



Relatie tussen warmte- vocht- en CO₂-afgifte tijdens de teelt van champignons met groei en kwaliteit.

J.G.M. Amsing en G. Straatsma

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO projectnummer 620132

PT nr. 11089



Dit onderzoek is i.s.m. C point uitgevoerd en wordt gefinancierd door Productschap
Tuinbouw.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Paddestoelen

Adres : Bornsesteeg 47, Wageningen
: Postbus 167, 6700 AD Wageningen
Tel. : 0317 - 47 83 00
Fax : 0317 - 47 83 01
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl



Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	4
2	INLEIDING	5
3	OPZET EN UITVOERING PPO-METINGEN	6
3.1	Opzet	6
3.2	Uitvoering	6
3.3	Statistische analyse	7
4	RESULTATEN	9
4.1	Groei en productie	9
4.2	Warmte-, vocht- en CO ₂ -productie	12
4.3	Kwaliteit champignon	12
4.4	Relatie groeiparameters en WVC-productie	14
4.5	Relaties met kwaliteit	15
5.	DISCUSSIE	18
6.	CONCLUSIES.....	19
7.	SUGGESTIES VOOR VERDER ONDERZOEK	20
8.	GERAADPLEEGDE LITERATUUR.....	21

1 Samenvatting

Tijdens de teelt van champignons doen zich regelmatig problemen voor met de uitgroei en de kwaliteit van de champignons. Problemen die optreden zijn intern vocht, lange stelen, bacterievlekken, bruinverkleuring, schubvorming, te weinig of te veel knoppen op de bedden.

Omdat de problemen in de meeste gevallen niet voorspelbaar zijn, is het moeilijk om tijdig in te grijpen om de teelt te verbeteren en om een verdere achteruitgang van de kwaliteit van de champignons te voorkomen.

In opdracht van Productschap Tuinbouw hebben PPO team paddestoelen en C point onderzoek uitgevoerd om vast te stellen of het groeiproces op de bedden vroegtijdig signalen afgeeft, zodat een teler relatief snel maatregelen kan treffen die verslechtering van de kwaliteit kunnen voorkomen. Om de groei in beeld te brengen heeft C point een meet- en registratiesysteem voor Warmte-, Vocht- en CO₂-afgifte ontwikkeld en in een kwekerij te Baarlo geïnstalleerd. Dit WVC-systeem meet en registreert de door het substraat en champignons geproduceerde warmte, vocht en CO₂. In deze cellen heeft PPO groeimetingen verricht in 20 teelten aan uitgroeiende champignons van de eerste vlucht en metingen aan het geoogste product. Het betreft 10 teelten in het voorjaar en 10 teelten in het najaar.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat het WVC-systeem een aantal signalen afgeeft, waarmee een teler in een vroeg stadium van de teelt het groeiproces zo optimaal mogelijk kan sturen. De warmte- en vochtafgifte hebben een voorspellende waarde voor groei en kwaliteit: een teler kan een betere inschatting maken wanneer de knoppen op de bedden komen te staan, en tijdens de knopuitgroei geeft de meting van de vochtproductie aan of intern vocht in de champignons te verwachten is.

Voor de voorspelling van de productie van champignons lijkt monitoring van WVC niet zinvol.

Het systeem biedt de mogelijkheid tot voorspelling van de groei en kwaliteit van de champignons over één of meerdere weken. De informatie uit het systeem geeft geen indicatie van de groei en kwaliteit van de champignons de volgende of daarop volgende dagen.

Overige resultaten van dit project zijn dat teeltgegevens, waaronder aantal en groeisnelheid van de knoppen, composttemperatuur en watergiften relaties vertonen met productie en kwaliteit van de champignons.

In dit rapport wordt gemotiveerd dat het zinvol is om de meetgegevens, die het WVC-systeem hebben opgeleverd, nader te beschouwen. Nadere studie van de primaire meetwaarden zou mogelijk tot een betere voorspelling kunnen leiden.

Ook is het wenselijk de technische onderdelen en rekenkundige aspecten van het WVC-meetsysteem nader te bezien. Dit moet ertoe leiden dat de primaire en afgeleide meetgegevens nauwkeuriger bepaald worden en beter gebruikt kunnen worden voor sturing.

2 Inleiding

Tijdens de teelt van champignons doen zich regelmatig problemen voor met de uitgroei en de kwaliteit van champignons. De problemen die zich voordoen zijn intern vocht, lange stelen, bacterievlekken, bruinverkleuring, schubvorming en te weinig of te veel knoppen op de bedden. Een slechte kwaliteit van champignons heeft een reductie van de financiële opbrengst van telers, handelaren en conserverindustrie tot gevolg. Champignons met intern vocht leveren problemen op bij de afzet op de versmarkt omdat de houdbaarheid snel achteruit gaat. Champignons met intern vocht zijn na conserveren verkleurd. Bovendien is bij de verwerking het conserveringsrendement lager. Beide effecten zijn ongewenst. Naar schatting wordt in Nederland 5% tot 10% van de sortering Il-3-80 a.g.v. intern vocht gedeclasseerd. Dit betekent op jaarbasis een inkomstenderving van 2 tot 4 miljoen Euro (Amsing et al., 2002).

Naar schatting zijn in de periode 2000 en 2002, 2% tot 7% van de verse champignons gedeclasseerd van klasse I naar II en III doordat de kleur afwijkt (Amsing, 2002; Hermans, 2002). Bacteriën met de naam *Pseudomonas tolaassi* veroorzaken bruine plekken op de hoed van de champignons (Van Gils, 1989). De schade die de sector hierdoor oploopt wordt door voorlichters geschat op 5% tot 10% opbrengstverlies.

De kwaliteitsproblemen zijn veelal een (in)direct gevolg van grondstoffen, teelthandelingen, watergiften en klimaatomstandigheden. Intern vocht in champignons is vooral het gevolg van een beperkte verdamping gedurende de uitgroeiperiode van de knoppen (Amsing, 2002). Verse champignons met een afwijkende kleur worden vooral veroorzaakt doordat de compost te kort van structuur en te vochtig is en doordat de dekaarde na het vullen van de cel fout op vocht wordt gebracht (Hermans, 2002). Bacterievlekken zijn meestal het gevolg van op verkeerde tijdstippen geven van water op de bedden, in combinatie met het lang nat blijven van de champignons (Van Gils, 1989).

Ook met de huidige kennis en technische middelen zijn deze kwaliteitsproblemen in de champignons niet te voorspellen. Tijdig ingrijpen om de teelt te verbeteren en om een verdere achteruitgang van de kwaliteit van de champignons te voorkomen is daardoor moeilijk.

In opdracht van Productschap Tuinbouw voerden PPO team paddestoelen en C point onderzoek uit om vast te stellen of de groei van champignons op de bedden vroegtijdig signalen geeft waarmee een teler sneller dan normaal een maatregel kan treffen die een verslechtering van de kwaliteit kan voorkomen. Om de groei in beeld te brengen heeft C point een meet- en informatiesysteem voor Warmte-, Vocht- en CO₂-afgifte ontwikkeld en in een kwekerij geïnstalleerd. Dit WVC-systeem meet en registreert de door het substraat en champignons geproduceerde warmte, vocht en CO₂. Omdat deze parameters samenhangen met de myceliumgroei en de uitgroei van champignons, is het systeem inzetbaar voor de monitoring van de teelt. Op basis van een goede monitoring kan een teler zijn teelt zo optimaal mogelijk evalueren en sturen.

Het doel van dit project was vast te stellen of het Warmte-, Vocht- en CO₂-meet- en informatiesysteem een geschikte weergave biedt van het groeiproces tijdens de teelt van champignons; een bijdrage kan leveren aan het inzichtelijk maken van oorzaken van groeistoornissen en kwaliteitsproblemen; en geschikt is om problemen van groeistoornissen en kwaliteitsproblemen te voorkomen.

Doelstelling van de PPO werkzaamheden:

- het vaststellen van de relatie tussen de groei, productie en kwaliteit van de vruchtlichamen van de champignons en de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in de cel in 10 teelten uitgevoerd in het voorjaar. De teelten in het voorjaar groeien onder de meest optimale omstandigheden;
- het vaststellen van de relatie tussen de groei, productie en kwaliteit van het vruchtlichaam van de champignon en de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in de cel in 10 teelten uitgevoerd in het najaar. Tijdens de teelten in het najaar worden veel kwaliteitsproblemen verwacht.

PPO heeft de groei, opbrengst en kwaliteit van het vruchtlichaam van de champignon bepaald.

3 Opzet en uitvoering PPO-metingen

3.1 Opzet

In de kwekerij van dhr Hoezen, Hummerenweg 16A, Baarlo was een meetsysteem voor warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in vijf cellen geïnstalleerd. In deze cellen had PPO groeimetingen verricht in 20 teelten aan uitgroeiende champignons van de eerste vlucht en aan het geogste product. Het betrof 10 teelten in het voorjaar en 10 teelten in het najaar.

Nagegaan werd of de groei- en eventuele kwaliteitsproblemen van champignons, intern vocht, gerelateerd waren aan de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in de cel en hoe de afgifte afweek van teelten zonder intern vocht in de champignons.

3.2 Uitvoering

PPO heeft in elk van de vijf cellen die met het WVC-systeem waren uitgerust vier teelten bemonsterd. De eerste voorjaarsteelt was gevuld op 24 april 2002 en de laatste najaarsteelt op 16 oktober 2002. Drie weken na vullen werd de eerste vlucht gesneden.

De groei van de champignons werd gemeten vanaf drie dagen voor de mechanische oogst van de eerste vlucht. De bemonsteringsplaatsen werden vooraf vastgesteld en waren voor alle 20 teelten gelijk. Op elk van de drie bemonsteringsdagen werden in de cel op vier plaatsen alle exemplaren geogst, werd het totale versgewicht en het aantal geregistreerd (Fig.1). De champignons werden met voetjes verwerkt.

Ter vergelijking met deze arbeidsintensieve methode werden in twee teelten op dezelfde dagen foto's genomen van uitgroeide knoppen. Nagegaan werd of beeldanalyse kan worden gebruikt om de groei van de paddestoelen te karakteriseren.

Aan het mechanische geogste product heeft PPO eveneens waarnemingen gedaan. Deze champignons waren afkomstig van verschillende, vooraf bepaalde plaatsen van de cel, en werden achter de snijmachine in bakken gevuld. Van de champignons werd het versgewicht bepaald en van een submonster het drooggewicht, het aantal stuks, de sortering en de aanwezigheid van intern vocht. Om de gegevens van het gesneden product met die van de drie daaraan voorafgaande dagen te kunnen vergelijken is bij de totaalopbrengst van de eerste vlucht 13% opgeteld. Dit is het aandeel van de voetjes.

Ter beoordeling van de doorgesneden champignons op intern vocht, was gebruik gemaakt van referentiefoto's van champignons met verschillende hoeveelheden intern vocht. Met behulp van deze foto's werd de aanwezigheid van intern vocht beoordeeld van de champignons. Ook het ontwikkelingsstadium van de champignons werd vastgesteld aan de hand van referentiefoto's.

De verkregen groeieresultaten en kwaliteitskenmerken werden door PPO gerelateerd aan de gegevens van WVC zoals die door C point vanaf vijf dagen voor snijden tot het moment van snijden werden vastgesteld.

De monsternamen van de champignons werd circa vier uur na de laatste sproeibeurt uitgevoerd, zodat droge exemplaren geplukt en beoordeeld werden. De champignons werden direct na de monsternamen beoordeeld. In vier van de 20 teelten werd niet op maandag maar op dinsdag gesneden. In de teelten 3, 4 en 11 was dit veroorzaakt doordat de eerste vlucht zich traag ontwikkelde. Teelt 10 werd een dag later dan normaal afgeventileerd. De bemonstering gedurende 3 dagen voor het mechanisch oogsten werd overeenkomstig een etmaal opgeschoven.

In tabellen en grafieken zijn de bemonsteringsmomenten uitgedrukt met -3, -2, -1 en 0. Dit betekent respectievelijk 3, 2 en 1 dag vóór het moment van snijden op dag 0. Gemakshalve zijn dit de dagen vrijdag t/m maandag. De productiegegevens van champignons, WVC en sproeihoeveelheden zijn uitgedrukt per 100 kg doorgroeide compost.

3.3 Statistische analyse

De champignonproductie en kwaliteitskenmerken van 20 teelten vertoonden onderlinge verschillen. Dit is geïllustreerd door een berekening van het gemiddelde met bijbehorende standaarddeviatie (programma Excel).

Er werden 10 teelten in het voorjaar en 10 teelten in het najaar uitgevoerd. Beide groepen teelten hebben gegevens opgeleverd, die met een t-toets met elkaar zijn vergeleken. Hiervoor is het programma Origin gebruikt.

De groeisnelheid van de champignons op de bedden is m.b.v. Excel uitgedrukt in een groeifactor. Dit is het quotiënt van de productie op dag x en dag $x-1$. Deze groeifactor geeft op eenvoudige wijze een indruk van de groeisnelheid van de champignons. Het is bij PPO bekend dat het gewicht van champignons in de ontwikkeling tot aan het vliezen met een exponentiële snelheid toeneemt. Deze snelheid kan berekend worden uit alle gegevens over de hoeveelheden champignons op het teeltoppervlakte tot aan de oogstdag. Ze worden geïllustreerd in een figuur die in Origin gemaakt is.

Om te onderzoeken of parameters, die tijdens de 20 teelten verzameld zijn, onderling verbanden vertonen, zijn deze parameters in Excel in een correlatie-matrix geplaatst. De correlatie-coëfficiënt R toont het verband aan. In Origin zijn verbanden met een hoge correlatie middels lineaire regressie grafisch weergegeven en is de betrouwbaarheid van de regressie, de p -waarde, berekend. Indien $p \leq 0,05$ dan is er sprake van een betrouwbaar verband tussen twee parameters.

Fig. 1 Champignons 3, 2 en 1 dag vóór het snijden op hetzelfde plekje. De champignons zijn geteld, gewogen en op kwaliteit beoordeeld.



4 Resultaten

4.1 Groei en productie

De productie aan champignons en het aantal stuks per 100 kg compost vertoonden tussen de 10 voorjaarsteelten en de 10 najaarsteelten geen verschillen. Er waren ook geen verschillen aantoonbaar met betrekking tot de kwaliteit (Tabel 1).

Tussen de voor- en najaarsteelten waren slechts enkele teeltkundige verschillen aanwezig. In de voorjaarsteelten was tot de knopvorming op de dekaarde met minder sproeibeurten in totaal met minder water gesproeid. Bovendien was de luchttemperatuur tijdens de knopuitgroei 0,5 °C lager en was de RV 1% hoger.

Er werd voornamelijk sortering II-3-65 en II-3-80 gesneden. In de teelten 11, 12 en 17 was minder II-3-65 en meer II-3-100 gesneden. De champignons van teelt 17 waren te laat gesneden.

Tabel 1 Opbrengst- en kwaliteitsgegevens van vlucht 1 van de 10 voorjaars- en 10 najaarsteelten.

proef	opbrengst		kwaliteit gesneden product			
	kg/100 kg	aantal/100 kg	stuksgew g	droge stof %	sortering grootte *)	intern vocht *)
voorjaarsteelten						
1	31.9	1539	21	7.1	83	2.1
2	29.0	1202	24	6.6	75	2.1
3	23.2	657	35	6.8	80	1.5
4	27.9	991	28	6.6	79	2.0
5	31.9	1075	30	6.8	83	2.0
6	31.9	1464	22	6.5	80	1.5
7	27.2	1012	27	6.6	70	1.9
8	30.8	832	37	6.9	79	2.0
9	27.7	953	29	7.2	67	1.9
10	28.1	1110	25	6.7	69	1.7
gem	29.0	1084	28	6.8	76	1.9
najaarsteelten						
11	24.4	700	35	7.2	86	1.2
12	33.6	1004	33	6.8	87	1.6
13	28.0	882	32	6.7	78	1.6
14	29.9	1147	26	6.6	79	1.5
15	31.5	1398	23	6.9	82	1.8
16	32.3	1150	28	6.6	75	2.0
17	36.1	1502	24	6.1	97	2.4
18	27.6	1097	25	6.9	68	1.6
19	29.0	1066	27	6.5	79	1.8
20	27.7	1401	20	6.6	63	1.9
gem	30.0	1135	27	6.7	79	1.7

*) sortering: veel II-3-65 (laag cijfer) of veel II-3-100 (hoog cijfer)
intern vocht: 1 = geen i.v., 3 = veel i.v.

De groeifactoren van vrijdag naar zaterdag en van zaterdag naar zondag waren gemiddeld genomen vrijwel gelijk (Tabel 2). Daarna nam de groei af.

Deze groeifactoren zijn relatieve en geen absolute (kg) waarden. Een groeifactor van 2.6 betekent dat de biomassa van champignons op de bedden op zondag 2.6 keer hoger is dan de biomassa op zaterdag. Dat de relatieve waarden ongeveer gelijk waren betekent dat er constante relatieve groeisnelheden waren en dat er sprake was van exponentiële groei. Voorbeeld: als er gisteren 1 kg/m² aan champignons op het bed stond en de groeifactor 2 is, dan staat er vandaag 2 kg/m², morgen 4 kg/m² en overmorgen 8 kg/m². Uitgezet in een grafiek levert dit een kromme op met een exponentiële functie.

Het fitten van exponentiële functies door de gegevens levert een exponentiële groeisnelheid op (Tabel 2). Deze snelheid is goed gecorreleerd met de groeifactoren, zoals te verwachten valt. De exponentiële groeisnelheden tonen aan dat de groei in zes teelten, waaronder teelten 3 en 4, traag was. In vijf andere teelten was de uitgroei snel. De langzaamste teelten lagen in het najaar en de snelste teelten in het voorjaar.

Tabel 2 Kengetallen van groei en WVC tijdens de ontwikkeling van vlucht 1 van de 10 voorjaars- en 10 najaarsteelten.

proef	groei en opbrengst				WVC en temperatuur dag -5 tot dag 0				
	groeifactor		expon groei-snelheid	kg opbrengst vrijdag	warmte kW	vocht kg	CO2 kg	temperatuur (grC)	
	vrijd-zat	zat-zon							lucht
voorjaarsteelten									
1		2.62	0.97		5.6	7.9	1.9	20.2	24.6
2		3.09	1.18		4.6	6.9	1.9	19.9	23.6
3	2.02	2.03	0.74	5.9	6.6	12.5	1.7	19.7	21.7
4	2.09	2.36	0.82	5.2	3.0	6.6	1.7	19.6	22.1
5	3.35	2.03	0.96	4.0	5.9	9.6	1.7	19.8	23.8
6	2.95	2.04	0.89	4.3	4.6	6.5	1.9	19.9	24.0
7	2.92	2.27	0.97	2.3	3.5	5.9	1.7	20.0	23.7
8	3.08	2.61	1.10	3.2	5.7	11.6	1.5	20.1	22.1
9	2.95	2.81	1.08	2.1	4.3	8.3	2.2	20.1	23.0
10	2.91	2.74	1.07	3.1	5.5	9.1	1.3	20.0	22.9
gem	2.78	2.46	0.98	3.8	4.9	8.5	1.8	19.9	23.2
najaarsteelten									
11	3.03	3.33	1.19	1.0	3.9	8.2	1.5	21.1	23.1
12	2.23	2.31	0.83	5.3	6.0	9.0	1.7	19.5	23.9
13	2.75	2.40	0.95	3.3	6.7	10.7	1.5	18.8	23.2
14	2.56	2.41	0.92	3.9	7.2	11.8	1.7	19.2	23.3
15	2.05	2.59	0.83	4.0	5.7	7.9	1.9	19.6	23.4
16	2.51	2.66	0.96	4.2	6.2	9.0	1.9	19.4	23.8
17	2.40	2.27	0.86	5.7	4.5	7.4	1.5	18.8	22.5
18	2.66	2.54	0.95	2.4	5.4	10.6	1.6	19.4	22.7
19	2.25	2.42	0.84	4.4	6.2	10.0	1.5	19.0	23.0
20	2.54	2.83	0.99	2.8	5.2	8.3	1.6	19.5	22.9
gem	2.50	2.58	0.93	3.7	5.7	9.3	1.6	19.4	23.2

De absolute gewichtstoename van de champignons op de bedden vanaf vrijdag (dag -3) t/m snijden op maandag vertoonde een S-vormige curve (Fig. 2). De laatste drie dagen voor het snijden trad dagelijks een meer dan verdubbeling van het gewicht op aan champignons. De niveau's van productie vertoonden tussen de proeven grote verschillen. De bovenste grafiek in figuur 2 toont het gemiddelde verloop van de 20 proeven. Proef 16, de middelste grafiek in figuur 2, is een voorbeeld van een hoge opbrengst. Proef 7, de onderste grafiek in figuur 2, toont een lage productie.

Uit de in teelten 15 en 18 dagelijks genomen digitale opnames van uitgroeïende knoppen, zijn dezelfde groeicurve afgeleid als uit de producties.

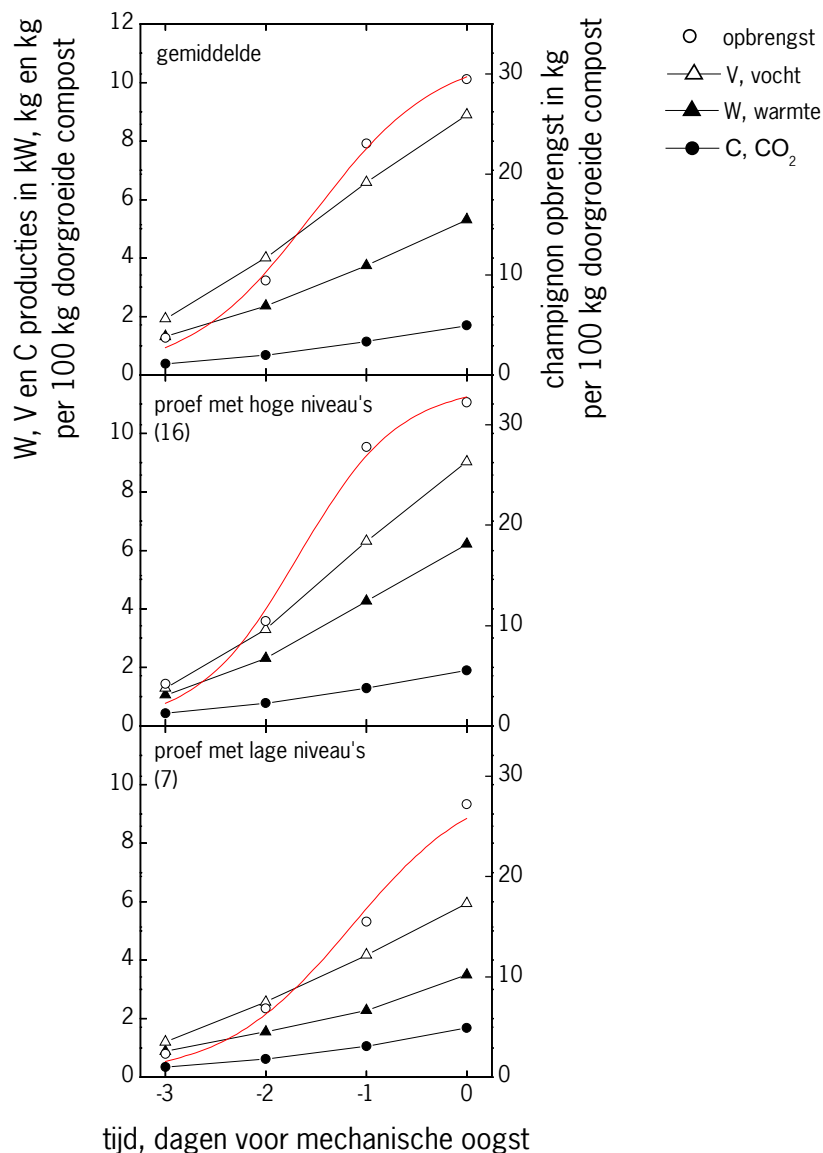


Fig. 2 Champignonproductie en producties van warmte, vocht en CO₂ gedurende 3 dagen voor de mechanische oogst van vlucht 1; gemiddelde, proef met hoge en proef met lage productieniveau's.

4.2 Warmte-, vocht- en CO₂-productie

Uit de cijfers blijkt dat de warmteproductie met de vochtproductie gecorreleerd is. Warmte- en vochtproductie hebben geen verband met de CO₂-productie.

Evenals van de champignonroei zijn er gelijkmatig verlopende curves te maken van de warmte-, vocht- en CO₂-productie gedurende de laatste dagen vóór de mechanische oogst van de eerste vlucht (Fig 2). De absolute toename van warmte-, vocht- en CO₂-productie is in tegenstelling tot de opbrengst, gedurende de laatste dagen voor het snijden vrijwel constant. De grafieken van figuur 2 vertonen de grootste verschillen in de producties tussen de proeven. Gemiddeld is gedurende de laatste vijf dagen vóór de mechanische oogst van de eerste vlucht 5 kW warmte, 9 kg vocht en 2 kg CO₂ per 100 kg doorgroeide compost geproduceerd. De 10 voorjaars- en 10 najaarsteelten vertonen daarin geen verschillen.

4.3 Kwaliteit champignon

Opvallend is dat van de 10 voorjaarsteelten slechts twee teelten (3 en 6) een eerste vlucht met weinig intern vocht hebben geproduceerd: minimaal 60% van de productie is zonder intern vocht (Fig. 3). In het najaar is dat alleen teelt 11.

Tussen de voorjaars- en najaarsteelten zijn er geen verschillen betreffende de aanwezigheid van intern vocht in de mechanisch gesneden champignons. Dit is opvallend omdat verwacht werd dat gedurende de najaarsperiode veel problemen met intern vocht zouden voorkomen. Daags voor het snijden is in de champignons van vijf najaarsteelten wel meer intern vocht zichtbaar (dag -1 in Fig. 4). Maar gedurende de laatste 24 uur voor het snijden treedt echter verbetering op.

De metingen in deze vijf teelten van temperatuur van cellucht en compost, RV en CO₂-concentratie wijken niet af van de andere teelten.

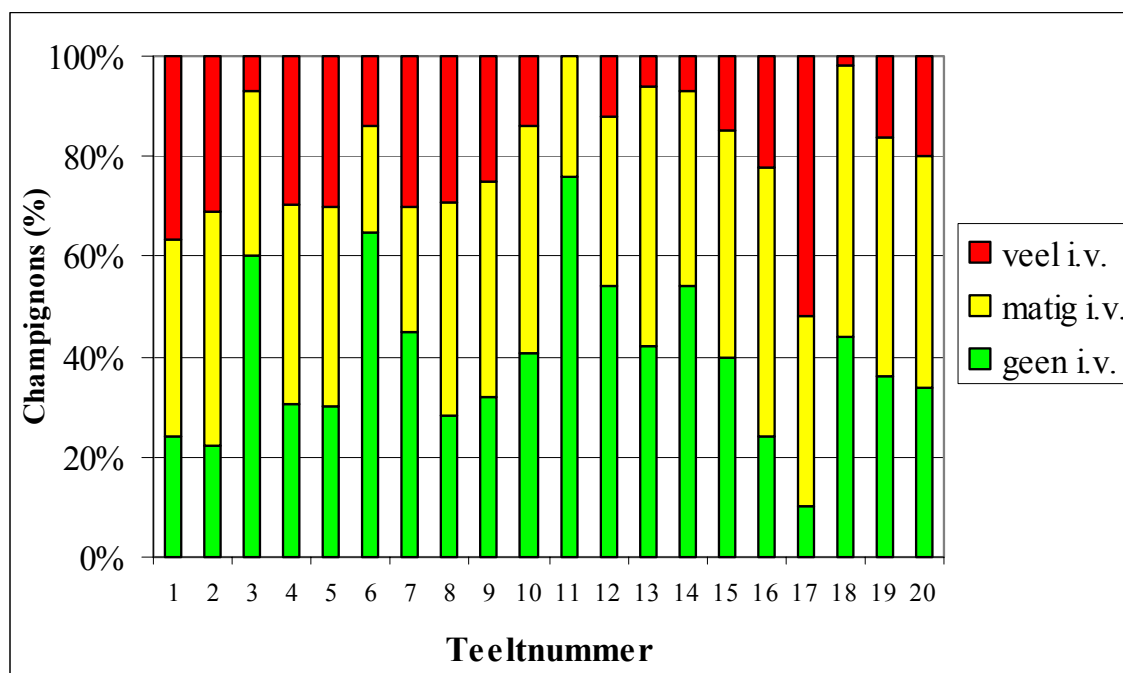


Fig. 3 Intern vocht in mechanisch geoogste champignons van vlucht 1 van 20 teelten.

Het droge stofgehalte van de mechanisch gesneden champignons is hoger als minder intern vocht aanwezig is. Dit effect is in de eerste tien teelten sterker ($p = 0,034$) dan in de teelten 11 t/m 20 (Fig. 4). In de champignons met veel intern vocht is het droge stofgehalte gemiddeld 6,6% en in champignons zonder intern vocht 6,9%. Sortering en champignonproductie hebben weinig invloed op het droge stofgehalte.

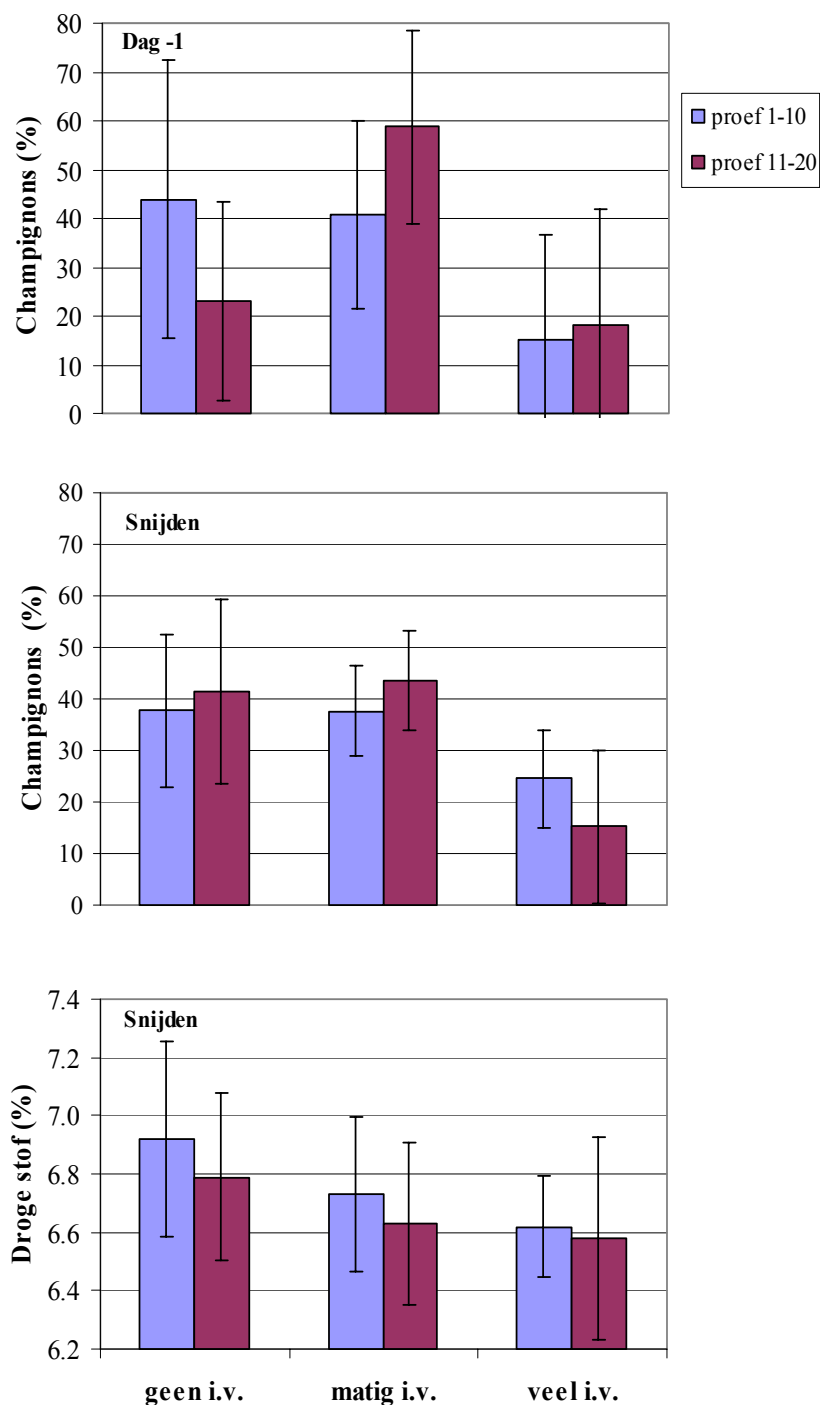


Fig. 4 Intern vocht van champignons op 1 dag voor het snijden en van gesneden champignons en het droge stofgehalte van gesneden champignons. De verticale lijnen geven de standaarddeviatie aan.

4.4 Relatie groeiparameters en WVC-productie

Uit de studie van de verzamelde cijfers volgt, dat als de periode vanaf vullen tot 5 dagen voor het snijden van de eerste vlucht gekenmerkt was door activiteit, dat wil zeggen veel warmte- en vochtproductie, de vlucht snel kwam (Fig. 5). De grafieken in deze figuur tonen bij meer activiteit een hogere opbrengst 3 dagen voor de mechanische oogst. De CO₂-productie vertoont geen verband hiermee.

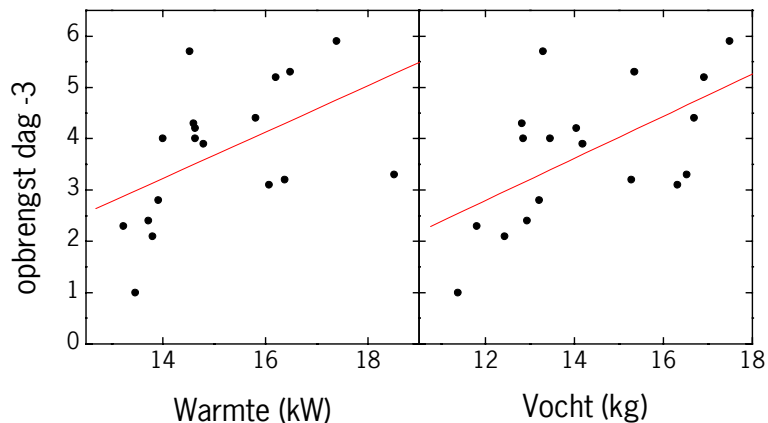


Fig. 5 Warmte en vochtproductie vanaf vullen tot 5 dagen voor snijden en de opbrengst 3 dagen voor het snijden (cijfers per 100 kg doorgroeide compost). P= 0,035 (grafiek links) en 0,011 (grafiek rechts).

Verder blijkt uit de cijfers dat een snelle opkomst van de eerste vlucht gerelateerd is met een lagere luchttemperatuur gedurende de laatste dagen voor de mechanische oogst (Fig. 6). Dit wordt door de kweker ingesteld om te voorkomen dat de champignons bij het snijden te ver ontwikkeld zijn.

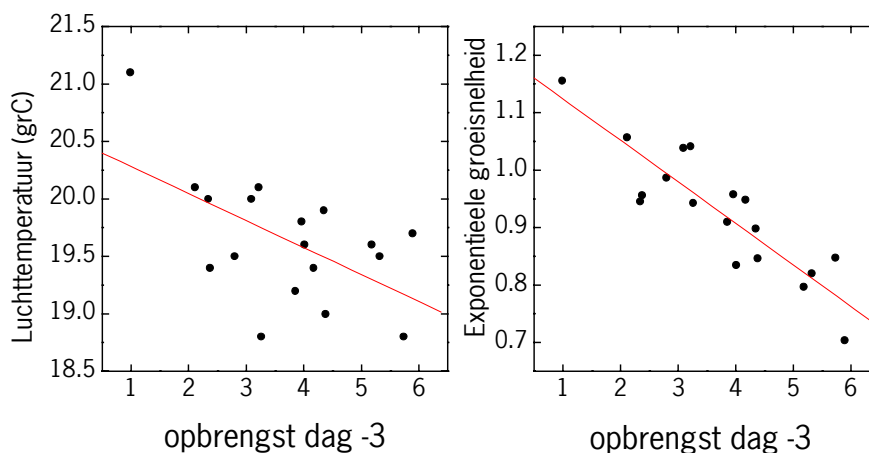


Fig. 6 Opbrengst 3 dagen voor het snijden, celluchttemperatuur en groeisnelheid van de knoppen gedurende de laatste 3 dagen voor het snijden. P= 0,013 (grafiek links) en <0,0001 (grafiek rechts).

Uit de groeimetingen komt naar voren dat de knoppen bij een lagere temperatuur van de cellucht trager uitgroeien (Fig. 6). De groei van de knoppen hangt dus samen met de luchttemperatuur. De composttemperatuur heeft hierop geen invloed.

De totale WVC-productie vanaf vullen met doorgroeide compost tot 5 dagen voor het snijden van de eerste vlucht vertoont geen samenhang met de productie van mechanisch geoogste champignons van deze vlucht. Dit geldt ook voor de totale WVC-productie gedurende de uitgroefase van de knoppen van de eerste vlucht. Ook de snelheid waarmee de knoppen uitgroeien heeft geen verband met de snelheid waarmee WVC gedurende dezelfde periode geproduceerd wordt. De producties van warmte en vocht zijn onderling gecorreleerd en hebben geen verband met de CO₂-productie.

Verder blijkt uit de gegevens dat een hoge opbrengst verkregen wordt bij hoge aantallen knoppen op de bedden en dat een hoge opbrengst gepaard gaat met hogere composttemperaturen gedurende de uitgroei.

4.5 Relaties met kwaliteit

De aanwezigheid van intern vocht in de mechanisch geoogste champignons is afhankelijk van de productie aan champignons (Fig 7). Een grotere productie heeft meer intern vocht in de champignons tot gevolg ($p=0,022$).

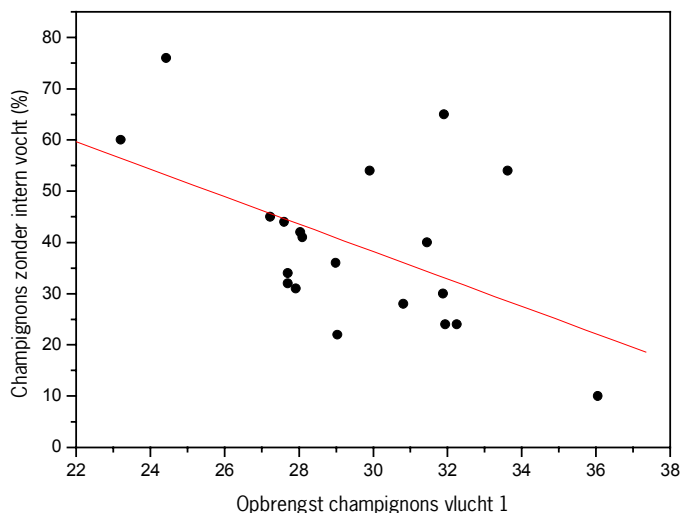


Fig. 7 Opbrengst van vlucht 1 (kg per 100 kg compost) en champignons zonder intern vocht (%). $P= 0,022$.

Hoe hoger de exponentiële groeisnelheid tijdens de laatste dagen voor het snijden van de eerste vlucht, des te minder champignons zonder intern vocht ofwel des te slechter de interne kwaliteit (Fig. 8). De spreiding is echter groot, waardoor het verband gering is. Teelt 11 en 17 zijn daarvan een voorbeeld. De champignons van teelt 11 hebben opvallend weinig intern vocht. In deze teelt ontwikkelden de knoppen van de eerste vlucht zich langzaam. Om dat te versnellen werd de luchttemperatuur flink omhoog gestuurd. In teelt 17 rijpten de champignons van de eerste vlucht opvallend snel af, waardoor te laat gesneden werd.

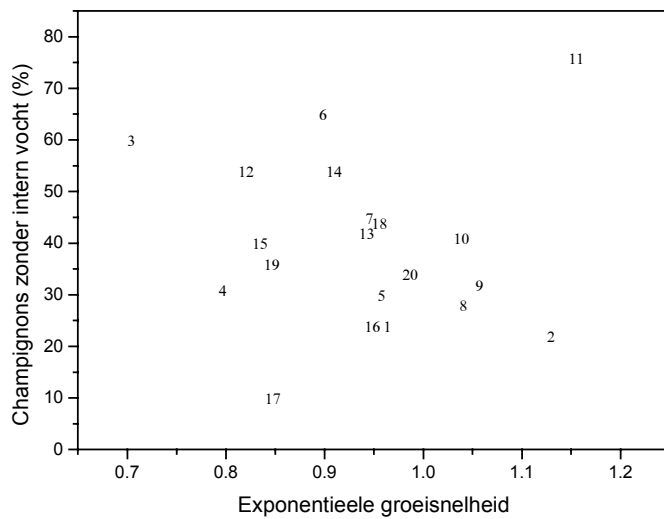


Fig. 8 Groeisnelheid van de knoppen gedurende de laatste 3 dagen voor het snijden van vlucht 1 en champignons zonder intern vocht (%). De cijfers in de figuur zijn de proefnummers. $P = 0,806$.

Gedurende de laatste vijf dagen voor het snijden is 6 tot 12 kg water per 100 kg doorgroeide compost geproduceerd. Uit de getallen van het WVC-systeem blijkt dat de hoeveelheid water die afgevoerd wordt lager is bij grotere aantallen champignons op de bedden (Fig. 9). Dit verband is betrouwbaar ($p = 0,028$).

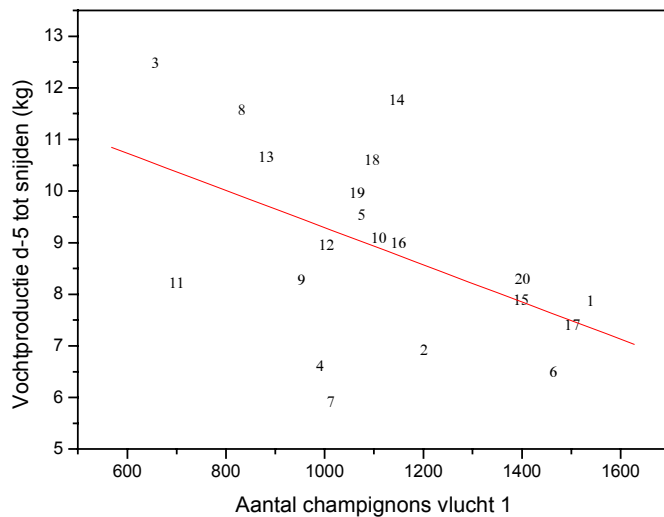


Fig. 9 Aantal champignons op het bed (vlucht 1) en vochtproductie gedurende de laatste 5 dagen voor het snijden. $P = 0,028$.

Tijdens de uitgroei van knoppen stijgt de composttemperatuur. Hoe groter de aantallen champignons op de bedden, des te hoger loopt de composttemperatuur op (Fig. 10). Dit verband is betrouwbaar ($p = 0,028$). Door de klimaatregeling wordt deze activiteit afgevoerd. Uit de cijfers blijkt dat de afgevoerde hoeveelheid warmte enigzins toeneemt bij een groter aantal uitgroeiende champignons op de bedden.

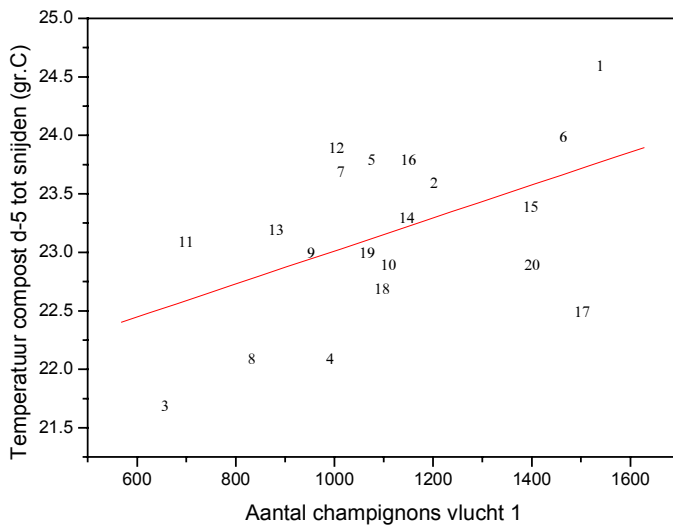


Fig. 10 Aantal champignons op het bed (vlucht 1) en temperatuur van de compost gedurende de laatste 5 dagen voor het snijden. $P=0,028$.

Uit de cijfers blijkt verder dat de gesneden champignons van de eerste vlucht meer last hebben van intern vocht als veel exemplaren zijn uitgegroeid (Fig. 11). Dit verband is gering ($p=0,056$) maar geeft wel genoemde tendens aan. Met name het resultaat van teelt 6 is opvallend. Er zijn veel stuks gevormd.

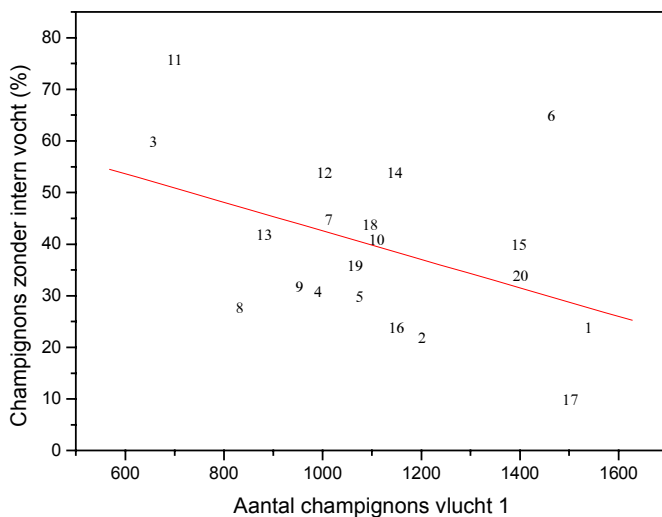


Fig. 11 Aantal champignons op het bed (stuks) en intern vocht in de champignons van vlucht 1. $P=0,056$.

Andere aspecten zoals watergiften tot het afventileren, sortering van de gesneden champignons hebben geen verband met de kwaliteit van de champignons. Wel is er de tendens dat meer watergiften tijdens de uitgroei van de eerste vlucht, de mate van intern vocht bevordert. En een hoge productie aan champignons tendeert naar een lager droge stofgehalte.

5. Discussie

In de 20 teelten zijn verschillen geregistreerd in groeisnelheid, in productie van champignons en kwaliteit. Er zijn zowel slechte als goede teeltresultaten behaald. Tegen de verwachting zijn in het najaar t.o.v. het voorjaar van 2002 veel teelten met een hoge opbrengst en champignons zonder intern vocht geweest.

Uit het onderzoek naar de relatie tussen de groei, productie en kwaliteit van de vruchtlichamen van de champignon en de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in de cel vallen een aantal zaken op. Resultaten van de analyse tonen aan dat bij een hoge WVC-productie vanaf vullen met doorgroeide compost tot 5 dagen voor het snijden van de eerste vlucht, de knoppen sneller komen. De totale WVC-productie in deze periode hangt echter niet samen met de productie van mechanisch geoogste champignons. Dit geldt ook voor de totale WVC-productie gedurende de uitgroefase van de knoppen van de eerste vlucht. Tijdens het uitgroeien van de knoppen neemt de afgifte van warmte, vocht en CO₂ toe. Echter de snelheid waarmee de knoppen uitgroeien vertoont geen verband met de snelheid waarmee WVC-producties gedurende dezelfde periode toenemen. De producties van warmte en vocht zijn wel onderling gecorreleerd, maar hebben geen verband met de CO₂-productie.

Dit zijn opmerkelijke resultaten omdat bekend is dat voor de productie van champignons organische stof uit de compost wordt omgezet, hetgeen resulteert in bekende hoeveelheden warmte en CO₂ (Amsing, 1987; Dreve et al., 2003; Straatsma et al., 2000; Versleijen, 1990). Vooral tijdens de knopuitgroei tot en met de oogst van de champignons is er veel afbraak van organische stof. Om warmte en CO₂ af te voeren, wordt de cellucht door de klimaatinstallatie flink gekoeld en wordt er veel ververst.

Uit de meetgegevens van het WVC-systeem komt naar voren dat als er veel knoppen uitgroeien, de afvoer van vocht enigszins stagneert. Deze relatie is mogelijk van belang omdat uit het onderzoek blijkt dat de champignons van een vlucht, die uit veel knoppen bestaat, meer intern vocht bevatten. Met veel knoppen op de bedden groeien de ruimtes ertussen sneller dicht, waardoor de verdamping waarschijnlijk belemmerd wordt. Uit het onderzoek volgt ook dat tijdens de uitgroei van veel knoppen de composttemperatuur hoger oploopt. Een hogere composttemperatuur zal naar verwachting voor meer stuwning van water vanuit het substraat zorgen. Het is in een dergelijke situatie waarschijnlijk van nog groter belang dat voldoende water vanaf de champignons verdampt en uit de cel wordt afgevoerd. En dat is juist moeilijk met de huidige technieken.

De voorspellende waarde door monitoring van warmte, vocht en CO₂ voor groei en kwaliteit is aanwezig maar beperkt. Het systeem biedt de mogelijkheid tot voorspelling van de groei en kwaliteit van de champignons over één of meerdere weken. De informatie uit het systeem geeft geen indicatie van de groei en kwaliteit van de champignons de volgende of daarop volgende dagen. Nadere studie van de primaire meetwaarden zou mogelijk tot een goede voorspelling kunnen leiden. Ook is van belang de technische onderdelen en rekenkundige aspecten van het WVC-meetsysteem nader te beschouwen. Dit moet ertoe leiden dat de primaire en afgeleide gegevens van een hogere kwaliteit zijn.

Verdere analyse van de gegevens toont dat de luchttemperatuur en niet de composttemperatuur met de groeisnelheid van de champignons gekoppeld is. Met een grote groeisnelheid is er eerder kans op intern vocht. Ook grotere watergiften tijdens de uitgroei van de vlucht bevorderen intern vocht. En een hoge productie aan champignons tendert naar een lager droge stofgehalte. Dit zijn waarnemingen die min of meer bekend zijn (Amsing et al., 2002; Straatsma, 2002).

6. Conclusies

Uit dit onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- Het WVC-systeem is geschikt voor een goede inschatting van de snelheid waarmee de knoppen op de bedden komen te staan.
- De interne kwaliteit van champignons kan met het WVC-systeem beter worden bewaakt.
- Het WVC-systeem geeft geen indruk van de snelheid waarmee knoppen uitgroeien.
- Het WVC-systeem is op dit moment nog geen geschikt instrument om de grootte van de productie te voorspellen.
- Warmte- en vochtproductie zijn aan elkaar gecorreleerd; beiden zijn dat niet met de CO₂-productie.
- Met fotografische opnames kan de snelheid waarmee knoppen uitgroeien nauwkeurig worden geregistreerd.

7. Suggesties voor verder onderzoek

Is het mogelijk in de primaire meetwaarden van het WVC-systeem verbanden te vinden met groei, productie en kwaliteit?

Het onderzoek heeft aangetoond dat de voorspellende waarde door monitoring van warmte, vocht en CO₂ voor groei en kwaliteit beperkt is. Het systeem geeft een indruk van de activiteit in het substraat en biedt de mogelijkheid tot voorspelling van de kwaliteit van de champignons op lange termijn, niet voor de volgende dag. In het onderzoek zijn geaccumuleerde waarden van warmte, vocht en CO₂ betrokken. Het is mogelijk dat actuele waarden van warmte, vocht en CO₂ de teler beter informeren over de groei, de productie en kwaliteit van de champignons van morgen.

Bieden andere gemeten parameters van het WVC-systeem de teler informatie over de groei, de productie en kwaliteit van de champignons?

De in dit onderzoek betrokken W, V en CO₂ zijn geen direct gemeten parameters, maar worden berekend uit achterliggende meetgegevens van droge en natte bol, van CO₂-concentratie, debieten van luchtstromingen, input van koeling en warmte. Het is mogelijk dat deze gegevens de teler beter informeren over de groei, de productie en kwaliteit van de champignons.

Kan een richtlijn voor de vochtproductie worden ontwikkeld om intern vocht te voorkomen, en kan de vochtproductie met het WVC-systeem worden bewaakt?

Uit het onderzoek komt naar voren dat bij veel uitgroeiende knoppen, de afvoer van vocht enigszins stagneert. De champignons hebben meer intern vocht. Met veel knoppen op de bedden groeien de ruimtes tussen de knoppen sneller dicht. De verdamping wordt dan waarschijnlijk eerder belemmerd. Als dat zo is dan is een richtlijn voor vochtproductie te ontwikkelen.

Kan een digitale camera, continu gekoppeld aan een (WVC-)klimaatcomputer, een instrument zijn om de groei, productie en kwaliteit van champignons te bewaken en te optimaliseren?

Uit onderzoek blijkt dat als knoppen snel gegroeid zijn en de productie hoog is, de champignons meer last hebben van intern vocht. Uit eenvoudige fotografische opnames zijn groei en productie snel te bepalen. Mogelijk kunnen digitale opnames automatisch op de klimaatcomputer verwerkt worden. Uit deze beelden kunnen primaire gegevens worden afgeleid, zoals aantal en diameter van de knoppen, ruimten tussen de knoppen en kan de productie d.m.v. een model eenvoudig worden berekend. Een digitale camera is mogelijk ook interessant om de teler vroegtijdig te informeren over ziektes die ontstaan.

Kan een infrarood camera, continu gekoppeld aan een (WVC-)klimaatcomputer, een instrument zijn om de groei, productie en kwaliteit van champignons te bewaken en te optimaliseren?

Een goede verdamping van water vanaf een zich ontwikkelende champignon is belangrijk voor de groei, productie en kwaliteit ervan. Voor verdamping wordt warmte aan de hoed onttrokken. Waarschijnlijk is de hoedtemperatuur een maat voor de verdamping. Mocht dit zo zijn dan is de verdamping ook middels de temperatuur van de hoed te sturen en kan een richtlijn voor de hoedtemperatuur ontwikkeld worden.

8. Geraadpleegde literatuur

- Amsing, J.G.M. (1987). Koolzuurmetingen vanaf het afdekken tot en met de oogst van *Agaricus bisporus*. Effecten van een afgesloten champignonbed. De Champignoncultuur 31(8), 391-407.
- Amsing, J.G.M. en P.J. van Erp (2002). Intern vocht. Publicatienummer 2002-8 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Amsing, J.G.M. (2002). Relatie tussen de kwaliteit van grondstoffen en het optreden van bruinverkleuring bij champignons. Publicatienummer 2002-24 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Dreve, R. en G. Straatsma (2003). Teeltsturing, puntjes op de i. Paddestoelen 16 (47), 6-7.
- Hermans, C.W.J. (2002). Houdbaarheid als concurrentiemiddel. Fase 1: Inventarisatie verkleuring. Rapport Advisie, 26 p.
- Straatsma, G., J. P.G. Gerrits, J.T.N.M. Thissen, J.G.M. Amsing, H. Loeffen en L.J.L.D. van Griensven (2000). Adjustment of the composting process for mushroom cultivation based on initial substrate composition. Bioresource Technology 72, 67-74
- Straatsma, G. (2002). Intern vocht: achtergronden over groei, transport en verdamping. Paddestoelen 7 (20), 14-15.
- Van Gils, J.J (1989). Schade door bacterievlekken elk jaar aanzienlijk. De Champignoncultuur 33(7), 379-381.
- Versleijen, J. (1990). De droge stofafbraak tijdens de teelt van champignons. Proefstation voor de Champignoncultuur. Stageverslag.