



# Voeding voor uitgroeierende champignons van hoge kwaliteit; optimale benutting van substraat in de uitgroeiperiode met een grote voedingsbehoefte

Anton S.M. Sonnenberg<sup>1</sup>, Jos G.M. Amsing<sup>2</sup> & Gerben Straatsma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> DLV Plant

© 2008 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.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.



## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	
Inleiding	1
Materiaal en Methoden	5
Praktijkteelten en Bemonstering	5
Analyse van materiaal gedroogd bij 70 °C	6
Resultaten	7
Discussie	11
Bijlage 1 Bemonsteringschema van de bedrijven.	1
Bijlage 2 Brondata van de meetgegevens	2
Bijlage 3. Grafische weergave van de regressieanalyse van de meetgegevens	4
Bijlage 4 Teeltgegevens.	16
Bijlage 5: Analyse methode mineralen bepaling	17



# Samenvatting

Dit is de rapportage van de eerste fase van het project. Hierin is het verloop van de concentratie en beschikbaarheid van een aantal macro- en micronutriënten gemeten in de compost en in uitgroeiende champignons. Aanleiding voor deze analyse is geweest het beter onderbouwen van de aanwijzingen dat er tekorten zijn in de aanvoer van nutriënten tijdens de uitgroei van champignons.

Uit de variantie analyses van de meetgegevens kan in grote lijnen het volgende worden afgeleid:

- De samenstelling van compost hangt, naar verwachting, sterk af van de 'compost herkomst' ('leverancier')
- De pH en het organische stof gehalte dalen in de tijd. Beide liggen voor de hand. Organische stof wordt afgebroken en afbraakproducten verzuren de omgeving..
- Er is slechts een licht verloop van het totale mineralen- stikstofgehalte in de compost in de tijd.
- Er is wel een sterk verloop in de beschikbaarheid van mineralen en stikstof in de compost in de tijd en deze is verschillend in de periode "vullen tot begin van de uitgroei" van champignons en de periode "uitgroei" van champignons
  - o De beschikbaarheid neemt toe in de periode vullen tot begin uitgroei
  - o De beschikbaarheid van met name P neemt af tijdens de uitgroei van champignons.
- Voor een aantal mineralen is een daling van de concentratie in de champignon in de tijd gevonden ( $N > Ca > Mn > P$ ).

**De samenstelling van de compost in de uitgroeiperiode is niet eerder op deze manier onderzocht; dit zijn dus nieuwe waarnemingen!**

De daling in concentratie van mineralen in uitgroeiende champignons duidt op een tekort. Een verklaring vanuit de compost is echter niet voor alle componenten makkelijk te geven omdat de verandering hierin niet parallel lopen met de verandering in champignons.

Uit het rapport blijkt duidelijk dat compost een erg complex geheel is waarbij fysisch, chemisch en biologische interacties het verklaren van de meetgegevens bemoeilijken. Uit het nu lopende "Watergeven in Compost" project blijkt b.v. dat de beschikbaarheid van water niet optimaal is en verslechtert tijdens de teelt. Aangezien ook de opname van nutriënten sterk gekoppeld is aan de beschikbaarheid van water speelt dit facet ook een belangrijke rol.

Hoe verder?

Gezien de complexiteit van de compost is in de eerste versie van het Masterplan Voeding voorgesteld om een labmodel te maken waarbij champignonmycelium wordt gegroeid op een inerte drager waaraan opgeloste voedingsstoffen zijn toegevoegd. In het innovatieproject dat door LNV wordt gefinancierd zijn we al begonnen om hier een eerste stap in te zetten. Op De Nationale Paddenstoelendag hebben we laten zien dat je in principe paddenstoelen kunt produceren zonder compost. In dit "hydroponic" achtige systeem is in eerste instantie steriele dekaarde gebruikt waaraan actieve kool is toegevoegd. Hierop blijkt champignonmycelium net zo makkelijk te knoppen als op gewone dekaarde. Dit project richt zich in eerste instantie op een optimale vegetatieve groei op de drager m.b.v. de opgeloste voedingsstoffen omdat dit een vereiste is om een behoorlijke paddenstoelenproductie te krijgen. Pas dan kunnen voedingstudies worden uitgevoerd.

Om toch sneller resultaten te krijgen kan de huidige kennis op twee manieren gebruikt worden:

- Als vervolg op het watergeefproject dat nu op een teeltbedrijf is uitgevoerd
- In een schaalmodel waarbij nog wel compost wordt gebruikt maar in een dunnere laag of gemengd met een drager.

In eerdere experimenten (Zie Projectverslag "Biologische Model voor de Teelt van Champignons; Straatsma et al.; 2003) is op potten met 250 gram substraat en 250 gram dekaarde in drie teelten een gemiddelde opbrengst gehaald van 470 kg champignons per ton compost. Dat is aanzienlijk meer dan nu in plukteelten wordt gerealiseerd. Dit suggereert dat in combinatie met optimale

waterbeschikbaarheid en beter voeding opbrengsten ruim boven de 500 kg per ton te realiseren zijn. In het huidige systeem wordt de compost blijkbaar niet optimaal benut.

In het LNV programma dat nu loopt zijn op kleine schaal experimenten in de nieuwe kwekerij uitgevoerd met verschillende vuldikten (50 tot 90 kg/m<sup>2</sup>). Daaruit is gebleken dat als de compostlaag aanzienlijk wordt teruggebracht vergelijkbare opbrengsten per ton compost worden behaald. Bijvoeden lijkt dan ongestraft te kunnen worden opgevoerd tot 50% meer dan normaal zonder dat er oververhitting plaats vindt. Het effect van bijvoeden lijkt het grootst te zijn bij de dunste vuldikte. Harde conclusies mogen echter nog niet uit dit experiment getrokken worden omdat elke behandeling slecht in 2-voud is uitgevoerd. Dit experiment suggereert dat we een dunne laag compost als geschikte "drager" voor champignonmycelium kunnen gebruiken. Aan deze dunnen laag kunnen we makkelijker water en opgeloste stoffen toevoegen. Een dunne doorgroeide laag kan b.v. op een poreuse drager gelegd worden waaraan water of water met opgeloste voedingsstoffen wordt toegevoegd. Het effect op opbrengt, aantal en kwaliteit van champignons kan dan inzicht geven in de voedingsbehoeften van de champignon.

# Inleiding

Uit eerder onderzoek van PPO is naar voren gekomen dat er in de korte periode van uitgroei van een vlucht duidelijke veranderingen optreden in de samenstelling van zowel champignons als van compost. Tijdens de uitgroei neemt het organische stof gehalte in champignons toe, maar nemen de gehalten van de meeste mineralen af, het sterkst bij calcium. Of er beperkingen zijn in aanbod, opname en/of transport is onvoldoende duidelijk. Tijdens de uitgroei neemt het vochtgehalte van de compost sterk af, en waarschijnlijk geldt dit ook voor de gehalten opneembaar stikstof en opneembaar fosfaat. Deze veranderingen zouden tot tekorten kunnen leiden die het afrijpen van champignons aan het eind van de vlucht veroorzaken. Tijdens of direct volgend op de snelle afbraak van compost en opname van voedingsstoffen door de champignon, treden neveneffecten op in de compost, zoals een daling van de pH en een stijging van het ammonium-stikstofgehalte, die later in de teelt bij de voeding van invloed zijn. Door structuurverlies van de compost zal de gas- en warmte-uitwisseling verstoord raken. Naast het recente onderzoek van PPO is onlangs in de Verenigde Staten vastgesteld dat toevoeging van mangaan aan compost tot opbrengstverhoging kan leiden. Dit wijst op een knelpunt in de voorziening met dit mineraal. Samenvattend bestaan er voor de voeding van champignons vanuit de compost meer of minder harde knelpunten, al dan niet tijdelijk, bij de snelle uitgroei, rond de volgende factoren: vocht, stikstof, fosfor, mangaan, calcium, structuur en organische stof.

Voor een goede opbrengst en kwaliteit is een optimale en constante samenstelling van het voedingssubstraat gewenst. Dit wordt nu niet gerealiseerd. Door vast te stellen welke veranderingen in de samenstelling van het substraat toelaatbaar zijn en welke niet, ontstaat nieuwe kennis waarmee mogelijkheden kunnen worden ontwikkeld voor het verbeteren van compost en voor het verbeteren van (bij)sturing tijdens de teelt. Hierbij kan gedacht worden aan nieuwe manieren van vochttoediening aan compost tijdens de teelt in combinatie met voedingsstoffen in oplossing. Het benutten van deze mogelijkheden zal uiteindelijk leiden tot het kunnen vermijden van te lage productie en ongewenst snelle afrijping. Hierdoor wordt de productie van champignons met een voldoende houdbaarheid en een voldoende verwerkingsrendement verbeterd.

## *Doelstelling(en) en afbakening:*

Het uiteindelijke doel van het project is om nieuwe mogelijkheden te ontwikkelen voor de (bij)sturing van de teelt door verbeteringen rond de voeding van de champignon. Het gaat om de factoren vocht, stikstof, fosfaat, mangaan, calcium, structuur en organische stof in de periode van uitgroei. Deze factoren zijn in dit project kwantitatief bepaald met klassieke destructieve methoden die onder onderzoeksomstandigheden in de champignonteelt, de bodemkunde en de bodembioogie worden toegepast.

Er is een werkplan gemaakt dat uitgaat van 'on farm' onderzoek. In het projectvoorstel is afgesproken dat als blijkt dat de teeltomstandigheden in de praktijk te weinig variatie laten zien om voldoende duidelijke conclusies te trekken, experimenteel onderzoek zal worden ingezet.

## *Mate van toepassing*

Als we in staat zijn om precieser vast te stellen wat de voedingsbehoeften zijn van champignons die uitgroeien hebben de compostleveranciers aangrijpingspunten om hun compost te verbeteren. Op termijn kunnen het gebruik van sensoren/monitoren van relevante parameters, het gebruik van 'slimme' bedrijfscomputers en betrouwbare methoden voor (bij)sturing worden ontwikkeld en toegepast. Er wordt mede een basis gelegd voor innovatieve teeltsystemen gericht op optimale voeding/substratsamenstelling.

## *Bestaande kennis, zowel binnen als buiten de eigen organisatie:*

Bij het gebruik van 1 ton compost worden ongeveer 400 kg champignons geproduceerd en verdwijnt 80 kg organische stof, 35% van de aanwezige hoeveelheid. Voor stikstof is de onttrekking ongeveer 1.2 kg, 15% van de aanwezige hoeveelheid. Voor fosfaat gaat het om 0.25 kg, 10% van de aanwezige

hoeveelheid. Van het aanwezige water in compost en dekaarde wordt alleen al ongeveer 30% onttrokken tijdens de uitgroei van de eerste vlucht. De totale onttrekking in de teelt is groter. Voor water zijn er mogelijkheden voor correctie van suboptimale gehalten door watergeven.

Kwantitatief is de stofwisseling van organische stof belangrijker dan die van stikstof en fosfaat. Het is opmerkelijk dat er geen duidelijke relatie bekend is tussen de aard van de organische stof in de compost en de opbrengst. Wel is bekend dat het stikstofgehalte bepalend is. Compost met een laag stikstofgehalte reageert sterk positief op bijvoeden, maar ook compost met een hoog stikstofgehalte kan nog positief reageren op bijvoeden, tenminste als een te hoge 'activiteit' in de compost vermeden kan worden. Welke vormen van stikstof opbrengststijging en overmatige activiteit veroorzaken is niet duidelijk. De ontwikkeling van ammoniumstikstof in doorgroeide compost tijdens de teelt wijst op een relatieve overmaat aan organisch gebonden stikstof. Dit lijkt in tegenspraak met de positieve effecten op de opbrengst van een relatief hoog stikstofgehalte van de compost en van het bijvoeden van compost met stikstofrijke producten. Al met al geeft het aan dat er in de stikstofhuishouding van de compost tegenstrijdige mechanismen en behoeften een rol spelen. Dergelijke aspecten van de stikstofhuishouding zijn blijkbaar een groter knelpunt voor de opbrengst dan eventuele knelpunten in de organischestofhuishouding.

Uit het recente PPO onderzoek komt naar voren dat de beschikbaarheden van stikstof en fosfaat slechts ongeveer 15 tot 20% zijn van de totaal aanwezige hoeveelheden. Het beschikbaar komen van stikstof en fosfaat, en het omgekeerde daarvan 'fixatie', zijn afhankelijk van microbiologische en chemisch/fysische factoren. Er bestaan rekenregels en modellen om de verhouding tussen beschikbaarheid en fixatie onder verschillende omstandigheden uit te rekenen.

In België en in Amerika zijn opbrengstverhogingen gevonden met bijvoeden met 'Micromax', een mengsel van micromineralen. In Hongarije en in Amerika zijn opbrengstverhogingen gevonden met het micromineraal mangaan; de Amerikanen schrijven het effect van Micromax toe aan mangaan.

De veranderingen in de structuur van de compost tijdens de teelt worden vooral veroorzaakt door de afbraak van organische stof. De afgebroken hoeveelheid is sterk gecorreleerd met de champignonopbrengst. Differentiatie in de onderdelen van de organische stof, cellulose, hemicellulose en lignine, heeft de laatste jaren geen bijzonder nieuwe inzichten opgeleverd die toepasbaar zijn voor (bij)sturing. De potentie van 'indirecte' bepalingen, zoals die aan de 'biobeschikbaarheid' van de organische stof in de compost, zijn nog niet in kaart gebracht maar hierover bestaat in andere vakrichtingen nieuwe kennis.



# Materiaal en Methoden

## Praktijkteelten en Bemonstering

In de periode van 3 augustus 2007 t/m 13 september 2007 zijn op 9 champignonteeltbedrijven monsters genomen van compost en champignons.

Het effect van vier factoren op de samenstelling van compost en champignons zijn onderzocht.

Het ging om de factoren 'compost herkomst' (= 'leverancier'), 'teeltwijze', 'teler' en 'tijdstip'.

### Compost herkomst.

Er zijn praktijkbedrijven geselecteerd die van drie verschillende producenten doorgroeide compost hebben gevuld. De compost is afkomstig van Walkro, CNC en Hooymans. Van elk compostleverancier zijn 3 champignonteeltbedrijven bemonsterd.

### Teeltwijze.

Omdat er mogelijk verschil is in opname van mineralen uit de compost tussen snijders en plukkers, zijn er per herkomst compost 2 snijders bemonsterd en 1 plukker.

### Teler.

Zijn de afzonderlijke champignontelers. Telers telen op verschillende wijze champignons. Er is een dataset opgesteld van deze teeltwijze. Een formulier is opgesteld voor registratie van bedrijfs- en teeltgegevens. De belangrijkste gegevens zijn: composthoeveelheid – en samenstelling, ras, type dekaarde, herkomst water, watergiften, gebruik  $\text{CaCl}_2$ , kwaliteit en hoeveelheid champignons.

### Tijdstip.

Bij elke teler is één teelt bemonsterd. Dit is gebeurd op 5 momenten: tijdens het vullen van de cel en gedurende 4 dagen in de aanloop naar en tijdens de eerste vlucht. Tijdens het vullen van de bedden is een mengmonster van de compost genomen. In Bijlage 1 is een flowschema van de bemonstering weergegeven.

Gedurende de ontwikkeling van de eerste vlucht zijn monsters van champignons en compost verzameld. Het bed is bemonsterd waar tijdens het vullen ook de compost was bemonsterd. Dit was in de meeste gevallen bed 2 in linker of rechter stelling. Op 4 achtereenvolgende dagen, ongeveer met tussenruimte van een etmaal, zijn op 4 plaatsen, verspreid over de lengte van het bed, champignons en compost bemonsterd. Deze plaatsen lagen onderling steeds enkele meters cq. vakken uit elkaar.

Een bemonsteringsplek meet ongeveer 15 cm in doorsnee. Alle exemplaren groter dan ongeveer  $\frac{3}{4}$  cm hoeddoorsnee zijn met de hand geplukt. Met een plastic mes zijn de voetjes verwijderd. Er is zorgvuldig op gelet dat de champignons schoon zijn. Vervolgens is de dekaarde verwijderd en is een mengmonster genomen van de onderliggende compost tot op de bedbodem. Na het bemonsteren van de 4 plekken is op één dag een mengmonster gemaakt. Dit mengmonster werd gekoeld bij  $2^\circ\text{C}$  en afgeleverd aan het laboratorium.

Het tijdstip van het eerste monster in de eerste vlucht op een snijbedrijf is 3 dagen vóór het snijden. Op een plukbedrijf is het grootste traject van de eerste vlucht bemonsterd. De bemonstering gebeurde vóór de oogst door plukpersoneel.

Omdat de snelheid waarmee knoppen zich ontwikkelen niet altijd strookt met de verwachting van de teler, is het voorgekomen dat het eerste monster iets te vroeg, dwz kleine exemplaren, of het laatste monster aan de late kant genomen was. In het laatste geval was het bed nagenoeg kaal geplukt. Van elke teelt zijn hierover aantekeningen gemaakt.

Tabel 1. Overzicht van 9 teeltbedrijven in het mineralenonderzoek.

compost producent	teelt- bedrijf	Bemonsteringstijdstippen				
1	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
1	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
1	plukken	vullen	p1	p2	p3	p4
2	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
2	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
2	plukken	vullen	p1	p2	p3	p4
3	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
3	snijden	vullen	s-3	s-2	s-1	s
3	plukken	vullen	p1	p2	p3	p4

Vullen: Monster genomen bij het vullen; S-3, S-2, S-1, S: Monsters genomen respectievelijk 3, 2 of 1 dag vóór het snijden en op de snijdag zelf. P1, p2, p3, p4: Monsters genomen op de eerste, tweede, derde of vierde plukdag.

## Analyse van materiaal gedroogd bij 70 °C

Mineralen zijn bepaald in gedroogde monsters (gedroogd bij 70 °C) en de gehalten zijn uitgedrukt per hoeveelheid droge stof. De analyse methode zelf is beschreven in bijlag 5.

Door het drogen van monsters bij deze relatief lage temperatuur worden andere gehalten aan mineralen gemeten dan in vroeger onderzoek toen monsters gedroogd werden bij 105 °C. De lage temperatuur is door het lab aangehouden omdat dit de betrouwbaarste meetwaarden geeft voor o.a. het ammoniumgehalte. Als echter bij lagere temperatuur gedroogd wordt, zal de droge stof een relatief groot vochtrestant bevatten en daardoor een kleinere hoeveelheid mineralen dan eenzelfde hoeveelheid droge stof die bij hogere temperatuur is gedroogd. Om gehalten uit vroeger onderzoek te vergelijken met de gehalten in het huidige onderzoek, dienen de 'oude' gehalten te worden gecorrigeerd.

In het huidige onderzoek zijn monsters bij 70 °C gedroogd en daar zijn alle bepaling aan gedaan. Een deel van elk monster is verder gedroogd bij 105 °C om te bepalen hoeveel vocht er nog achterblijft in een monster. Voor het vocht dat verdwijnt bij drogen over het gehele traject van kamertemperatuur tot 105 °C geldt de eenvoudige regel dat het de som is van het vocht dat verdwijnt in het traject van kamertemperatuur tot 70 °C en van het vocht dat verdwijnt in het traject van 70 °C to 105 °C ( $\text{vocht}_{105} = \text{vocht}_{70} + \text{vocht}_{70-105}$ ).

Voor de verdere berekening is het belangrijk dat men zich goed realiseert of met vochtgehalten of met droge stofgehalten wordt gewerkt. Vocht en droge stof zijn elkaars complement (samen 100 %) en als het om verhoudingen gaat (quotiënten) geldt dat  $\text{droge stof}_a : \text{droge stof}_b = (100 - \text{vocht}_a) : (100 - \text{vocht}_b)$  [en niet intuïtief iets als  $\text{droge stof}_a : \text{droge stof}_b = \text{vocht}_a : \text{vocht}_b$ ]. De correctieformule is:  

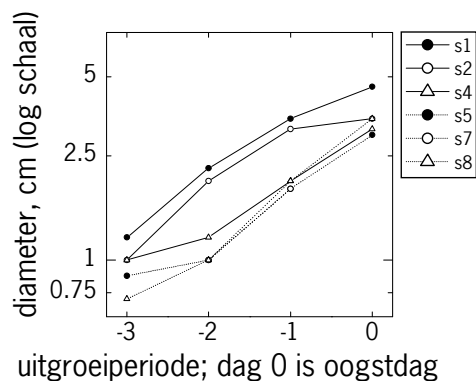
$$\text{mineraal}_{70} = \text{mineraal}_{105} * ( (100 - \text{vocht}_{105}) / (100 - \text{vocht}_{70}) )$$

## Resultaten

Omdat er eventueel ook een verband kan zijn met teeltwijze en voeding van champignons is van de telers de teeltgegevens verzameld. Een eerste analyse liet echter zien dat er geen correlaties te vinden waren. In bijlage 4 is een overzicht gemaakt van de teeltwijze van de 9 champignonteelten.

In het onderzoek werd het effect van vier factoren op de samenstelling van compost en champignons bekeken. Het ging om de factoren 'compost herkomst' (= 'leverancier'), 'teeltwijze', 'teler' en 'tijdstip'. De eerste drie factoren zijn niet onafhankelijk (een bepaalde teler heeft slechts één teeltwijze en één compostleverancier). In een statistische analyse kunnen effecten beter vastgesteld worden als het aantal factoren in de analyse beperkt is. Het tijdstip waarop bemonsteringen werden uitgevoerd was afhankelijk van de voortgang van de teelt bij de deelnemende telers en is dus niet helemaal gelijk bij de verschillende bedrijven (Fig 1, Tabel 2). De gewenste 'variantie analyses' van de verkregen chemische gegevens is daardoor in formele zin niet toegestaan. Wij hebben echter zo goed mogelijk de tijdstippen genormaliseerd tot vier eenduidige punten in de tijd: vullen, drie dagen voor de (piek) van de oogst, twee dagen daarvoor, een dag daarvoor en de oogstdag zelf (piek). In de op de 'variantie analyses' volgende 'regressie analyses' hebben we voor de oogstperiode gerekend in dagen vanaf de start van het afventileren en volledig recht gedaan aan de verschillen in teeltvoortgang bij de verschillende telers.

Fig 1. Uitgroei van champignons bij snijbedrijven (de groeicurves zijn gebaseerd op diameter schattingen uit fotografische opnamen op de verschillende bemonsteringsdagen. tussen dag -2 en dag -1 zijn de exponentiële uitgroeisnelheden vrijwel gelijk. dag -2 levert geschikte waarden om het ontwikkelingstijdstip van de verschillende teelten te schatten in Tabel 3).



Tabel 2. geschatte vertraging in de vluchtuitgroei op snijbedrijven ten opzichte van bedrijf s1 (op basis van groeianalyse in Fig 1).

snijteelt	vertraging, d
s1	0.0
s2	0.2
s4	1.2
s5	1.3
s7	1.3
s8	1.2

### Variantie analyse

We hebben onderzoek gedaan naar de effecten van de factoren 'compost herkomst' en 'tijdstip', de laatste factor in vier 'niveaus' (3, 2 en 1 dag voor oogst en de oogstdag zelf), en naar de mogelijke interactie tussen de twee factoren (Tabel 3). Er zijn geen interacties tussen "compost herkomst" en "tijd"

vastgesteld. Dat betekent dus dat het verloop van concentraties stoffen in de tijd op alle partijen

Tabel 3. Variantie-analyse en regressie analyse van vocht, pH, maco- en micronutriënten in compost en champignons. De waarden zijn afkomstig van 9 teeltbedrijven (3 bedrijven van elke compostleverancier, waarvan 2 snijders en 1 plukker). In het eerste blok (de eerste drie kolommen met meetwaarden) is een variantieanalyse gedaan om te bepalen welke factoren een significante invloed hebben. In de volgende kolommen is een regressie-analyse gedaan om “trends” weer te geven: neemt een waarde toe of af en is de waargenomen trend significant (laatste kolom “t prob.”). De meetgegevens zelf zijn weergegeven in de bijlage 2.

variantie analyse met 'genormaliseerde' tijdstippen																
		Variantie-analyse (p-waarden) en significantie-aan						lineaire regressie								
		Interactie compost-tijd	significante	Compost herkomst	significante	Tijd	significante	Afname in de periode tussen vullen en start uitgroei champignons			significante	Afname tijdens uitgroei van champignons			significante	
								absoluut	%	t prob.		absoluut	%	t prob.		
<b>Compost</b>	<b>Totaal</b>															
	vocht (20-105°C)	%	0.30	n.s.	0.05	~	0.39	n.s.	-1.0	-1.6	0.17	n.s.	-0.03	-0.05	0.96	n.s.
	vocht (70-105°C)	%	0.07	~	0.00	***	0.03	*	0.1	2.6	0.37	n.s.	-0.31	-9.4	0.01	**
	pH		0.06	~	0.01	*	0.00	***	0.3	5.4	0.00	**	0.25	4.2	<.001	***
	organische stof	% ds	0.98	n.s.	0.00	***	0.00	***	2.9	4.3	0.00	***	3.1	4.7	<.001	***
	N	g/kg	0.62	n.s.	0.00	***	0.83	n.s.	0.2	0.8	0.47	n.s.	-0.48	-2.1	0.10	~
	P	g/kg	0.60	n.s.	0.00	***	0.23	n.s.	-0.3	-5.1	0.05	~	0.01	0.18	0.92	n.s.
	Ca	g/kg	0.56	n.s.	0.00	***	0.00	***	-5.0	-13.5	0.06	~	-2.3	-5.0	0.08	~
	Mn	g/kg	0.46	n.s.	0.46	n.s.	0.70	n.s.	0.0	-7.0	0.91	n.s.	-0.02	-10.5	0.05	~
	<b>beschikbaarheid</b>															
	N(organisch+anorganisch)	g/kg	0.20	n.s.	0.00	***	0.00	***	-2.5	-73	0.00	***	-0.27	-4.5	0.07	~
	N-NH4	mg/kg	0.00	***	0.00	***	0.00	***	-0.7	-175	0.00	**	88	8.4	0.26	n.s.
	N(NO3+NO2)	mg/kg	0.50	n.s.	0.00	***	0.00	***	-4.5	-496	0.06	~	-10.1	-315	<.001	***
	P(organisch+anorganisch)	g/kg	0.91	n.s.	0.00	***	0.00	***	-0.5	-33	0.00	***	0.26	10.3	<.001	***
	P-PO4	g/kg	0.87	n.s.	0.00	***	0.00	***	-0.4	-29	0.00	***	0.27	12.4	<.001	***
	Ca	g/kg	0.10	~	0.00	***	0.00	**	-2.3	-20	0.03	**	-0.30	-1.5	0.68	n.s.
	Mn	mg/kg	0.98	n.s.	0.00	***	0.00	***	-19	-38	0.00	***	0.52	0.68	0.83	n.s.
<b>Champignons</b>	<b>Totaal</b>											uitsluitend snijteelten				
	droge stof (20-105°C)	%	0.96	n.s.	0.12	n.s.	0.03	*					2.7	31	<.001	***
	vocht (70-105°C)	%	0.56	n.s.	0.04	*	0.93	n.s.					0.16	5.7	0.66	n.s.
	organische stof	% ds	0.88	n.s.	0.27	n.s.	0.39	n.s.					0.0	0.0	0.87	n.s.
	N	g/kg	0.72	n.s.	0.05	*	0.00	***					24	36	<.001	***
	P	g/kg	0.63	n.s.	0.19	n.s.	0.00	**					2.9	21	<.001	***
	Ca	g/kg	0.72	n.s.	0.18	n.s.	0.10	n.s.					0.41	54	0.00	***
Mn	mg/kg	0.56	n.s.	0.04	*	0.00	**					2.8	34	<.001	***	
			kans op toeval kleiner dan													
Aanduiding significantie		<0.10	~													
		<0.05	*													
		<0.01	**													
		<0.001	***													

compost dezelfde trend heeft.

Er zijn wel significante effecten gevonden van de factor ‘compost herkomst’ op parameters die betrekking hebben op de compost samenstelling, zowel op mineralengehalten ‘totaal’ als op beschikbaarheidsgehalten. Dat betekent dus dat de composten duidelijk verschillen in samenstelling. De verandering van de compostsamenstelling in de tijd (Kolom “tijdstip”) is voor veel componenten significant. Wat betreft de beschikbaarheid van deze componenten is het verloop in de tijd zelfs significant voor alle componenten. Voor het verloop van de gehalten in de tijd is voor champignons alleen de totale hoeveelheid bekeken. We willen immers alleen weten wat er in de champignons terecht komt. Hier zien we dat voor enkele componenten het gehalte in de tijd significant verandert (droge stof, N-totaal, P-totaal en Mn). De herkomst van de compost heeft geen significante invloed op het verloop van de gehalten in de champignon in de tijd.

Deze tamelijk abstracte resultaten zijn in ‘regressie analyses’ in meer detail bekeken. Hier is weergegeven in welke richting de gehalten veranderen in de tijd.

### Regressie analyse

Voor de analyses weergegeven in Tabel 3 zijn gegevens van alle bedrijven gebruikt als het om de compost gaat en alleen de gegevens van de snijbedrijven als het om de champignons gaat. Dit laatste is

gedaan omdat alleen bij de snijbedrijven de ontwikkeling van champignons synchroon verloopt. Bij plukbedrijven komen door spreiding alle stadia door elkaar voor en is er geen duidelijk verloop in het ontwikkelingsstadium van champignons in de plukperiode.

Regressie analyse maakt duidelijk in welke richting de gevonden effecten gaan (stijging, daling) en hoe groot de optredende veranderingen zijn. De resultaten van de regressie analyse zijn opgenomen in Tabel 3 en zijn uitgesplitst naar de perioden van vullen tot het begin van de uitgroeiperiode en de uitgroeiperiode zelf (tot aan de oogst). Het oogstmoment bij snijders is uiteraard één bepaald tijdstip, aan het eind van de uitgroeiperiode, terwijl bij plukkers de uitgroei en oogst gedeeltelijk overlappen. In de bijlage 3 zijn alle gegevens in grafiekvorm weergegeven; waar significante verbanden zijn gevonden in de uitgroeiperiode zijn de door regressie verkregen gefitte lijnen uitgezet. In de tabel worden absolute en procentuele afnamen gepresenteerd; een negatieve afname staat voor een toename.

#### 1 vochtgehalte compost (20-105 °C)

Het vochtgehalte van compost is tussen de herkomsten bijna significant verschillend. Tussen vullen en het begin van de uitgroei neemt het bijna significant toe. In de uitgroeiperiode is er geen verloop vast te stellen. Door het op vocht sproeien van de dekaarde zal de compost in vochtgehalte toenemen. Door de verschillen tussen teeltbedrijven in het watergeven voor of tijdens de eerste vlucht, ontstaat veel variatie die verder niet te duiden valt.

#### 2 vochtgehalte compost; drogen 70-105 °C

Deze bepaling werd vroeger, op het lab van PPO-Paddenstoelen in Horst, niet uitgevoerd. Nu is deze bepaling gedaan in verband met de iets andere analyse methode van het CBLB-lab waar mineralen geanalyseerd worden in compost die niet bij 105 °C maar bij 70 °C gedroogd is. De bepaling laat zien hoeveel vocht er nog gebonden is in het bij 70 °C gedroogd materiaal. Het is niet helemaal duidelijk wat je hiermee kunt maar het zou iets kunnen zeggen over het hygroscopisch karakter en/of het vochtbindend vermogen van compost.

Het bleek dat dit vochtgehalte gekoppeld is met het Ca- en met het organische stof gehalte van compost (analyse niet getoond). Deze drie variabelen bleken op de volgende manier gecorreleerd te zijn: als het Ca gehalte hoog en het organische stof gehalte laag is, dan is het vochtgehalte hoog. In zijn algemeenheid zou kunnen gelden dat vocht vooral gebonden wordt door 'mineralen' en niet of minder door organische stof. Een stijgend gehalte in de uitgroei periode is een indicatie voor een beperktere 'kwaliteit'/beschikbaarheid' van vocht in compost.

#### 3 pH compost

De pH neemt duidelijk af in beide onderscheiden perioden (vullen tot het begin van de uitgroei en in de uitgroeiperiode). Er is geen significant verschil in het pH verloop tussen de composten in de tijd (geen interactie compost-tijd).

#### 4 organische stof compost

Het organische stofgehalte van de droge stof neemt duidelijk af in beide onderscheiden perioden, vullen tot het begin van de uitgroei en in de uitgroeiperiode. In beide trajecten neemt het droge stof gehalte in vergelijkbare hoeveelheden af. Men moet echter wel bedenken dat de periode vullen tot begin uitgroei 16 dagen bedraagt terwijl de periode uitgroei champignons 4 dagen beslaat. De afbraak (dus opname) van droge stof verloopt dus veel sneller tijdens de uitgroei van champignons met dus een groter kans op tekorten.

#### 5 mineralen 'totaal' in compost

De gehalten aan mineralen in de compost nemen toe na het vullen, echter alleen de toenames van P en Ca zijn significant. Deze toename is uiteraard relatief. Het droge stof gehalte in de compost neemt af door verbranding (CO<sub>2</sub> productie) maar de mineralen verwijnen niet dus neemt het gehalte aan mineralen ten opzicht van de droge stof toe. In de uitgroeiperiode is er geen duidelijk verloop. Door de afbraak van organische stof kan het gehalte relatief toenemen en door opname van champignons weer afnemen. Het

gaat om geringe veranderingen die blijkbaar niet duidelijk zijn aan te tonen. De duidelijke Ca toename in de periode "vullen- start uitgroei" kan voor een deel veroorzaakt zijn door 'inspoeling' vanuit de dekaarde.

#### 6 mineralen 'beschikbaar' in compost

De beschikbaarheidsgehalten van alle mineralen nemen toe in de eerste periode van vullen tot het begin van de uitgroei. Het gaat om tientallen procenten toename, in het bijzonder bij de verschillende N-vormen. Tijdens de kolonisatie door het mycelium worden blijkbaar mineralen vrijgemaakt. In de uitgroeiperiode is er een duidelijk afname van het beschikbaar P te zien (het gehalte anorganisch P-PO<sub>4</sub> is vrijwel gelijk aan gehele beschikbare hoeveelheid; er is dus nauwelijks sprake van beschikbaar organisch-gebonden P). De afname van N-NH<sub>4</sub> is niet significant. Afnames kunnen goed verklaard worden door opname door/in vruchtlichamen (zie hieronder).

#### 7 droge stof champignons

Het droge stof gehalte van champignons tijdens hun uitgroei bij snijbedrijven nam duidelijk af in de tijd. Bij de handoogstbedrijven was van een duidelijk verloop echter geen sprake en deze gegevens zijn dan ook niet verwerkt in de variantie/regressie analyse van tabel 3 (wel in de grafieken in de bijlage 3). Door de handoogst verdwijnen in een vroeg stadium al champignons uit de zich ontwikkelende vlucht; door het plukken wordt voorkomen dat champignons zich verder ontwikkelen (op een snijbedrijf gaan alle champignons op een bepaald moment vliezen of open; op een handoogstbedrijf wordt dat door 'vroegtijdig' plukken voorkomen). Laat in de vlucht, als veruit het merendeel al geplukt is kunnen er zeer stevige champignons met een hoog droge stofgehalte op het teeltoppervlak voorkomen. Door deze optredende 'dynamiek' op het teeltoppervlak onder invloed van plukken, hebben we afgezien van de analyse van de champignons bij de handoogstbedrijven.

#### 8 vochtgehalte champignons; drogen 70-105 °C

Er treedt geen duidelijk verloop op. Dit is een indicatie voor een gelijkblijvend hygroscopisch karakter van 'droge' (tot 70 °C) champignons. Gemiddeld is de daling in vochtgehalte 2.74 %; de standaardafwijking bedraagt 1.11.

#### 9 organische stof champignons

Het organische stofgehalte neemt in de uitgroeiperiode niet toe. Dat is tegen de verwachting, niet in overeenstemming met de resultaten van het voorgaande project en ook niet met het onderstaande waar afnamen in mineralengehalten vastgesteld worden. De totale hoeveelheid droge stof bestaat uit organisch materiaal en mineralen. Als de mineralen naar beneden gaan verwacht je dat het organische stofgehalte toeneemt. Dat is hier niet waargenomen.

#### 10 mineralen in champignons

De gehalten van alle onderzochte mineralen gingen duidelijk naar beneden tijdens de uitgroeiperiode. De procentuele afname was Ca 54 %, N 36 %, Mn 34 % en P 21 %. In het voorgaande onderzoek was dat (gelijke volgorde) 70, 40, 29 en 20 %. Dus erg vergelijkbaar.

#### Relaties

Er is een 'trend' dat het N-gehalte van champignons gekoppeld is aan het N-gehalte van compost (past bij Fig 4 in rapport 2006; voor Mn kan de relatie in 2006 NIET bevestigd worden).

## Discussie

Uit de variantie analyses kan in grote lijnen het volgende worden afgeleid:

- De samenstelling van compost hangt, naar verwachting, sterk af van de 'compost herkomst' ('leverancier')
- De pH en het organische stof gehalte dalen in de tijd. Beide liggen voor de hand. Organische stof wordt afgebroken en afbraakproducten verzuren de omgeving..
- Er is slechts een licht verloop van het totale mineralen- stikstofgehalte in de compost in de tijd.
- Er is wel een sterk verloop in de beschikbaarheid van mineralen en stikstof in de compost in de tijd en deze is verschillend in de periode "vullen tot begin van de uitgroei" en de periode "uitgroei"
  - o De beschikbaarheid neemt toe in de periode vullen tot begin uitgroei
  - o De beschikbaarheid van met name P neemt af tijdens de uitgroei van champignons.

**De samenstelling van de compost in de uitgroeiperiode is niet eerder op deze manier onderzocht; dit zijn dus nieuwe waarnemingen!**

De beschikbare hoeveelheid fosfaat neemt toe van vullen tot begin uitgroei. Het mycelium mobiliseert blijkbaar het forfaat. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden door de daling in pH waardoor P beter oplosbaar wordt. Het beschikbare P-gehalte in de compost neemt duidelijk af weer in de periode dat de champignons uitgroeien. De toename van de beschikbaarheid van vullen tot begin uitgroei wordt blijkbaar uitgenut in de uitgroei (opname door champignons). Aangezien het P gehalte in champignons daalt tijdens de uitgroei lijkt de vraag naar P groter te zijn dan het aanbod.

De duiding van Ca is een lastige. Er is nogal wat variatie van teelt tot teelt. Het Ca gehalte in de compost is waarschijnlijk gerelateerd aan watergift en daarmee dus aan uitspoelen van Ca vanuit de dekaarde. Het afnemen van Ca in uitgroeiende champignons duidt wel op een tekort in aanbod maar hoe dit verklaard moet worden vanuit de metingen die in de compost zijn gedaan is lastig.

Het beschikbare Mn gehalte in de compost neemt duidelijk toe na het vullen tot begin uitgroei en kan, evenals bij P, voor een gedeelte verklaard worden door een daling in pH. Tijdens de uitgroei neemt het beschikbare Mn af. Aangezien deze ook in de uitgroeiende champignons afneemt kan hier ook sprake zijn van een grotere vraag dan aanbod.

Het patroon van  $\text{NH}_4$  beschikbaarheid in compost tijdens de uitgroei is niet helemaal duidelijk maar een afname in de latere uitgroeidagen is niet uitgesloten.

De oorsprong van de relatief sterke toename van  $\text{NO}_3\text{-N}$  (in absolute hoeveelheid blijft het weinig) in de uitgroei is onduidelijk; omdat het zo specifiek gekoppeld is aan de uitgroeiperiode lijkt de champignon daarbij betrokken te zijn. In eerder onderzoek uitgevoerd aan de Universiteit van Nijmegen (Proefschrift Johan Baars) is gebleken dat de champignon  $\text{NO}_3$  niet kan gebruiken als stikstofbron en ook geen  $\text{NO}_3$  kan produceren. Uit microscopisch onderzoek is gebleken dat in de hyfosfeer bacteriën voorkomen die waarschijnlijk leven op wat de champignon uitscheidt. Bekend is dat champignonmycelium aminozuren uitscheidt. Afbraak hiervan door bacteriën kan  $\text{NO}_3$  opleveren.

Water is uiteraard de belangrijkste component in de champignon. Water moet voor het grootste gedeelte uit de compost worden opgenomen en de rest komt uit de dekaarde. Champignons staan niet in direct contact met hun voeding. In water opgeloste voedingsstoffen moeten over de "voedselarme" dekaarde door de hyfen naar de groeiende paddenstoel getransporteerd worden. Een beperking in wateraanvoer kan dus ook gevolgen hebben voor de aanvoer van de daarin opgeloste voedingsstoffen. Het is dus denkbaar dat de beschikbaarheden van mineralen een relatie hebben met de beschikbaarheid van water. Dat maakt de materie complex. In dit project is, anders dan bij de mineralen, alleen gekeken naar de totale aanwezigheid en niet naar de beschikbaarheid van water. Een aanzienlijke hoeveelheid van het water in de compost is namelijk gebonden aan de organische en an-organische componenten en niet direct beschikbaar. In dit project zijn compostmonsters op twee manieren gedroogd: van 20 tot 70 °C en van 70 tot 105 °C. In monsters die gedroogd zijn van 20 tot 70 °C is een kleine, niet significante,

toename te zien in de compost in de hele gemeten periode. Alleen bij monsters gedroogd van 70 tot 105 °C is tijdens de uitgroei van champignons is er een significante toename te zien in vochtgehalte. Water dat vrij komt tijdens drogen bij hogere temperaturen is water dat beter gebonden is en dus minder beschikbaar is. Dat wijst op een relatieve toename van een waterfractie die minder beschikbaar is. Dat wijst op een water tekort en de watergeef-experimenten die nu in de praktijk lopen wijzen ook in die richting. Daarnaast is bekend dat watergehalten en waterbeschikbaarheid erg verschillend is van boven naar beneden in de compost.

De doelstelling van dit project was om te achterhalen of de concentraties/beschikbaarheid van stikstof en mineralen in de compost tijdens de uitgroei van champignons correleert met de afname van deze stoffen in uitgroeiende champignons. Op deze manier verkrijgt je een sterke aanwijzing dat de compost niet altijd kan "leveren" wat door champignons gevraagd wordt.

Voor een aantal mineralen is een daling van de concentratie in de champignon in de tijd gevonden ( $N > Ca > Mn > P$ ). De materie is echter complex. Alleen voor N lijkt er een duidelijke relatie met de compost omdat in de compost de beschikbare hoeveelheid N ook duidelijk afneemt tijdens de uitgroei van champignons. Bij P en Mn is dat minder duidelijk. Wat de gemeten totale hoeveelheid en beschikbare hoeveelheid betekent voor het opname proces door de champignons is niet helemaal duidelijk. Daarvoor interfereren een aantal zaken te veel: Ca en watergift; totale hoeveelheid water en de beschikbaarheid van water; oplosbaarheid en pH.

Het systeem compost blijkt dus erg complex te zijn en harde aanwijzingen krijgen in dit systeem voor gebreken door alleen naar het verloop van concentraties te kijken in de tijd is lastig. Alleen het toedienen van componenten tijdens de teelt kan duidelijk maken wat de effecten zijn. Dat is een empirische benadering die op korte termijn wellicht een opbrengstverbetering kan realiseren.

Hoe verder?

Dit project onderstreept nog eens dat compost een zeer complexe omgeving is waarin het niet makkelijk is om fundamentele gegevens naar boven te halen die nodig zijn om de voedingsbehoeften van champignons te begrijpen. In de eerste versie van het Masterplan Voeding wordt daarom ook voorgesteld om een labmodel te maken waarbij champignonmycelium wordt gegroeid op een inerte drager waaraan opgeloste voedingsstoffen zijn toegevoegd. In het innovatieproject dat door LNV wordt gefinancierd zijn we al begonnen om hier een eerste stap in te zetten. Op De Nationale Paddenstoelendag hebben we laten zien dat je in principe paddenstoelen kunt produceren zonder compost. In dit "hydroponic" achtige systeem is in eerste instantie steriele dekaarde gebruikt waaraan actieve kool is toegevoegd. Hierop blijkt champignonmycelium net zo makkelijk te knoppen als op gewone dekaarde. Dit project richt zich in eerste instantie op een optimale vegetatieve groei op de drager m.b.v. de opgeloste voedingsstoffen omdat dit een vereiste is om een behoorlijke paddenstoelenproductie te krijgen. Pas dan kunnen voedingstudies worden uitgevoerd.

Om toch sneller resultaten te krijgen kan de huidige kennis op twee manieren gebruikt worden:

- Als vervolg op het watergeefproject dat nu op een teeltbedrijf is uitgevoerd
- In een schaalmodel waarbij nog wel compost wordt gebruikt maar in een dunnere laag of gemengd met een drager.

In eerdere experimenten (Zie Projectverslag "Biologische Model voor de Teelt van Champignons; Straatsma et al.; 2003) is op potten met 250 gram substraat en 250 gram dekaarde in drie teelten een gemiddelde opbrengst gehaald van 470 kg champignons per ton compost. Dat is aanzienlijk meer dan nu in plukteelten wordt gerealiseerd. Dit suggereert dat in combinatie met optimale waterbeschikbaarheid en beter voeding opbrengsten boven de 500 kg per ton te realiseren zijn. In het huidige systeem wordt de compost blijkbaar niet optimaal benut.

In het LNV programma dat nu loopt zijn op kleine schaal experimenten in de nieuwe kwekerij uitgevoerd met verschillende vuldikten (50 tot 90 kg/m<sup>2</sup>). Daaruit is gebleken dat als de compostlaag aanzienlijk wordt teruggebracht vergelijkbare opbrengsten per ton compost worden behaald. Bijvoeden lijkt dan ongestraft te kunnen worden opgevoerd tot 50% meer dan normaal zonder dat er oververhitting plaats



vindt. Het effect van bijvoeden lijkt het grootst te zijn bij de dunste vuldikte. Harde conclusies mogen echter nog niet uit dit experiment getrokken worden omdat elke behandeling slecht in 2-voud is uitgevoerd. Dit experiment suggereert dat we een dunne laag compost als geschikte "drager" voor champignonmycelium kunnen gebruiken. Aan deze dunnen laag kunnen we makkelijker water en opgeloste stoffen toevoegen. Een dunne doorgroeide laag kan b.v. op een poreuse drager gelegd worden waaraan water of water met opgeloste voedingsstoffen wordt toegevoegd. Het effect op opbrengt, aantal en kwaliteit van champignons kan dan inzicht geven in de voedingsbehoeften van de champignon.

#### Literatuur

- Amsing JGM. 1993. Invloed van lekwater in compost op de produktie van champignons. De Champignoncultuur 37: 13-25.
- Amsing JGM, Olijnsma TW & Gerrits JPG. 1997. Invloed van temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalte op de knopvorming van *Agaricus bisporus*. De Champignoncultuur 41, 211-219.
- Castle AJ, Horgen PA & Anderson JB. 1988. Crosses among homokaryons from commercial and wild-collected strains of the mushroom *Agaricus brunnescens* (= *A-bisporus*). Applied and Environmental Microbiology 54, 1643-1648.
- Eger G. 1961. Untersuchungen ueber die Funktion der Deckschicht bei der Fruchtkoerperbildung des Kulturchampignons, *Psalliota bispora* Lge. Archiv fuer Mikrobiologie, 39: 313-334.
- Flegg PB & Ganney GW. 1973. Cropping of mushrooms on shallow layers of compost. Scientia Horticulturae 1: 331-339.
- Flegg PB 1985. Methods of experimentation. In The Biology and Technology of the cultivated mushroom. (Flegg PB, Spencer DM & Wood DA eds), pp 231-240.
- Gerrit JPG. 1972. Hoeveel compost per m2 is optimaal? De Champignoncultuur 16: 171-177.
- Hayes WA, Randle PE, Last FT. 1969. The nature of the microbial stimulus affecting sporophore formation in *Agaricus bisporus*. Annals of Applied Biology 64, 177-187.
- Houba VJG, Temminghoff EJM, Gaikhorst GA, van Vark W. 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. Communications in soil science and plant analysis 31, 1299-1396.
- Jansen M, Field JA & Van Griensven LJLD. 2003. Control of Trichoderma with glucose oxidase. Mushroom Science 15, 675-678.
- Lambert EB & San Antonio JP. 1964. Mushroom Composts Prepared and Tested in Small Containers. American Society Horticultural Science 85: 399-408.
- Noble R, Fermor TR, Lincoln S, Dobrovin-Pennington A, Evered C, Mead A & Li R. 2003. Primordia initiation of mushroom (*Agaricus bisporus*) strains on axenic casing materials. Mycologia 95: 620-629.
- Peerally A. 1981. A Petri-plate agar technique for obtaining promordia in *Agaricus bisporus*. Mushroom Science 11(2), 153-158.
- Randle PE. 1968. Methods of growing mushrooms on a small scale for experimental purposes. Rep Glasshouse Crops Res Inst 1967, 164-170.
- Riber Rasmussen C. 1959. "Shake-up-spawning". Mushroom Science 4: 21-29.
- San Antonio JP. 1975. Commercial and Small Scale Cultivation of the Mushroom, *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. HortScience 10: 451-458.
- San Antonio JP. 1971. A Laboratory Method to Obtain Fruit from cased Grain Spawn of the Cultivated Mushroom, *Agaricus bisporus*. Mycologia 63: 16-21.
- Sinden JW, Tschierpe HJ & Hauser E. 1962. Transplantation of sporophores as a new method for studying growth and nutritional factors of mushrooms. Mushroom Science 5: 250-266.
- Smith JF. 1984. nutrient transport in the trough system of mushroom culture. Scientia Horticulturae 24: 257-264
- Smith JF, Claydon N, Love ME, Allan M & Wood DA. 1989. Effect of substrate depth on extracellular endocellulase and laccase production of *Agaricus bisporus*. Mycological Research 93: 292-296
- Straatsma G, Olijnsma TW, Paradi I & Baar J. 2006. Minerale voeding van de champignon. PPO-Paddestoelen, 2006-1.
- Ten Have R, Wijngaard H, Aries-Kronenburg NAE, Straatsma G & Schaap PJ. 2003. Lignin degradation by *Agaricus bisporus* accounts for a 30% increase in bioavailable holocellulose during cultivation on

- compost. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2242-2245.
- Ten Have R, Straatsma G & Schaap PJ. An inventory of the extracellular proteome of *Agaricus bisporus* during growth and mushroom development on compost.
- Van Loon PCC & Straatsma G. 2001. Mushroom Oxidative Stress; de bijdrage van PPO-Paddestoelen aan het gelijknamige STW / Bromyc project. PPO rapportage.
- Visscher HR. 1978. Onderzoek naar dekaarde in de champignonenteelt. *Landbouwkundig Tijdschrift* 90-4.

# Bijlage 1 Bemonsteringschema van de bedrijven.

Flowschema van de bemonstering van bedrijven.

Bemonstering van bedrijven								
	SNIJBEDRIJF				PLUKBEDRIJF			
			compost	champignons			compost	champignons
ma								
di								
woe	vullen		4		vullen		4	
do								
vr								
za								
zo								
ma								
di	afventileren							
woe								
do								
vr								
za								
zo								
ma								
di								
woe								
do								
vr								
za		dag -3	4	4				
zo		dag -2	4	4				
ma		dag -1	4	4	pluk vl 1	dag 1	4	4
di	snijden vl 1	dag 0	4	4	pluk vl 1	dag 2	4	4
woe					pluk vl 1	dag 3	4	4
do					pluk vl 1	dag 4	4	4
vr								
za								
zo								
ma					pluk vl 2			
di					pluk vl 2			
woe	snijden vl 2				pluk vl 2			
do	doodstomen				pluk vl 2			
vr								
za								
zo								
ma								
di					pluk vl 3			
woe					pluk vl 3			
do					pluk vl 3			
vr					pluk vl 3			
za					doodstomen			
zo								
<b>Monsters per snijteelt</b>					<b>Monsters perpluk teelt</b>			
van 4 afzond.monsterpl					van 4 afzond.monsterpl			
mengmonster					mengmonster			
20					20			
16					16			
5					5			
4					4			
<b>Totaal monsters ( 3 composten x 2 snijbedrijven)</b>					<b>Totaal monsters ( 3 composten x 1 plukbedrijf)</b>			
van 4 afzond.monsterpl					van 4 afzond.monsterpl			
mengmonster					mengmonster			
120					60			
96					48			
30					15			
24					12			
<b>Totaal monsters snij + pluk</b>								
van 4 afzond.monsterpl								
mengmonster								
180								
144								
45								
36								
<b>6 snijbedrijven en 3 plukbedrijven zijn bemonsterd</b>								
Er zijn op 4 monsterplaatsen bemonsterd en daarna gemengd: totaal 45 monsters compost en 36 monsters champignons								

Bijlage 2

## Bijlage 2 Brondata van de meetgegevens

Compost #	compo type	teler	t	M, gewicht gehalten, totaal			organische stof (105-550°C)	pH gem.	N	P	Mn	gehalten, beschikbaar								
				vullen	vocht (20-105°C)	vocht (70-105°C)						Ca	Nts	N-NH4	N-(NO3-P)	P-PO4	Mn	Ca		
1	A	s	1	v	82.0	63.9	2.67	70.1	6.36	22677	5142	211	31381	3339	216	3.16	1583	1358	52.5	10469
2	A	s	1	-3		65.7	2.56	69.4	5.95	21752	5235	247	34267	5503	511	3.78	2118	1768	78.2	14615
3	A	s	1	-2		67.9	3.08	67.4	5.93	22915	5451	233	38756	5788	532	6.12	1898	1584	73.3	18451
4	A	s	1	-1		67.6	3.24	65.2	5.77	22999	5730	248	42122	5841	431	11.90	1958	1643	76.4	17959
5	A	s	1	0		70.6	2.77	60.5	5.71	20730	4956	254	40920	4768	287	7.65	1359	1082	59.7	12958
6	A	s	2	v	78.9	61.7	2.58	73.1	6.28	22495	5080	201	25851	3969	284	10.40	1739	1498	61.4	8831
7	A	s	2	-3		63.4	2.84	69.0	5.88	23013	5730	257	35790	5947	701	3.84	2008	1700	73.4	16849
8	A	s	2	-2		66.9	2.57	69.5	5.76	23139	5606	312	35429	6291	720	6.21	2212	1853	87.5	11732
9	A	s	2	-1		67.4	2.62	69.8	5.61	24148	5513	239	34508	6575	690	12.40	2085	1746	78.4	14822
10	A	s	2	0		66.3	2.56	66.2	5.59	24477	5606	248	35930	6287	446	18.85	1983	1668	83.8	11993
13	A	p	3	v	85.8	65.1	2.94	69.7	6.37	22873	5420	219	30099	3466	209	0.56	1546	1344	51.2	11763
14	A	p	3	-3		64.1	2.74	68.1	5.75	22565	5327	242	35630	5705	570	12.10	2057	1716	70.3	14615
15	A	p	3	-2		63.5	3.01	63.9	5.62	22383	5730	255	40319	5450	357	10.90	2148	1805	78.8	17927
16	A	p	3	-1		65.9	2.94	65.2	5.62	23083	5358	269	40840	5751	337	19.40	2006	1655	80.4	17481
17	A	p	3	0		64.0	2.84	65.1	5.68	22677	5235	255	40319	5933	296	22.20	1968	1606	78.3	16768
18	B	s	4	v	93.8	60.5	3.37	67.7	6.17	25744	6350	213	40760	4050	707	2.18	2576	2285	70.8	17106
19	B	s	4	-3		65.9	3.16	64.3	6.18	24694	6474	233	44848	7115	1816	13.30	3115	2752	84.2	18157
20	B	s	4	-2		65.7	3.03	64.4	6.08	24218	6164	229	45008	6918	1688	16.20	2988	2648	84.6	19366
21	B	s	4	-1		63.9	3.34	62.1	6.09	24680	6814	244	44447	7365	2179	24.20	2947	2528	82.1	18101
23	B	s	4	0		63.2	3.49	63.7	5.92	25128	6164	237	43685	8267	2418	27.50	2947	2511	84.1	18214
24	B	s	5	v	92.2	63.5	3.27	65.1	6.17	25296	5978	201	43365	4264	702	2.29	2229	1980	66.9	18837
25	B	s	5	-3		64.1	2.65	63.3	6.11	24820	6257	218	40359	7516	1832	6.90	2836	2489	84.0	17433
26	B	s	5	-2		63.6	2.69	63.8	5.97	23783	6257	257	47052	7638	1695	8.66	2887	2492	87.3	19719
27	B	s	5	-1		65.1	3.29	63.7	5.87	24876	6381	234	40359	7235	1465	12.20	2845	2439	91.7	20167
28	B	s	5	0		65.4	3.71	60.4	5.85	24190	6319	243	47573	7868	1858	21.70	2316	1956	77.3	21959
29	B	p	6	v	92.0	64.3	3.35	65.3	6.20	24218	6257	227	42443	4203	541	2.00	2446	2168	68.0	16927
30	B	p	6	-3		63.9	3.43	63.5	6.03	23391	6133	240	42683	7948	2064	12.90	2983	2560	87.4	18334
31	B	p	6	-2		65.1	3.10	59.9	5.85	25240	6319	253	41922	7909	1854	17.40	2928	2482	90.9	16487
32	B	p	6	-1		63.7	3.33	60.8	5.79	23587	6102	293	47012	8029	1852	14.00	2865	2416	92.7	19669
33	B	p	6	0		62.1	3.55	59.8	5.69	24988	6350	261	48896	7785	1635	17.00	2649	2230	86.7	19137
34	C	s	7	v	81.3	63.6	4.34	63.6	6.17	20772	5327	213	48335	4198	392	3.08	1756	1475	55.7	23575
35	C	s	7	-3																
36	C	s	7	-2		64.0	4.11	58.1	5.94	19581	5358	248	67292	5492	718	4.48	1812	1506	62.8	23886
37	C	s	7	-1		62.7	4.47	59.7	5.81	20450	5637	222	58955	5444	540	4.91	1876	1533	65.8	24200
38	C	s	7	0		60.0	4.99	61.2	5.64	20926	5637	223	56551	5879	535	11.50	1855	1527	68.1	24478
39	C	s	8	v	86.4	64.8	4.50	65.3	6.59	19862	5885	204	49657	2487	152	-0.06	1370	1195	40.6	22454
40	C	s	8	-3		66.4	4.52	61.8	6.04	20506	6597	228	57232	4666	458	2.53	2258	1929	68.0	24993
41	C	s	8	-2		66.9	4.45	62.3	5.95	21010	6381	222	55308	4985	528	2.32	2128	1782	61.2	24491
42	C	s	8	-1		65.4	4.29	62.8	5.77	21318	6071	226	56951	5033	375	6.47	2196	1842	66.4	24013
43	C	s	8	0		65.2	4.65	59.1	5.67	21360	6907	314	59196	5109	352	4.72	2003	1673	62.5	24327
44	C	p	9	v	86.0	65.5	4.40	65.3	6.48	20184	6164	449	57833	2517	183	-0.18	1242	1094	37.0	22639
45	C	p	9	-3		64.4	4.63	61.9	5.79	21696	7155	251	56390	5431	617	5.01	2169	1804	66.5	24763
46	C	p	9	-2		64.0	4.58	62.6	5.66	21514	6876	251	56270	5727	539	6.39	2311	1913	74.8	24722
47	C	p	9	-1		63.0	4.73	60.7	5.69	21752	7124	249	56671	6041	784	8.12	2350	1941	74.4	24424
48	C	p	9	0		64.5	4.84	57.8	5.66	21808	6876	352	59236	5650	456	14.20	1890	1559	64.6	25308

Brongegevens van compostanalyse. Compostherkomsten: composteerdere A, B en C. s en p: snijders, respectievelijk plukkers.

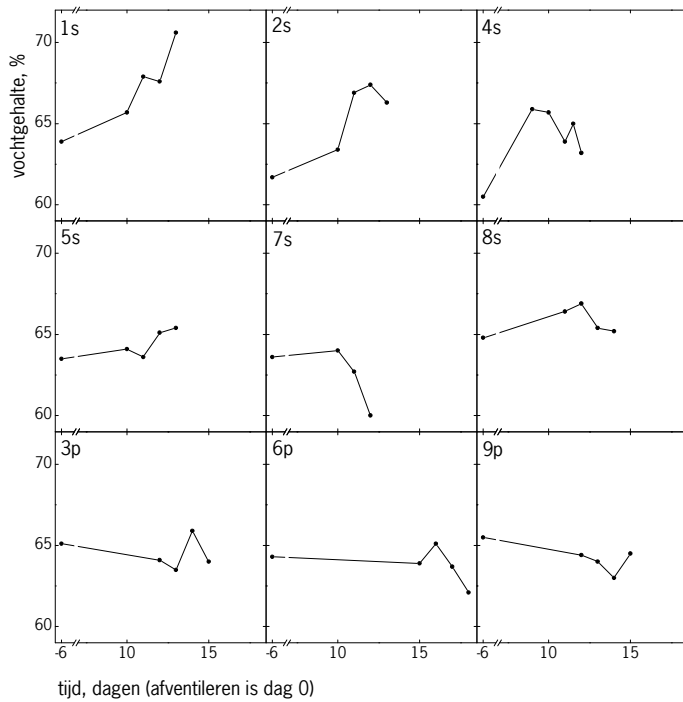
Champignons				M, gewicht	gehalten, totaal		organische stof (105-550°C)	N	P	Mn	Ca
#	compos	type	teler t	kg per m <sup>2</sup>	vocht (20-105°C)	vocht (70-105°C)					
1	A	s	1 v								
2	A	s	1 -3		91.2	2.07	90.1	65986	12792	8	321
3	A	s	1 -2		92.4	2.19	89.7	55887	12235	7	281
4	A	s	1 -1		93.7	1.97	89.7	46810	10934	6	281
5	A	s	1 0	25.3	94	1.77	89.4	45802	10996	6	321
6	A	s	2 v								
7	A	s	2 -3		92.5	2.56	89	57806	12637	7	681
8	A	s	2 -2		92.9	2.14	89.1	53057	12513	6	521
9	A	s	2 -1		93.8	1.61	89.8	47020	11398	5	521
10	A	s	2 0	20.3	94.3	1.825	89.25	42370	11058	6	641
13	A	p	3 v								
14	A	p	3 -3		92.7	2.17	89.5	49346	11398	7	441
15	A	p	3 -2		93.2	1.98	90.2	43379	10531	6	401
16	A	p	3 -1		92.5	1.81	90.4	45480	10810	6	361
17	A	p	3 0	17.1	91	1.87	90.4	54276	12080	7	361
18	B	s	4 v								
19	B	s	4 -3		89.9	2.28	90.3	74334	14031	10	1523
20	B	s	4 -2		90.7	2.88	89.1	72317	13845	9	1202
21	B	s	4 -1		92.2	2.65	89.3	59388	12513	8	721
23	B	s	4 0	15.3	92.8	1.98	90.2	48197	10655	6	361
24	B	s	5 v								
25	B	s	5 -3		91	2.42	89	67428	14000	9	681
26	B	s	5 -2		92.2	2.2	88.7	61167	13226	8	601
27	B	s	5 -1		93.5	1.93	88.6	53338	12235	6	441
28	B	s	5 0	18.7	93.9	1.89	88.6	46292	10903	6	441
29	B	p	6 v								
30	B	p	6 -3		92	5.31	88.3	65775	13226	7	481
31	B	p	6 -2		92.2	4.45	89.4	51755	11584	6	361
32	B	p	6 -1		91.8	3.14	90.5	46474	10314	5	200
33	B	p	6 0	19.3	92.1	4.23	89.6	49850	11243	4	321
34	C	s	7 v								
35	C	s	7 -3								
36	C	s	7 -2		91.6	5.46	89.1	68605	14124	7	761
37	C	s	7 -1		92.8	4.96	89.1	55354	12606	6	481
38	C	s	7 0	16.9	93.5	4.06	90	47175	10748	5	281
39	C	s	8 v								
40	C	s	8 -3		91.5	1.98	89.4	68255	13567	8	641
41	C	s	8 -2		92.3	2.8	89.2	61952	12885	6	641
42	C	s	8 -1		93.2	2.33	89.6	49107	11213	6	401
43	C	s	8 0	17.7	93.6	3.32	89.7	38322	10345	4	401
44	C	p	9 v								
45	C	p	9 -3		92.6	1.88	89.3	54388	11770	6	521
46	C	p	9 -2		93	1.48	89.7	47077	10655	5	281

Brongegevens van champignon-analyse. Compostherkomsten: composteerdere A, B en C, s en p: snijders, respectievelijk plukkers.

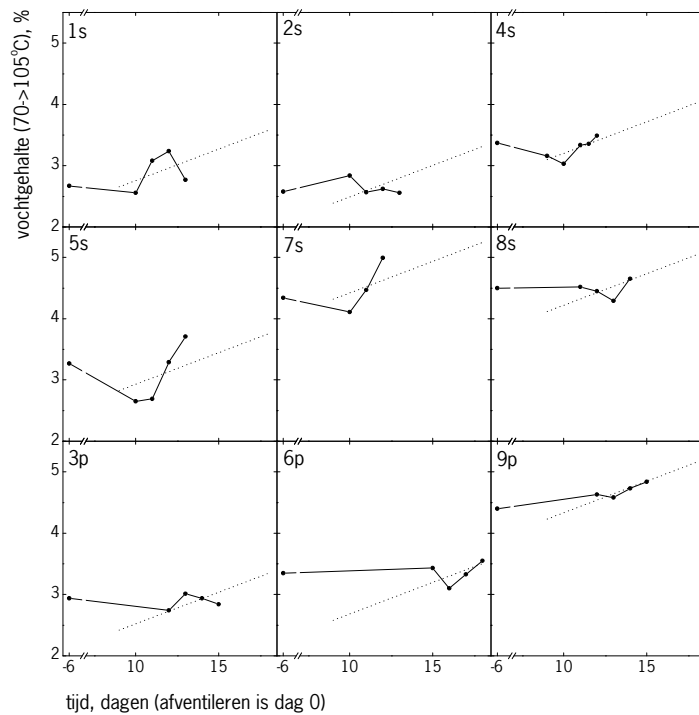
# Bijlage 3. Grafische weergave van de regressieanalyse van de meetgegevens

## Samenstelling Compost

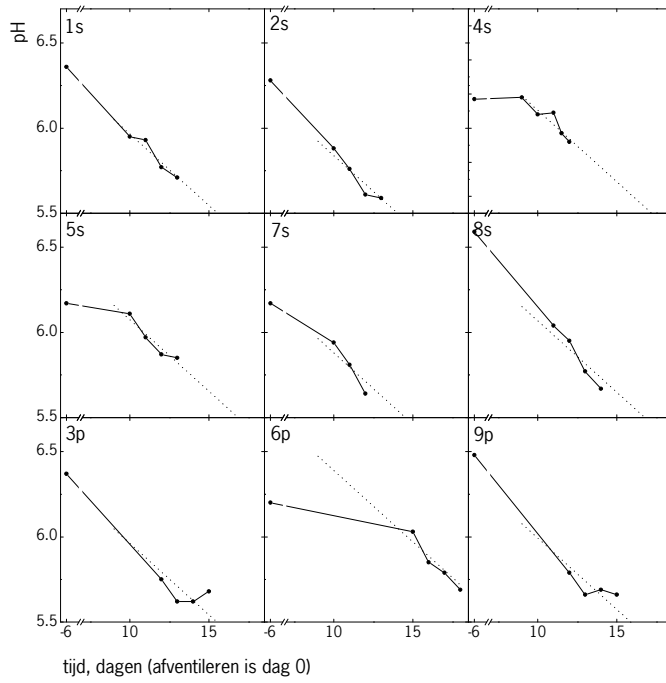
1 compost vochtgehalte (gedroogd vanaf 20 tot 105 °C)



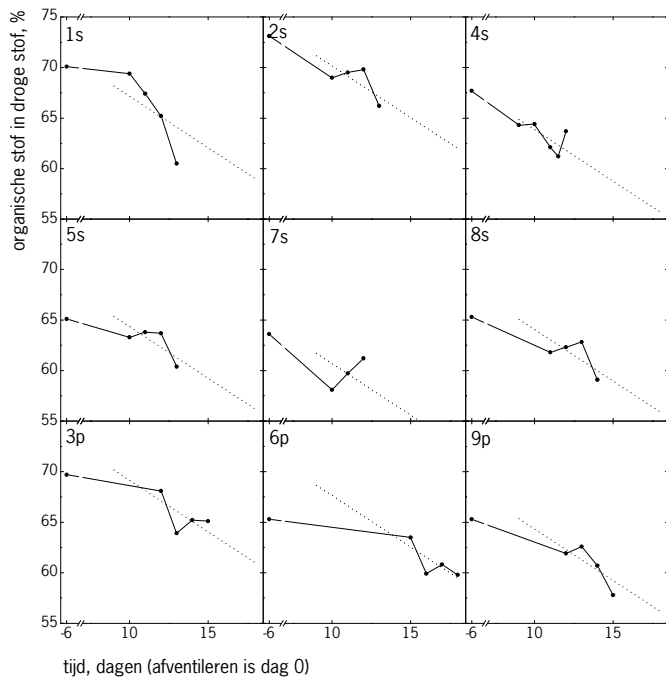
2 compost vochtgehalte (gedroogd vanaf 70 tot 105 °C)



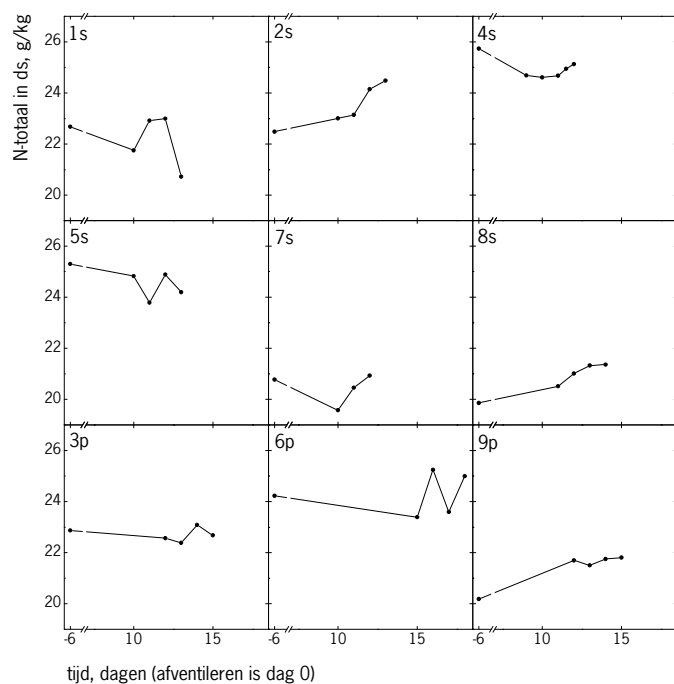
## 3 compost pH



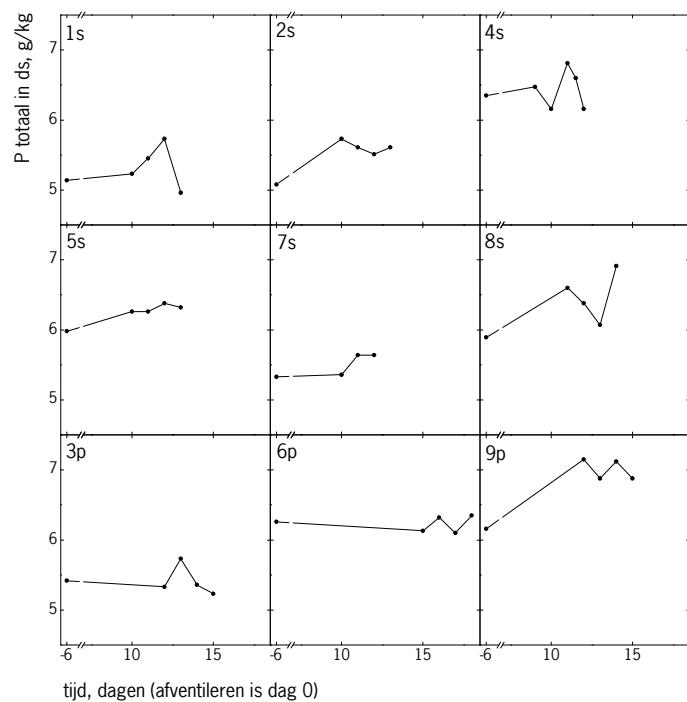
## 4 compost organische stof gehalte



5 compost N-totaal gehalte

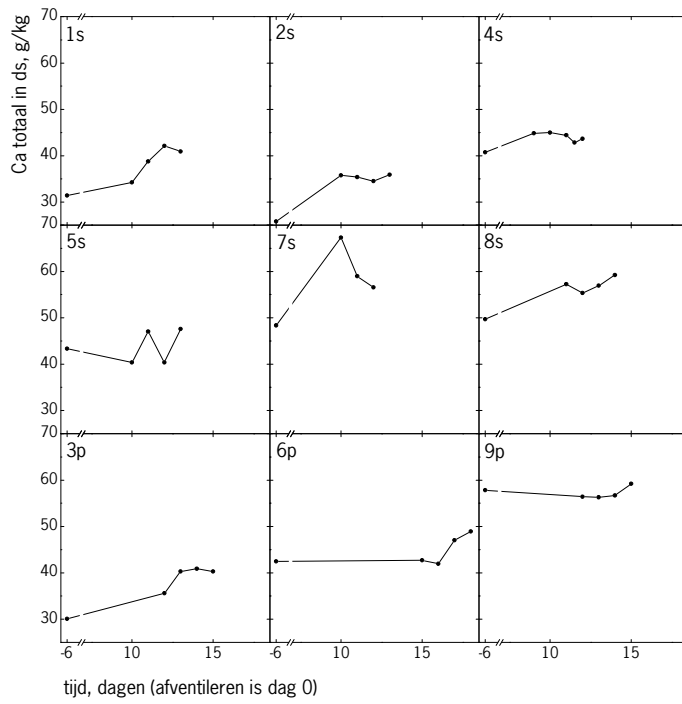


6 compost P-totaal gehalte

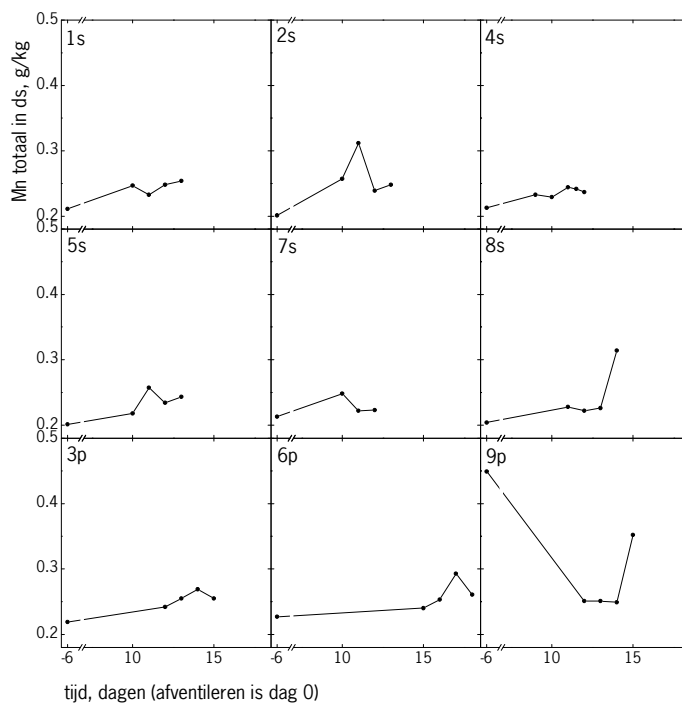




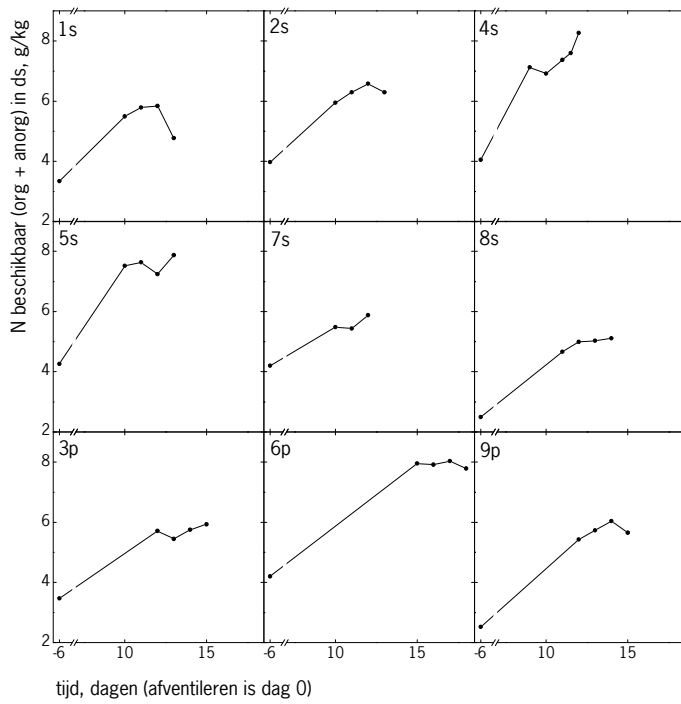
7 compost Ca-totaal gehalte



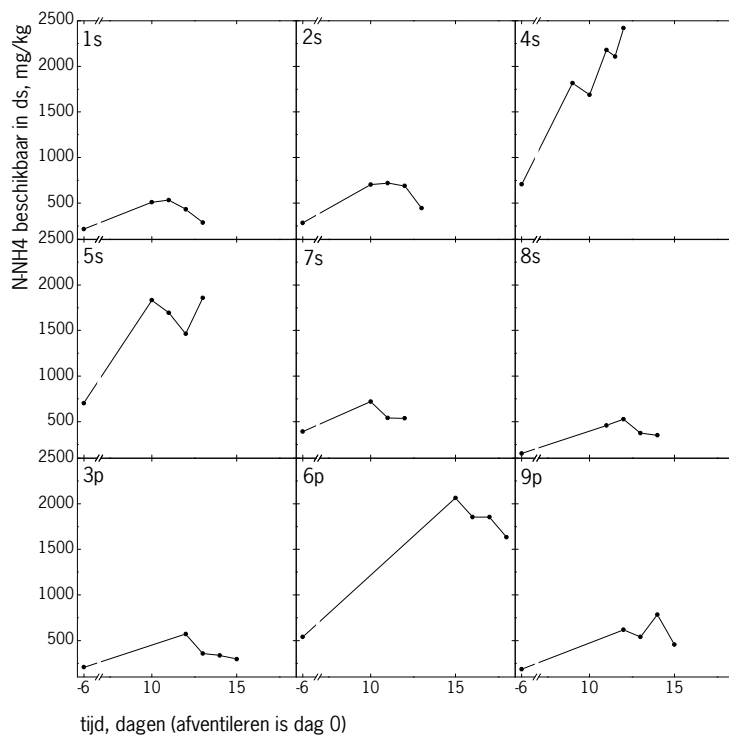
8 compost Mn-totaal gehalte



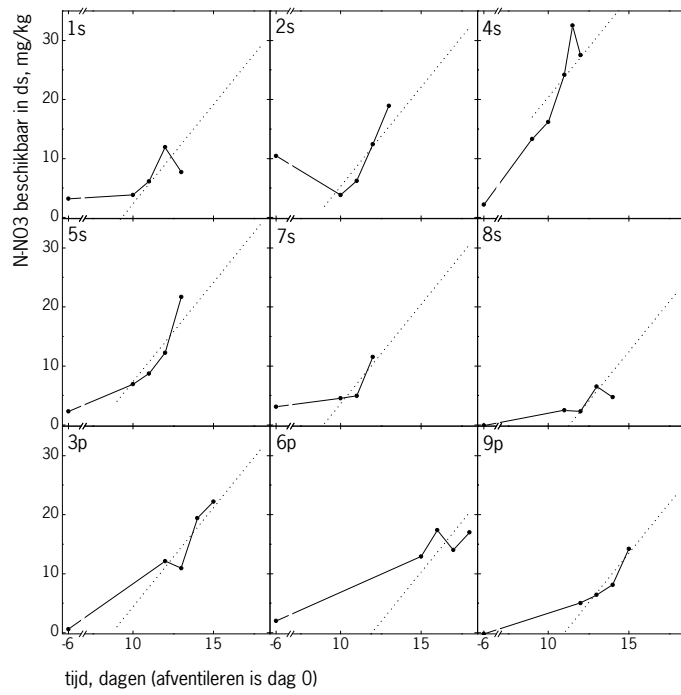
9 compost N-beschikbaarheidsgehalten (organisch en anorganisch)



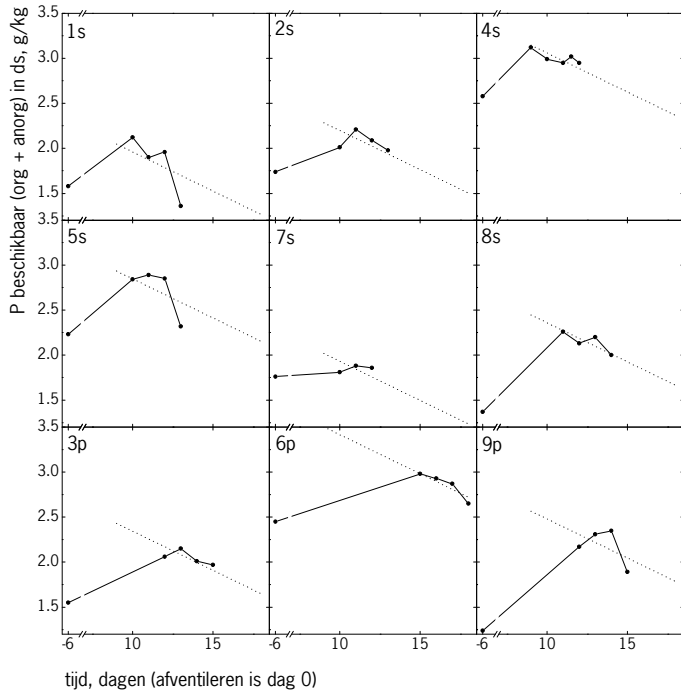
10 compost NH<sub>4</sub>-N beschikbaarheidsgehalten



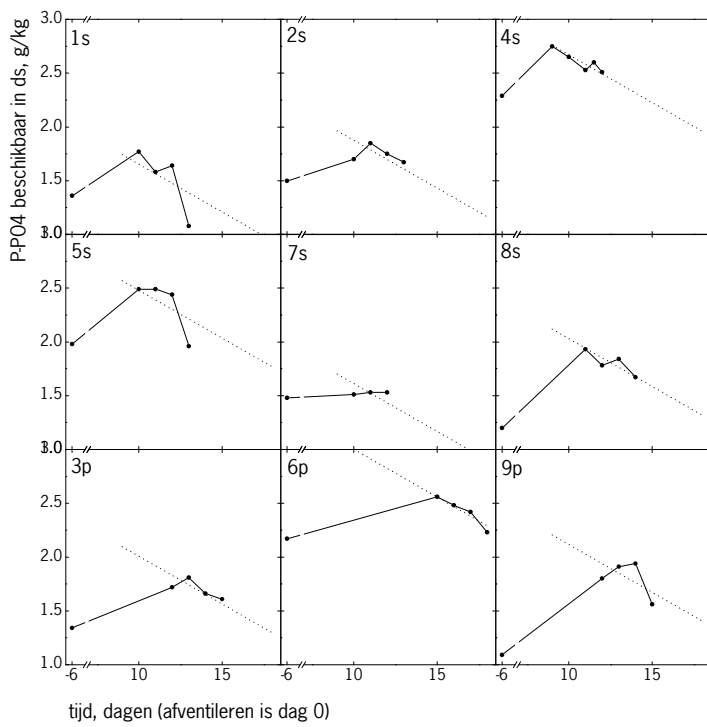
11 compost NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>-N beschikbaarheid



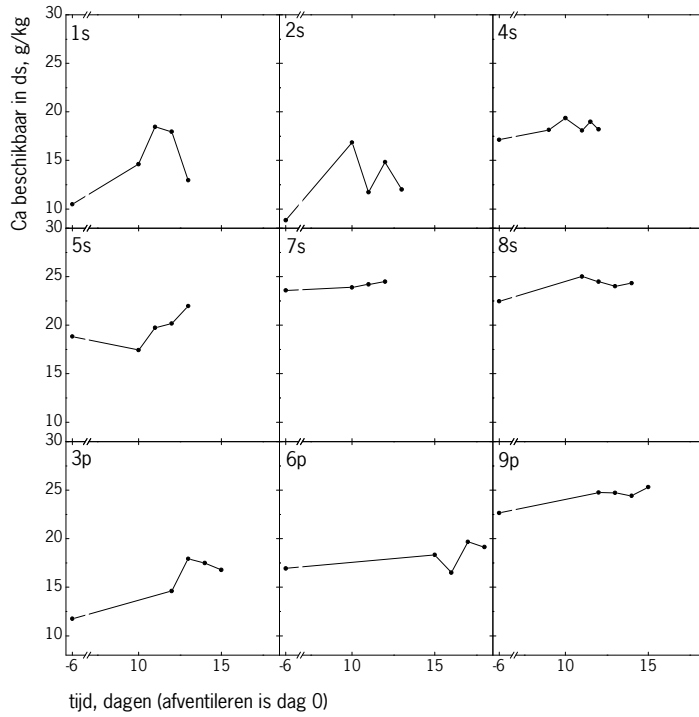
12 compost P beschikbaarheidsgehalte (organisch & anorg) in ds, g/kg



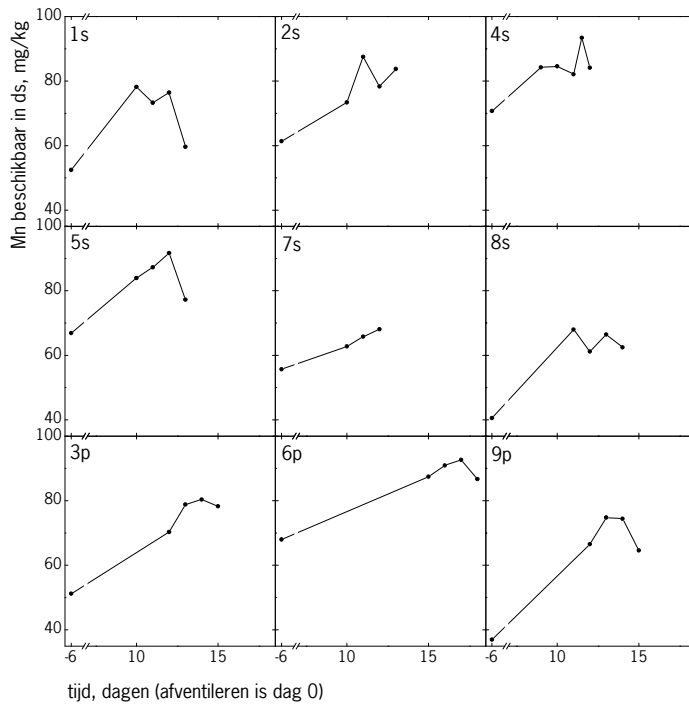
13 compost P<sub>04</sub>-P (anorg) beschikbaarheidsgehalte



14 compost Ca beschikbaarheidsgehalte

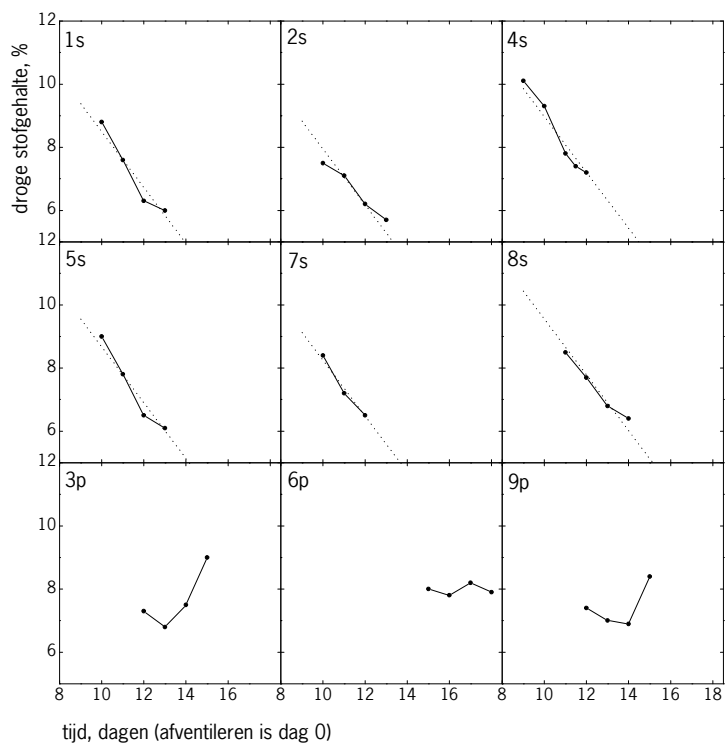


15 compost Mn beschikbaarheidsgehalte

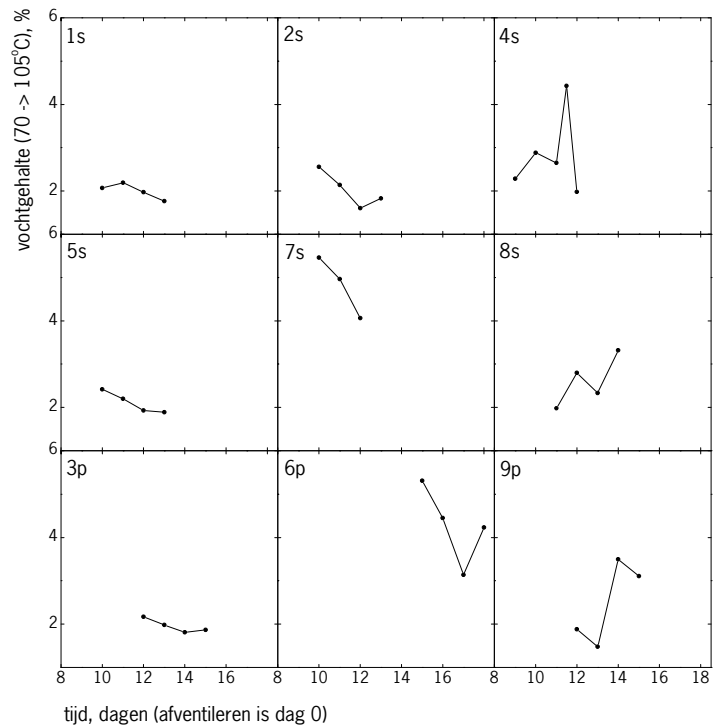


Samenstelling champignons

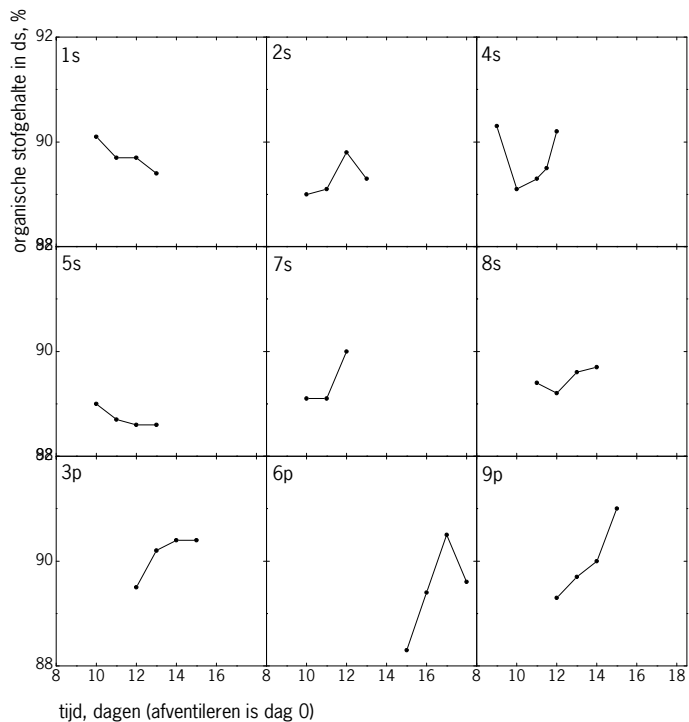
16 champignons droge stof gehalte



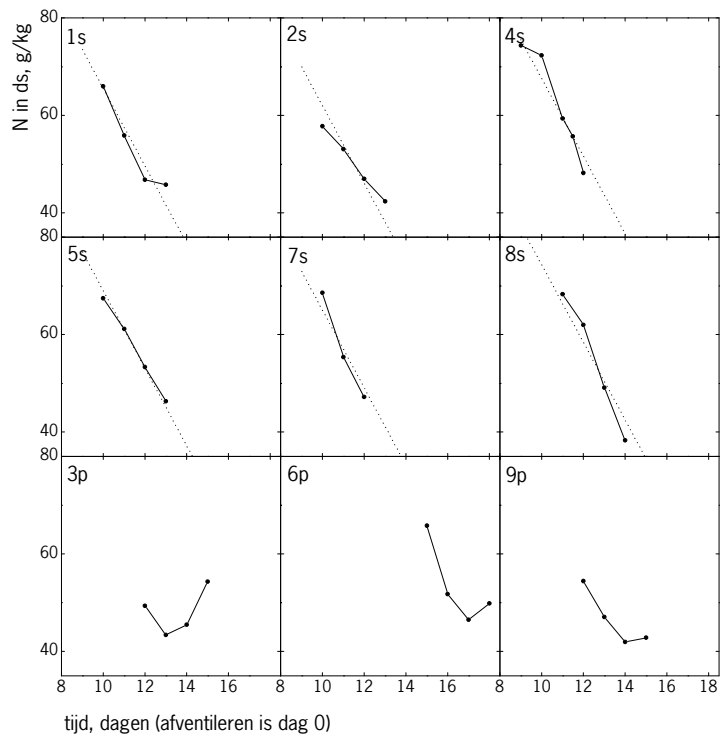
17 champignons vochtgehalte (gedroogd vanaf 70 tot 105 °C)



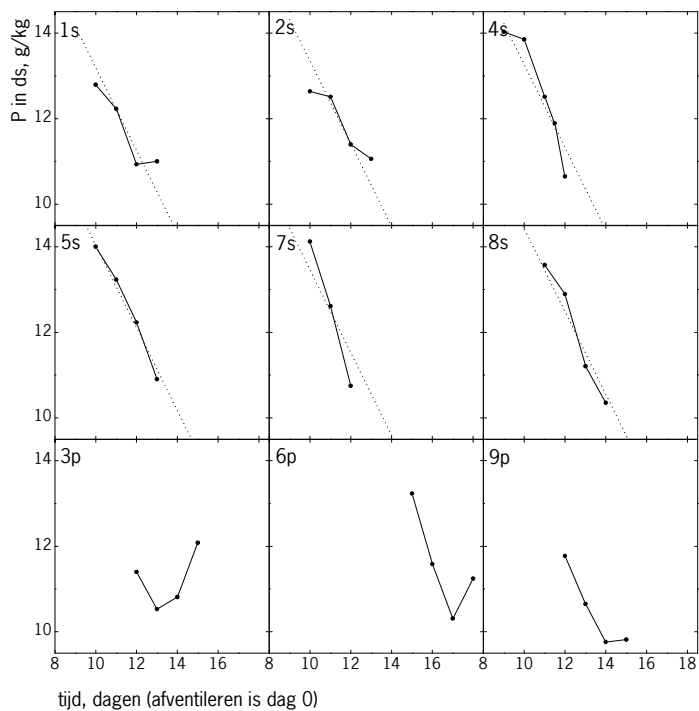
18 champignons organische stof gehalte



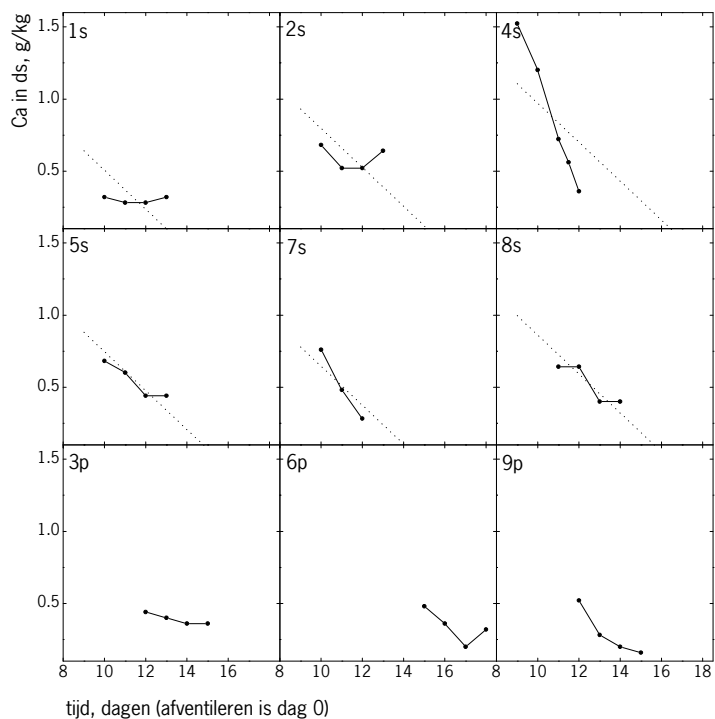
19 champignons N gehalte



20 champignons P gehalte

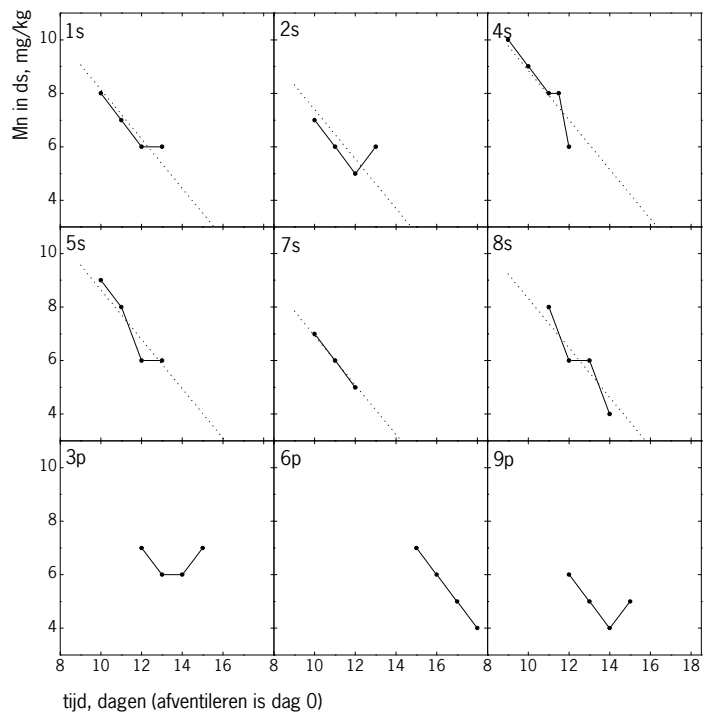


21 champignons Ca gehalte





## 22 champignons Mn gehalte



## Bijlage 4 Teeltgegevens.

Teler	Herkomst Teelt-		Vullen Afdekken	Opruwen	Afvent.	Oogst vlucht 1	
	compost	wijze				datum	dag na vullen
s1	A	snij	3-aug-07	niet	7-aug-07	20-aug-07	17
s2	A	snij	3-aug-07	niet	9-aug-07	22-aug-07	19
p3	A	pluk	6-aug-07	niet	11-aug-07	23 - 26 aug-07	17 - 21
s4	B	snij	6-aug-07	13-aug-07	16-aug-07	28-aug-07	22
s5	B	snij	6-aug-07	13-aug-07	15-aug-07	28-aug-07	22
p6	B	pluk	7-aug-07	13-aug-07	15-aug-07	27 - 31 aug-07	20 - 24
s7	C	snij	28-aug-07	niet	1-sep-07	13-sep-07	17
s8	C	snij	9-aug-07	niet	14-aug-07	28-aug-07	19
p9	C	pluk	9-aug-07	niet	14-aug-07	26 - 29 aug-07	17 - 20

Teler	Compost										
	Vocht		N	N-tot	As	CN	mycgr dagen	vulgewicht kg/m2	Ras	Bijvoeding	
	%	pH								middel	kg/ton
s1	64	6.3		2.32	29.6	15.2	17	82	S 512	Substrad	16
s2	61	6.2		2.28	28.7	15.6	18	79	A 2000	MC 6000	14
p3	66	6.5	2.17	2.19	29.7	16.2	14	86	A 15	Champfood	14
s4	63	6.1					16	94	A 15	Agrichamp	14
s5	62	6.2					17	92	A 15	Agrichamp	16
p6	64	6.2					16	92	A 15	Agrichamp	12
s7	62	6.3					17	81	A 15	MC 3000	15
s8	64	6.1					17	86	A 15	MC 6000	15
p9	65	6.2					17	86	A 15	MC 3000	15

Teler	Dekaarde	
	producent	type
s1	Topterra	snijders 6
s2	Euroveen	90 - 10
p3	CNC	grot met CI
s4	Euroveen	euromix 8-90-10
s5	CNC	snijders mix nat +
p6	CNC	reuze grof extra
s7	Euroveen	euromix 80-80-10
s8	Euroveen	euromix 8-90-10 plus
p9	CNC	basis extra

Teler	Watergift			Opbrengst vlucht 1		Sortering %				
	in compos	voorbe	op vlucht 1	kg/m2	kg/ton	F kwal I	M kwal I	R kwal I	kwal II	Ind
	vullen l/m2	l/m2	l/m2							
s1	0	22	26	25.3	309					100
s2	0	24	19	20.3	257				27	73
p3	0	17	7	17.1	199	24	51	0	18	4
s4	0	18	8	15.3	163				98	2
s5	0	19	11	18.7	203				42	58
p6	5	22	0	19.3	210	11	56	25	0	8
s7	0	21	15	16.9	207					100
s8	1	17	7	17.7	205				8	92
p9	0	15	4	18.9	220	19	46	27	0	8

## Bijlage 5: Analyse methode mineralen bepaling

Analyse methode (proj Voeding)

De chemische analyse aan monsters compost en champignons werd uitgevoerd door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem, Wageningen-UR (CBLB). Het ging in totaal om 45 monsters compost en 36 monsters champignons.

### **Compost.**

In het verse materiaal is eerst de pH gemeten volgens 1:1,5 volume-extractie-methode.

Vervolgens is de compost gedroogd tot constant gewicht bij 70 °C. Een deel van dit gedroogde materiaal is verder gedroogd bij 105 °C.

Het bij 70 °C gedroogde materiaal is vermalen tot een diametergrootte tussen 0.5 - 1 mm.

In de bij 70 °C gedroogde monsters compost is het organische stofgehalte bepaald door de monsters te verassen bij 550 °C.

In de gemalen monsters compost is het totaal- en beschikbaarheidsgehalte gemeten van mineralen gemeten (**tabel 3**).

Voor totaalbepalingen werd het monster volledig in oplossing gebracht door destructie in een mengsel van geconcentreerde sterke zuren.

Voor beschikbaarheidsbepalingen van mineralen door planten, werd het compostmonster geëxtraheerd in een 0.01 M CaCl<sub>2</sub> oplossing. In de verkregen oplossingen werden de mineralen gemeten (**tabel 3**). Voor meting van calcium werd het compostmonster geëxtraheerd in een 0.03M NaCl oplossing. Voor de uiteindelijke analyse in de verkregen extracten werd de ICP-AES methode gebruikt.

### **Champignons.**

Champignons zijn gedroogd tot constant gewicht bij 70 °C. Een deel van dit gedroogde materiaal is verder gedroogd bij 105 °C.

Het bij 70 °C gedroogde materiaal is vermalen tot een diametergrootte tussen 0.5 - 1 mm.

In de bij 70 °C gedroogde monsters champignons is het organische stofgehalte bepaald door de monsters te verassen bij 550 °C.

In de gemalen monsters champignon is het totaal gehalte gemeten. Hiertoe werd het monster volledig in oplossing gebracht door destructie in een mengsel van geconcentreerde sterke zuren. Voor de uiteindelijke analyse in de verkregen extracten werd de ICP-AES methode gebruikt.



