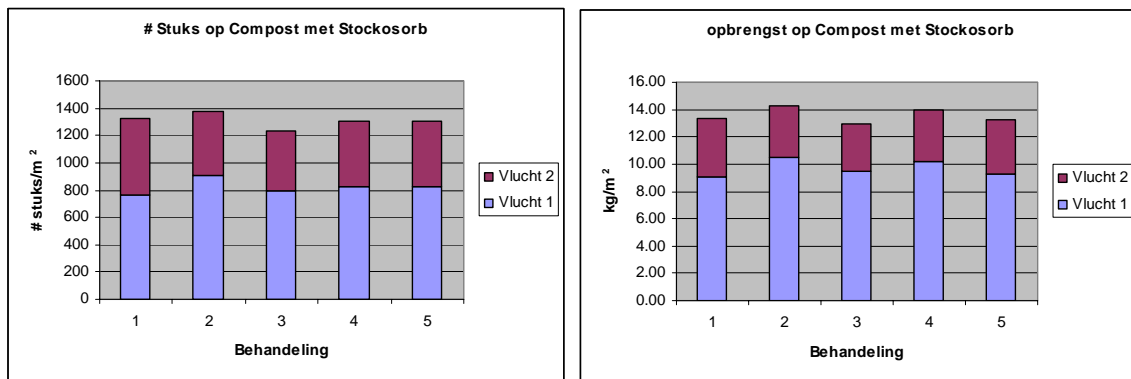
Vergelijking behandelingen met en zonder puimsteen

Behandeling	Opbrengst kg/ton			Droge stof champignon			Per ton compost		
	Vlucht 1	Vlucht 2	VI 1+2	Vlucht 1	Vlucht 2	Gm. VI 1+2	Vlucht 1	Vlucht 2	VI 1+2
Stockosorb	323.41	129.18	452.59	6.54	6.36	6.45	21.15	8.23	29.38
Puimsteen	234.49	117.54	352.03	6.79	7.58	7.18	15.92	8.91	24.83
Opbrengst Plukkers	322.00			6.80	6.60		21.57		

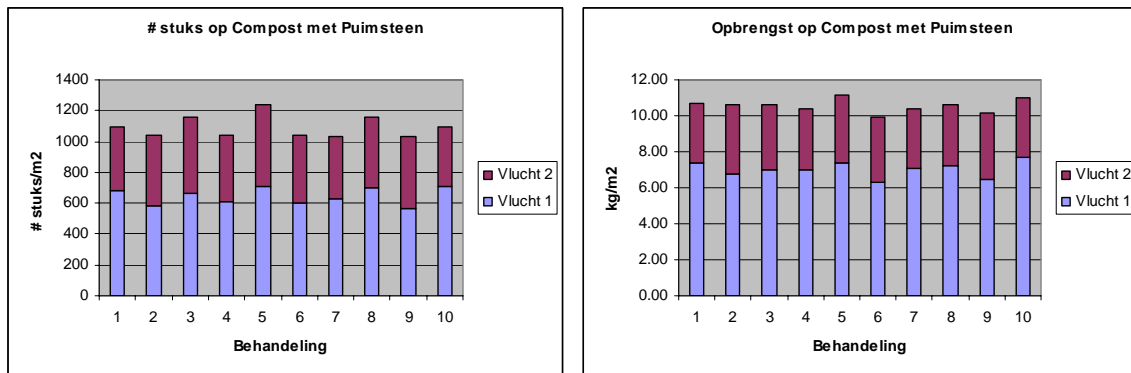
Tabel 3. Opbrengst in versgewicht en droge stof champignons op composten met stockosorb of een onderlaag met puimsteen. Als vergelijk is de gemiddelde opbrengst voor plukkers genomen.

	Vlucht 1			Vlucht 2			Vlucht 1+2		
	st/m2 Kwal. I	Totaal	% kwaliteit Kwal. I	st/m2 Kwal. I	Totaal	% kwaliteit Kwal. I	st/m2 Kwal. I	Totaal	% kwaliteit Kwal. I
Stockosorb	441.7	822.5	53.5	257.2	486.5	52.4	698.8	1309.0	53.4
Puimsteen	459.6	644.3	71.3	325.9	448.9	72.6	785.5	1093.2	71.9

Tabel 4. Vergelijking van kwaliteit van champignons tussen compost met Stockosorb en compost waaronder puimsteen is gelegd.



Figuur 4. Opbrengst en aantal stuks op compost met Stockosorb waaraan niets (behandeling 1), waterverzadigde Stockosorb (behandeling 2), alleen water (behandeling 3), water + 4 mM Mn (behandeling 4) of 200 mM P (behandeling 5) is toegevoegd.



Figuur 5. Opbrengst en aantal stuks op compost waaronder een laag puimsteen is aangebracht. Tijdens de teelt is deze laag puimsteen via een vloedsysteem onderwater gezet met al dan niet een voedingsoplossing. Afhankelijk van het type voeding is het tijdstip in de teelt gekozen om de vloed toe te passen. Behandeling 6 is de controle: Geen toevoegingen tijdens de teelt. Beh. 7: 4 uur vloed bij afdekken met alleen water; Beh. 8: 4 uur vloed bij afdekken met water + 4 Mm Mn; Beh. 9: 4 uur vloed met water 5 dagen na afdekken; Beh. 10: 4 uur vloed + 200 Mm P, 6 dagen na afdekken; Beh. 11: 4 uur vloed met water, 1 dag na pluk eerste vlucht; Beh. 12: 4 uur vloed met water + lysine (80 gr/kist); 2 dagen na pluk eerste vlucht; Beh. 13: 4 uur vloed met water + caseinehydrolysaat (80 gr/kist); beh. 15: Bij deze behandeling is ook Stockosorb met water gemeng door de puimsteen aan begin van de teelt.

inschatting te maken van de productie moet je eigenlijk kijken naar de productie droge stof (n champignons) per ton compost. Hiermee wordt voor een groot gedeelte gecorrigeerd voor kwaliteit omdat een mindere kwaliteit ook een lager droge stofgehalte heeft. In tabel 3 zijn deze waarden weergegeven.

Bij de compost met Stockosorb, vulgewicht doorgroeiende compost van 30 kg/m² is de productie droge stof per ton compost 29 kg. Voor de compost met puimsteen (ook vulgewicht 30 kg compost) is de productie drooggewicht per ton compost bijna 25 kg. Voor teelten op bedrijven geldt voor plukkers een gemiddelde productie van 322 kg per

ton compost en een droge stof gehalte van gemiddeld 6.7% (CNC opbrengsttermometer). Dat is een productie van ruim 21.5 kg droge stof per ton compost. In deze proef hebben dus beide type teelten een goede opbrengst laten zien (figuren 4 en 5). Bij de Stockosorb teelten heeft de stockosorb zelf geen effect gehad. De behandeling in deze reeks zonder stockosorb (controle) had vergelijkbare hoge productie. Dit wijst erop dat een geringe vuldikte tot de hoge productie heeft geleid. Omgerekend voor droge stof is de productie 25% hoger bij de stockosorbteelt dan in standaard teelten.

				Droge stof champignon			Productie droge stof		
	Opbrengst	kg/ton		gemiddeld over 3 behandelingen			Per ton compost		
Behandeling	Vlucht 1	Vlucht 2	VI 1+2	Vlucht 1	Vlucht 2	VI 1+2	Vlucht 1	Vlucht 2	VI 1+2
1	303.06	143.08	446.14	6.30	6.57	12.86	19.08	9.40	28.48
2	350.89	125.67	476.56	6.50	6.12	12.62	22.81	7.68	30.49
3	314.78	116.92	431.69	6.60	6.21	12.80	20.76	7.26	28.02
4	340.08	125.36	465.44	6.65	6.19	12.84	22.61	7.76	30.37
5	308.25	134.86	443.11	6.65	6.72	13.36	20.49	9.06	29.55
6	246.92	109.94	356.86	6.92	7.37	14.29	17.08	8.10	25.18
7	226.53	128.42	354.94	6.58	7.44	14.02	14.90	9.56	24.46
8	234.00	120.39	354.39	6.75	7.80	14.55	15.79	9.39	25.18
9	234.33	111.89	346.22	6.73	7.48	14.21	15.77	8.37	24.14
10	246.08	124.56	370.64	6.89	7.95	14.85	16.97	9.91	26.87
11	210.81	120.39	331.19	7.04	7.42	14.47	14.84	8.94	23.78
12	234.78	112.39	347.17	6.68	7.49	14.17	15.68	8.42	24.10
13	240.28	114.22	354.50	6.74	7.39	14.13	16.19	8.45	24.64
14	215.08	123.83	338.92	6.82	7.63	14.45	14.66	9.45	24.11
15	256.08	109.33	365.42	6.76	7.77	14.53	17.31	8.50	25.81

Tabel 2. Opbrengsten en drogestof gehalte producties op alle behandelingen.

Is het Toedienen van Voeding in Doorgroeide Compost Mogelijk?

In dit project is geprobeerd om tijdens de teelt voeding toe te voegen aan de compost omdat er aanwijzingen zijn dat voeding een beperkende factor is voor de productie. In de huidige opzet is dat niet gelukt. Om te achterhalen waarom dit niet gaat is het goed om eerder gedane experimenten eens te bekijken.

De meest uitgebreide proeven voor bijvoeden in de teelt zijn gedaan door de groep van Dan Royse van Penn State University (Royse & Sanches 2008, Royse & Chalupa 2009 en Royse 2010).

Samengevat heeft Royse met de compost na een tweede vlucht de volgende type experimenten gedaan:

- In alle gevallen nieuwe dekaarde
- Compost mengen (1 x tot 3 x in ronddraaiend vat)
- Bijvoeden na tweede vlucht door bijvoedmiddel te mengen met compost
- Mengten van fase II compost door de compost na tweede vlucht
- Mengten van zowel bijvoedmiddel en fase II compost door de compost na de tweede vlucht
- Steeds verder opschuiven van opnieuw afdekken na mengen en toedienen van bijvoedmiddel/fase II compost aan compost tweede vlucht.

De belangrijkste uitkomsten zijn:

- Mengten van compost na de tweede vlucht en gebruik nieuwe dekaarde geeft een 30% verhoging in productie met de controle; of hier nieuwe dekaarde ook aan bijdraagt is niet uitgetest.
- Als ook nog bijvoedmiddel wordt toegevoegd gaat de productie 30-54% verder omhoog. Vergeleken met de controle (geen enkele toepassing) verhoogd de productie met ca 100%.
- Het *sec* toevoegen van fase II compost alleen heeft nauwelijks een effect.
- Het toevoegen van fase II compost versterkt het effect van het toevoegen van bijvoedmiddel.
- Het uitstellen van afdekken na opmengen en toevoegingen aan compost na een tweede vlucht verhoogt de opbrengst (vergelijking tussen direct afdekken na mengen en bijvoeden versus eerst 5 dagen wachten).
- Toevoegen van 15% broed aan de opgemengde compost na de tweede vlucht geeft een opbrengstverhoging. Qua kosten is dit niet erg aantrekkelijk.

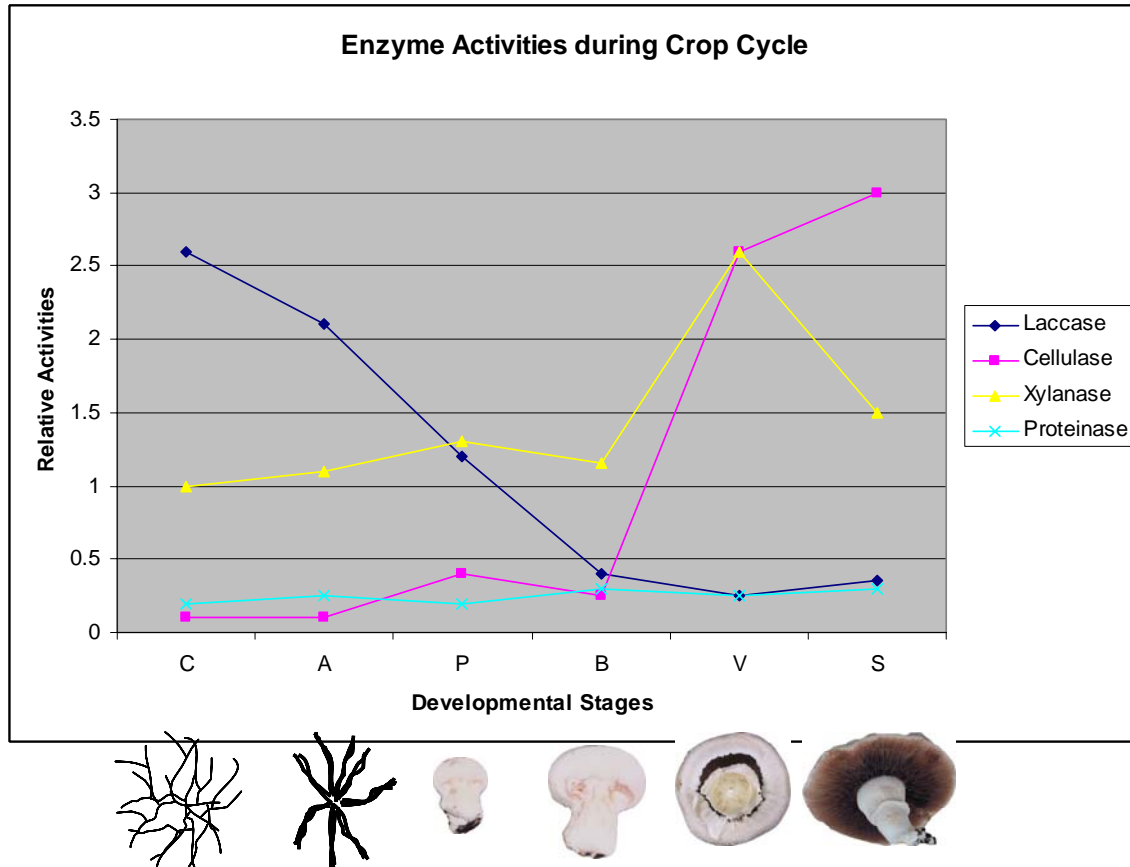
In het project "Compost in Controle" zijn slangen gebruikt die boven in de compost liggen, vlak onder de dekaarde. In één van de teeltproeven is een oplosbaar bijvoedmiddel toegevoegd voordat de tweede vlucht begint uit te groeien. De toevoeging heeft geen effect gehad.

Één van de bedrijven die bijvoedmiddelen produceert heeft in een aantal teelten opgelost bijvoedmiddel geïnjecteerd in de compost. Bij een te hoge dosis ontstaan "brandplekken". Er is echter geen effect op de opbrengst.

Als we deze experimenten met elkaar vergelijken en kijken wat in het huidige project is uitgevoerd dan is het belangrijkste verschil dat in de experimenten van Royse het mycelium in de compost wordt verbroken en er nieuwe myceliumgroei plaatsvindt en dat dit in de andere experimenten niet het geval is. In het project waar nu verslag van wordt gedaan wordt voeding aan bestaand mycelium toegevoegd. Ook de bijvoedproeven bij het CIC project en de proeven gedaan door het bedrijf dat bijvoedmiddelen produceert is de toevoeging gedaan aan doorgroeide compost zonder de compost te verstoren.

Bij de experimenten van Royse wordt de compost na de tweede vlucht volledig gemengd en al of niet bijgevoed. Alleen al de menging geeft een opbrengstverhoging. Een mogelijke verklaring is dat door de menging mycelium verbroken wordt en er herstelgroei plaatsvindt. Dit is nieuw gevormd mycelium. Daarnaast weten we dat de laag compost niet over de hele dikte even efficiënt gebruikt wordt (onder minder goed dan boven). Door de onderste laag weer door de compost te mengen kan het groeiend mycelium deze voeding weer opnemen. Wordt daar ook nog eens bijvoedmiddel toegevoegd dan kan dit mycelium nog beter groeien en meer voeding opslaan. Geef je het groeiend mycelium ook wat meer tijd (later afdekken) dan wordt het effect groter. De gemeenschappelijke factor hierin is dat er vegetatieve myceliumgroei moet plaatsvinden om voeding op te kunnen nemen.

In Nederland wordt bijgevoed tijdens het leegtrekken van fase III tunnels. Hierbij wordt mycelium verbroken. Na het vullen van de cel en afdekken van de compost vindt er weer nieuwe groei van het mycelium plaats en dat zal door de



Figuur 6. Activiteit van diverse enzymen tijdens de teeltcyclus. Het enzym dat betrokken is bij de afbraak van lignin is hoog tijdens de vegetatieve fase en neemt af wanneer de champignons geproduceerd worden. De enzymen die (hemi)cellulose afbreken nemen juist toe wanneer champignons geproduceerd worden.

aanwezigheid van het bijvoedmiddel nog beter gaan. In al deze gevallen wordt er meer biomassa in de compost gevormd. De meest voor de handliggende hypothese is: Alleen vegetatief groeiend mycelium is in staat om (bepaalde) voedingsstoffen op te nemen in complexe substraten als compost.

We zijn bezig om voedingsbehoeften van uitgroeïende champignons te onderzoeken bij groei van mycelium op inerte dragers en gedefinieerde oplosbare voedingscomponenten. De vraag is of de hypothese die hierboven genoemd is ook voor dit type groeimodel geldt of dat dit alleen voor complexe substraten als compost opgaat. Dat is iets wat we nog niet weten omdat we in dit model nog geen voeding tijdens de uitgroei toevoegen.

Hoe worden champignons gevoed?

Het is belangrijk om bovengenoemde hypothese te onderbouwen. Het maakt namelijk duidelijk op welke manier het gebruik van substraat verbeterd kan worden. Wat is er op dit moment bekend van de afbraak/enzymactiviteit van het mycelium in de hele teeltcyclus?

Door Wood, Thurston en medewerkers zijn experimenten gedaan waarbij de activiteit van enzymen en hun genen zijn gemeten in de compost tijdens de teelt. Later zijn door de Groot en medewerkers aanvullende experimenten gedaan. Hierbij is gekeken naar laccase, actief bij lignine-afbraak, en enzymen betrokken bij de afbraak van (hemi)cellulose. De activiteit van het eerste enzym stijgt bij de doorgroeiing van compost en neemt af tijdens de uitgroei van champignons. De andere enzymen zijn altijd actief maar neemt sterk in activiteit toe bij de uitgroei van champignons en neemt sterk af na de oogst (figuur 6). Het activiteitspatroon van de laatste enzymen wijst op actieve afbraak van cellulose en hemicellulose en opname van de afbraakproducten door het mycelium tijdens de uitgroei van champignons. Tijdens de vegetatieve groei wordt het substraat dus voorbereid om snel koolstof te leveren bij de uitgroei van champignons. Tijdens de vegetatieve groei is er daarom een hoge activiteit van laccase (en andere enzymen die bij lignine afbraak betrokken zijn) om de cellulose en hemicellulose beschikbaar te maken. Daarnaast wordt er ook al wat cellulose en hemicellulose gebruikt om de aanmaak van vegetatief mycelium mogelijk te maken. Zodra de vegetatieve fase overgaat naar de generatieve fase (knopvorming en uitgroei tot champignons) slaat het hele systeem om naar een hoge afbraak van (hemi)cellulose waarbij de afbraak van lignine vrijwel volledig plat ligt. Het voorbereiden van het substraat tijdens de vegetatieve fase vereist groeiend mycelium. Of het mycelium tijdens de generatieve fase nog groeit is niet zeker maar de eerste metingen in de compost tijdens de teelt (input-output project) lijken er op te wijzen dat tijdens de knopvorming en uitgroei van champignons er geen myceliumgroei meet plaatsvindt.

Vegetatieve Groeien Uitscheiding van Eiwitten

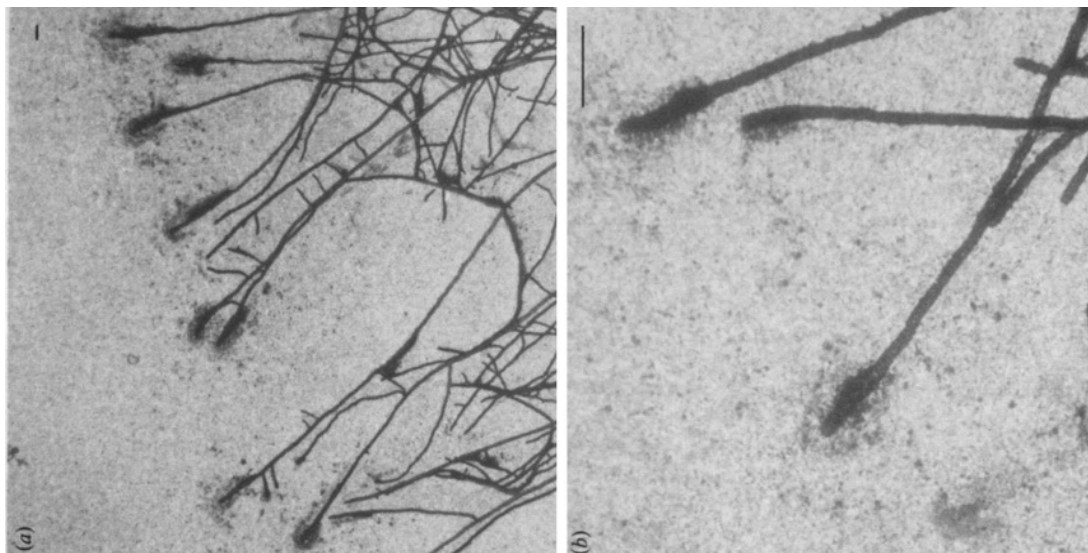
Hydrofobinen zijn kleine eiwitten die door schimmels worden uitgescheiden en spelen een belangrijke rol in het substraatgebruik en de vorming van padenstoelen (wessels 1997). Hydrofobinen hebben een waterafstotende en waterminnende kant (hydrofoob en hydrofiel). In puur water zijn hydrofobinen erg slecht oplosbaar. In waterige oplossingen kunnen ze bolletjes vormen met de waterminnende kant naar buiten (het water) en de waterafstotende kant naar binnen. In het substraat zijn de hyfen bedekt met hydrofobinen. Naar alle waarschijnlijkheid helpt dit de schimmels om hydrofobe oppervlakten van het substraat te bedekken (zoals lignine). Hydrofobine kan ook eiwitten binden en deze laten hechten aan hydrofobe en hydrofile oppervlakten. Ze spelen dus mogelijk een rol bij het hechten van celwandafbrekende enzymen aan hyfen en aan substraat. Hydrofobines komen dus uitstekend van pas bij de kolonisatie en afbraak van compost. De sterke correlatie tussen de aanwezigheid van hydrofobinen en mycelium is merkbaar in de compost. Een goed doorgroeide compost is nauwelijks meer te bevochtigen omdat het mycelium aan de buitenkant (waar geen contact is met het substraat) een waterafstotende hydrofobine laag heeft. Wösten en medewerkers (1991) hebben een methode ontwikkeld om de uitscheiding van eiwitten door hyfen te visualiseren (figuur 7) inclusief die van hydrofobinen. Uit de methode is gebleken dat alleen aan de hyfetoppen eiwitten worden uitgescheiden. Dat geldt voor de hydrofobinen maar ook voor de eiwitten die nodig zijn om het substraat af te breken. Daarnaast is het natuurlijk belangrijk dat het substraat zo goed mogelijk bezet is door hyfen. Alleen daar waar hyfen aanwezig zijn kan het substraat af gebroken worden. Figuur 8 laat een voorbeeld zien van een microscopische opname van strodeeltjes na een derde vlucht. Links is een gedeelte te zien dat al goed is afgebroken en rechts een gedeelte dat nog lang niet is afgebroken. Ook is duidelijk te zien dat niet alle substraatdeeltjes goed bezet zijn. Uit de genoemde waarnemingen kunnen we voorlopig twee voorwaarden voor benutting van substraat postuleren:

- Mycelium moet aanwezig zijn
- Mycelium moet groeien

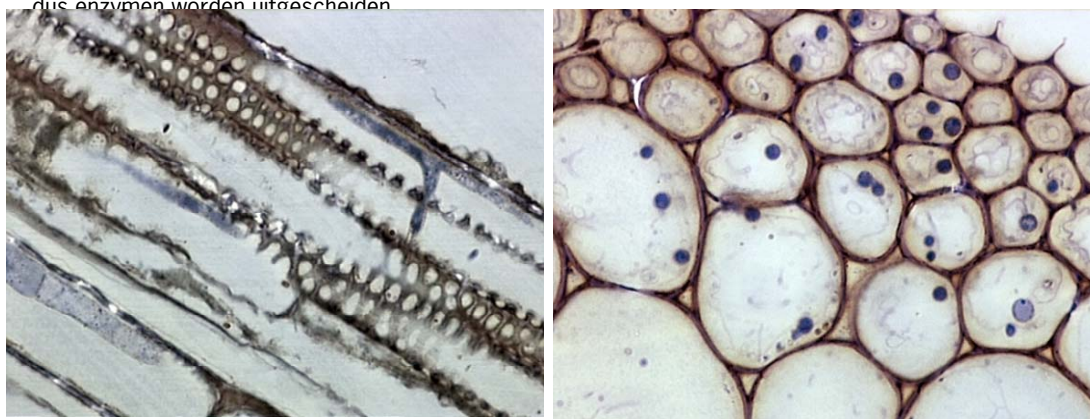
We weten nog niet zeker of er ook nog vegetatieve groei plaatsvindt gedurende de teelt waardoor meer voeding kan worden "aangeboord". De eerste metingen wijzen op een geringe of zelfs afwezigheid van groei. Dat betekent dat een verbetering van substraatgebruik in het huidige systeem in ieder geval gezocht moet worden naar een verbetering van de startpositie:

- Verbeter de afbreekbaarheid van het substraat door aanpassing (voorbehandeling) van het substraat
- Verbeter de kolonisatie en afbraak van het substraat vanuit de raskant (verhogen biologische efficiëntie).

Een betere start die op korte termijn misschien een resultaat kan opleveren is het telen op minder compost met gebruik van een veel hogere dosis bijvoedmiddel. Er zal meer mycelium gevormd worden en meer warmte geproduceerd. Door op een dunnere laag te telen kan de warmte beter worden afgevoerd. Een bedkoeling zou de temperatuur nog beter in de hand kunnen houden. Als dit leidt tot hogere productie moet nog wel de kostenverhoging van extra bijvoedmiddel worden afgezet tegen de meeropbrengst.



Figuur 7. Uitscheiding van eiwitten (enzymen) door hyfen (Wösten et al, 1991). Door aan hyfen radioactieve aminozuren te voeden kan de uitscheiding van radioactieve eiwitten worden gevisualiseerd (zwarte partikels te zien bij hyfetoppen). Het blijkt dat alleen aan de top van groeiende hyfen eiwitten en dus enzymen worden uitgescheiden.



Figuur 8. Microscopische opname van compost na de derde vlucht. De blauwe draden en bolletjes zijn de hyfen van de champignons (pijl-tjes). Links is een behoorlijk afbraak te zien van de celwanden in stro. Rechts is deze afbraak minder. Ook is te zien dat niet overal hyfen aanwezig zijn waardoor de afbraak niet overal is.

Annex

bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn
 bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn
 5 dgn na afventileren 4 uur vloed met water + 200 mMP
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat
 na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat
 Annex 1. Bepalingen aan compost, champignons en percolaat

Alle champignon en compostmonsters drogen bij 103 oC

Behandeling	Monsternummer	Materiaal	Intern monster nummer	N-totaal	P-totaal	Mn	organische stof (105-550°C)	vocht (20-105°C)
				[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[%]	[% op basis van vers]
			aantoonbaarheidsgrens	1.1	0.25	6		
Doorgroeide compost	0	Compost	1	21.7	5.60	196	67.4	64.6
Doorgroeide compost	1	Compost	8	22.0	5.65	211	67.7	65.2
Doorgroeide compost	1	Champ_VI_1	160	40.5	11.5	4	-	92.9
Doorgroeide compost	1	Champ_VI_2	260	48.1	13.7	5	-	93.6
10 vol % Stockosorb zonder mineralen door dgr.c.	2	Compost	10	-	5.53	194	-	69.2
0% Stockosorb, 1200 ml water, door dgr.c.	3	Compost	12	-	5.95	198	-	70.5
0% Stockosorb, 1200 ml water, door dgr.c.	3	Champ_VI_1	128	36.8	11.0	4	-	93.0
0% Stockosorb, 1200 ml water, door dgr.c.	3	Champ_VI_2	228	48.6	14.7	5	-	93.4
0% Stockosorb, 1200 ml water, door dgr.c.	3	Compost eind	328	23.5	5.70	262	56.9	66.3
10 vol % Stockosorb + 4 mM Mn door dgr.c.	4	Compost	9	-	5.18	310	-	69.5
10 vol % Stockosorb + 4 mM Mn door dgr.c.	4	Champ_VI_1	158	39.1	10.9	5	-	91.9
10 vol % Stockosorb + 4 mM Mn door dgr.c.	4	Champ_VI_2	258	52.7	12.5	7	-	94.7
10 vol % Stockosorb + 4 mM Mn door dgr.c.	4	Compost eind	358	25.2	5.41	407	57.4	67.2
10 vol% Stockosorb + 200 mM P door dgr.c.	5	Compost	11	-	9.07	194	-	69.9
bij afdekken 4 uur vloed met water	7	Champ_VI_1	159	42.1	12.2	6	-	92.7
bij afdekken 4 uur vloed met water	7	Champ_VI_2	259	45.0	14.1	6	-	92.0
bij afdekken 4 uur vloed met water	7	Compost eind	359	24.0	5.79	267	57.9	63.9
bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn	8	Percolaat	16	-	1.09 (mg/L)	48.6 (mg/L)		
bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn	8	Champ_VI_1	156	42.8	12.2	5	-	93.1
bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn	8	Champ_VI_2	256	43.3	14.4	5	-	92.7
bij afdekken 4 uur vloed met water +4 mM Mn	8	Compost eind	356	23.5	5.38	271	58.0	65.1
	9	Compost eind	324	24.5	6.37	254	57.6	62.3
5 dgn na afventileren 4 uur vloed met water + 200 mMP	10	Percolaat	23	-	3510 (mg/L)	0.46 (mg/L)		
na eerste vlucht 4 uur vloed met water	11	Percolaat	29	63.3	5.88	0.07		
na eerste vlucht 4 uur vloed met water	11	Champ_VI_1	157	43.0	12.3	5	-	92.9
na eerste vlucht 4 uur vloed met water	11	Champ_VI_2	257	46.6	14.2	7	-	93.3
na eerste vlucht 4 uur vloed met water	11	Compost eind	357	23.8	5.49	261	57.9	64.9
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine	12	Percolaat	33	1337 (mg/L)	17.7 (mg/L)	1.92 (mg/L)		
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine	12	Champ_VI_1	123	40.2	11.4	5	-	92.8
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine	12	Champ_VI_2	223	42.6	13.6	5	-	91.9
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine	12	Compost eind	323	23.9	5.79	255	57.9	64.5
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Lysine	12	Compost eind	395	24.0	5.96	262	57.6	64.4
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat	13	Percolaat	41	1498 (mg/L)	95.9 (mg/L)	0.32 (mg/L)		
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat	13	Champ_VI_1	162	41.9	12.7	5	-	92.6
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat	13	Champ_VI_2	262	46.7	12.8	7	-	95.6
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + Caseïne-hydrolysaat	13	Compost eind	362	24.2	6.18	251	57.7	63.1
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat	14	Percolaat	45	1134 (mg/L)	14.4 (mg/L)	0.21 (mg/L)		
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat	14	Champ_VI_1	118	44.2	12.9	6	-	92.8
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat	14	Champ_VI_2	218	45.5	15.0	6	-	92.7
na eerste vlucht 4 uur vloed met water + tarweglutenhydrolysaat	14	Compost eind	318	23.9	5.66	251	57.1	64.3

Annex 1. Bepalingen aan compost, champignons en percolaat uit de puimsteen.