



Computerbeeldanalyse van vroege knopvorming voor monitor en bijsturing van knopvorming

Gerben Straatsma, Peter van Loon, Gerie van der Heijden

© 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.



Project no. 32 620 221 00

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
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Inleiding	2
<i>Algemene probleemstelling</i>	2
<i>Eerste stap</i>	2
<i>Vorbereiding op tweede stap</i>	2
<i>De tweede stap</i>	3
Materiaal en Methoden	4
<i>Fotografische opnamen</i>	4
<i>Analyse</i>	4
Resultaten	5
<i>Ontwikkeling</i>	5
<i>Spreiding van vlucht in tijd</i>	6
<i>Uitgroeisnelheid</i>	6
<i>Tijdstip om bij te sturen</i>	7
Conclusies	9

Samenvatting

In een voorgaand project is de eerste stap gezet naar de ontwikkeling van een monitor om de knopvorming te helpen beheersen. Voortzetting werd belangrijk gevonden. Waarnemingen op verschillende teeltbedrijven en een automatische beeldverwerking zouden centraal dienen te staan; de technische uitvoering van een complete monitor secundair.

De verwachtingen op het gebied van geautomatiseerde beeldverwerking werden besproken met beeldanalyse-specialisten. Zij gaven uitdrukkelijk aan dat inbreng van een expert niet overgeslagen kan worden. Automatische beeldanalyse kan alleen door de inbreng van een expert 'leren' wat de relevante kenmerken in beelden zijn, om daarmee vervolgens te kunnen voorspellen hoe de vluchtontwikkeling zal zijn.

Er werden vier series fotografische opnamen gemaakt, twee eerste vluchten bij een snijbedrijf en twee eerste vluchten bij een handoogstbedrijf. De opnamen werden tot vier videoclips verwerkt, bekeken en beschreven. Van individuele champignons werd halfautomatisch de uitgroei gemeten.

Opnamen met een frequentie van een per 4 uur brachten de dynamische ontwikkelingen goed in beeld. Er konden vier stadia onderscheiden worden in de ontwikkeling vanaf het afventileren tot aan de uitgroei van de vlucht. Dit is een belangrijke verbetering van het inzicht in knopvorming en uitgroei.

Veel knoppen/champignons ontwikkelden zich uit primordia (vlak) onder het dekaarde oppervlak. Dit maakt het direct kwantificeren van het aantal champignons in een vroeg stadium onmogelijk.

De uitgroei van champignons verliep tot aan een diameter van 10 mm bijzonder snel, sneller dan daarna; dit was tot nu toe onbekend.

Inleiding

Algemene probleemstelling

Planning en realisatie van de oogst van champignons van gewenste kwaliteit lopen te vaak uit elkaar. De teler moet op basis van beoordelingen en aanpassingen in de teeltwijze een optimale opbrengst op het juiste moment zien te halen. Problemen uiteten zich bij de uitgroei van de vluchten: er zijn te veel of juist te weinig champignons, er is een grote onregelmatigheid in de verdeling over het teeltbed en in het tijdsverloop van de vlucht. Het terugdringen van de variaties in opbrengst en kwaliteit kan leiden tot een enorme financiële verbetering.

Eerste stap

In een eerder onderzoek van PPO zijn dagelijks fotografische opnamen gemaakt van verschillende behandelingen in een proefteelt in de kwekerij van PPO. Dit is gedaan om de eerste stap te zetten naar de ontwikkeling van een monitoringsysteem om de knopvorming te helpen beheersen. De opnames werden handmatig geanalyseerd. De analyse gaf aan dat er onderscheid gemaakt kan worden tussen 'primordia' en 'knoppen'. Als primordia een grootte van 2 tot 4 mm in doorsnede hebben bereikt ontwikkelen ze zich verder tot knoppen. Van betekenis voor een voorspelling van de vluchtontwikkeling, bij een gegeven teeltwijze, is verder de relatie tussen de volledigheid van de dekaarde kolonisatie op het moment van afventileren en het tijdstip waarop de eerste vlucht oogstrijp is (Straatsma 2005).

Vorbereiding op tweede stap

De begeleidingscommissie bij het eerdere onderzoek gaf aan voortzetting belangrijk te vinden waarbij waarnemingen op verschillende teeltbedrijven en een automatische beeldverwerking centraal zouden dienen te staan. De technische uitvoering van een complete monitor zou secundair zijn. Gesteld werd dat een eenvoudig 'prototype' van een monitor zou kunnen bestaan uit een apparaat dat opnamen op bedrijven maakt die elders, bijvoorbeeld bij PPO-Paddenstoelen, waar de opnamen elektronisch binnenkomen, met bestaande programmatuur uitgewerkt worden. Er werd een parallel gezien met het verkrijgen van spectrumgegevens van compost met een NIR-apparaat die automatisch verwerkt worden en gecorreleerd met werkelijke samenstellingsgegevens. Het gestelde prototype van een monitor zou voor de praktijk direct betekenis kunnen hebben gezien de grote financiële belangen die verbonden zijn met productie van champignons van gewenste kwaliteit op het juiste moment.

De verwachtingen op het gebied van geautomatiseerde beeldverwerking zoals boven geformuleerd zijn besproken met een beeldanalyse-specialist bij PRI-Greenvision, Wageningen, en met een zelfstandig ontwikkelaar die verbonden is geweest aan TNO. Overduidelijk bestaat er geen kant en klare oplossing voor de automatische analyse van een enkele beeldopname in de tijd. Uitgangspunt van beeldspecialisten is dat automatische beeldanalyse niet in staat is zonder nadrukkelijke inbreng van een expert te leren welke de relevante kenmerken in beelden zijn, in dit geval om vast te stellen hoe de vluchtontwikkeling zal zijn. Het is belangrijk dat er al een goede indruk bestaat wat de relevante informatie in het beeld is. Deze kennis van de expert moet dan vertaald worden naar computeralgoritmes. Gegeven de juiste algoritmes, is beeldanalyse bijzonder goed in het reproduceerbaar meten van kwantitatieve kenmerken. Het kan dan ook betere resultaten opleveren dan de mens bij het analyseren van kleine kwantitatieve verschillen. Automatische analyse is daarnaast objectief in vergelijking met een expert die deels subjectief zou kunnen beoordelen. Met geautomatiseerde beeldanalyse zijn alleen voorspellende waarnemingen te doen als al duidelijk is dat er een relatie bestaat tussen de waarneming en wat voorspeld moet worden.

De beeldanalisten hadden grote twijfel dat één enkele opname voldoende herkenbare informatie kan bevatten die geschikt is voor automatische analyse. Het verzamelen van meerdere opnamen in de tijd van hetzelfde teeltoppervlak lijkt hiervoor een alternatief. Door dergelijke opnamen goed met elkaar te

vergelijken, en dat kan automatisch, kunnen kleine groeiende primordia beter onderscheiden worden van mycelium en strengen. Precies deze informatie lijkt essentieel om de ontwikkeling van primordia in knoppen goed te kunnen voorspellen. Een volledig geautomatiseerd systeem zal uiteindelijk het complexe geheel van knopvorming en uitgroei snel kunnen beoordelen door verschillende typen waarnemingen en stukken kennis te combineren. Er zullen eenduidige kengetallen en adviezen door het systeem geleverd worden.

De tweede stap

Het is nog onbekend hoe informatie over kleine veranderingen in de tijd, in het overgangsstadium van primordia naar knoppen, het beste geanalyseerd kunnen worden. Het gaat hierbij om het aantal benodigde opnamen en de geschikte beeldopname en analysemethoden. Het is ook onbekend wat de precieze relatie is tussen de op die manier in beeld gebrachte groeiende primordia en knoppen en de uiteindelijke vluchtontwikkeling.

Doelstelling (uit de projectbeschrijving):

De doelen van het onderzoek voor de tweede stap zijn:

- 1) het verkrijgen van duidelijkheid over de eisen die aan de beeldopname gesteld worden om te komen tot bruikbare beeldinformatie
- 2) het vaststellen van de relatie tussen de in beeld gebrachte groeiende primordia en knoppen en de uiteindelijke vluchtontwikkeling
- 3) identificatie en fijnafstelling van beeldanalysemethoden
- 4) het realiseren van de doelen 1-3 met behulp van waarnemingen op praktijkbedrijven met verschillende teeltwijzen.

Het uiteindelijke doel is om een geautomatiseerde monitor voor de bijsturing van de knopvorming te realiseren.

Te verwachten resultaten (uit de projectbeschrijving):

- Een protocol voor de minimale eisen die aan beeldopnamen gesteld worden voor automatische analyse.
- De vaststelling van de relatie tussen in beelden zichtbaar gemaakte groeiende aantallen primordia en de uiteindelijke vluchtontwikkeling.
- Identificatie van in beginsel bruikbare software hulpmiddelen voor geautomatiseerde analyse van beelden van de vroege knopvorming.

Plan van aanpak (uit de projectbeschrijving):

De volgende stappen worden gezet:

- Dynamische beeldopnamen op praktijkbedrijven van de vroege knopvorming. Hiervoor is een vaste opstelling gedurende enkele dagen in een teeltcel nodig. Het verzamelen van beelden is voorlopig precisie werk dat door één daarvoor aangewezen persoon moet worden gedaan. Het verzamelen van beelden door meewerkende champignonkwekers is in dit stadium nog geen realistische optie.
- Uitwerking van dynamische beelden door PPO in overleg met beeldanalyse-specialist bij PRI-Greenvision (Wageningen) met (semi)-handmatige beeldanalyse technieken. Dynamische veranderingen in de beelden opsporen.
- Evaluatie met experts (praktijkkennis over beeld en uiterlijk van teeltbed en verder teeltverloop; formalisering van de kennis van PPO over primordia- en knopvorming en uitgroei).
- Oriëntatie op geschikte software hulpmiddelen (algoritmes) door beeldanalyse-specialist bij PRI-Greenvision voor volledig automatische beeldanalyse.

Materiaal en Methoden

Fotografische opnamen

Er werden vier series fotografische opnamen gemaakt, twee eerste vluchten bij een snijbedrijf, Vogelzang, en twee eerste vluchten bij een handoogstbedrijf, Franzmann. Belangrijk voor de opnamen is dat er een exact beeld zonder vertekening van het teeltoppervlak verkregen wordt. Technisch betekent dit dat er opnamen dienen te worden gemaakt waarbij lange brandpuntsafstanden kunnen worden ingesteld. De (verticale) afstand tussen het teeltoppervlak en de onderzijde van het bovenliggende teeltbed is onvoldoende. Voldoende afstand kan gemaakt worden met een spiegel die het beeld van het teeltoppervlak horizontaal naar een camera spiegelt (de camera zit in een vochtarme ruimte).

Fig 1. Opstelling voor het fotograferen.



Analyse

De fotografische opnames werden tot vier videoclips verwerkt die bekeken kunnen worden in Windows Media Player. Deze filmpjes werden meermaals bekeken om zoveel mogelijk details waar te nemen die beschreven werden.

Van een tijdsreeks werd een bijzondere videoclip gemaakt. De opeenvolgende beelden werden eerst in paren geanalyseerd om de overeenkomsten in de beelden weg te halen en juist de verschillen tussen de beelden over te houden. Deze 'verschil'-beelden werden tot een nieuwe clip verwerkt.

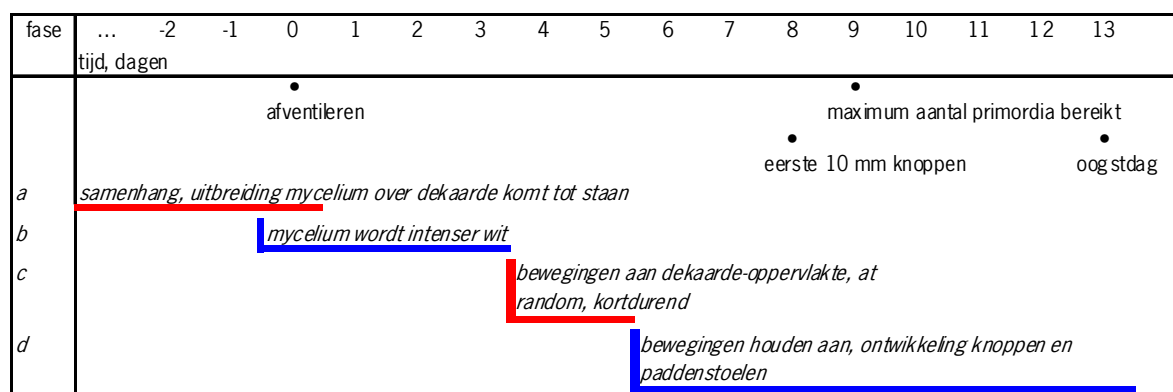
Individuele champignons in tijdsreeksen werden herkenbaar gemaakt door ze in de opnamen van een identiteitsnummer te voorzien. Van deze champignons werden in de verschillende opnamen de diameters gemeten. Dit gebeurde halfautomatisch met behulp van een computer: de hoedrand van een champignon op het door te meten beeld werd aan tegenoverliggende zijden aangeklikt met de muis en de computer berekende de afstand, de diameter, tussen te twee kliks en schreef de diameter naar een bestand. Dit bestand werd in Excel geopend waarna analyse in Excel, Genstat en Origin volgde.

Resultaten

Ontwikkeling

Op het moment van afventileren stopt de uitbreiding van het mycelium aan het oppervlak van de dekaarde. Daarna wordt het oppervlak waar mycelium aanwezig is telkens witter, de myceliumdichtheid neemt toe. Dat duurt tot 3 a 4 dagen na het begin van het afventileren. Vanaf dag 3 à 4 komen kleine stukjes van het dekaarde oppervlak tijdelijk in beweging. Dit moet veroorzaakt worden door gebeurtenissen vlak onder het dekaarde oppervlak. Overal lijken bewegingen te kunnen ontstaan onafhankelijk van elkaar. 6 à 7 dagen na het afventileren zetten de stukjes dekaarde die dan in beweging zijn hun ontwikkeling door en komen er knoppen en worden paddenstoelen gevormd. Op dag 8 zijn de eerste knoppen van 10 mm doorsnede te zien en op dag 13 valt de oogstdag voor het snijden. In een proefteelt in het voorgaande project werd de toename van het aantal primordia in de dekaarde geteld en bleek het aantal primordia een maximum aantal te bereiken 9 dagen na de start van het afventileren. Bovenstaande waarnemingen werden tot het ontwikkelingsschema van Fig 2 verwerkt.

Fig 2. Vier te onderscheiden ontwikkelingsstappen vanaf het afventileren tot de uitgroei van knoppen/champignons. Het schema geldt voor zowel handoogst- als snijteelten.



Het schema in Fig 2 gold voor de beide handoogst- en de beide snijteelten. Het verschil tussen de teeltwijzen is zichtbaar in de grootte van en het aantal plekken met en zonder mycelium aan het oppervlak van de dekaarde. Bij de snijteelten was het mycelium vrijwel overal en 'homogeen' aanwezig. In de handoogstteelten ontstond een mozaïek van plekken met en plekken zonder mycelium. Bij het bekijken van de videoclips was duidelijk zichtbaar dat de verschillen in knop-grootte, ontstaan door verschillen in tijdstip van aanvang van de groei, gehandhaafd bleven. In incidentele gevallen stopte de uitgroei van kleinere knoppen en champignons voortijdig.

Over de 'bewegingen aan het oppervlak' kon met de fotografische opnamen helaas geen verdere duidelijkheid verkregen worden. Te denken valt aan 'samentrekking' en primordiumvorming vlak onder het oppervlak. Uit vroeger onderzoek in Engeland (Flegg 1978) en bij het toenmalige Proefstation (Straatsma 2005) bleek dat er tienduizenden primordia per vierkante meter teeltoppervlak kunnen ontstaan. Deze zijn lang niet allemaal direct zichtbaar. De laatste ontwikkelingsfase van bewegingen die door blijven gaan en waarbij zich knoppen en champignons ontwikkelen maakt duidelijk dat uitgroei niet alleen te herleiden is tot primordia aan het oppervlak (zoals ook al werd vastgesteld in Straatsma 2005). Dit maakt het direct kwantificeren van het aantal te verwachten champignons onmogelijk. Verder onderzoek zou duidelijk kunnen maken of het kwantificeren van het aantal plaatsen met bewegingen, in een bepaald tijdsverloop, zinvol is, bijvoorbeeld door een correlatie met het uiteindelijk aantal champignons. Ook zou, over een groter aantal teelten, onderzocht kunnen worden of de 'witheid' van het mycelium aan het oppervlak (de dichtheid van het mycelium) op het moment dat de toename daarvan tot stilstand is gekomen een kwantitatieve maat is.

Spreiding van vlucht in tijd

In het verleden zijn er op het toenmalige Proefstation teeltproeven gedaan in kistjes met een oppervlakte van 0.044 m² gevuld met 3.8 kg doorgroeide compost. In vier proeven werden teeltkistjes op verschillende manieren geplukt; éénmaal per dag werden alle champignons/knoppen groter dan diameters 40, 25, 15 of 8 mm geplukt. Het effect van de plukwijze op het aantal champignons/knoppen in de eerste vlucht werd bepaald (Tabel 1).

Tabel 1. Het effect van de plukgrootte op het aantal champignons/knoppen dat in de eerste vlucht wordt geproduceerd.

plukgrootte, diameter mm	proef	1	2	3	4
	gemiddeld aantal knoppen/champignons				
≥ 40		51	44	41	69
≥ 25		56	55	49	98
≥ 15		61	67	60	100
≥ 8		84	90	91	135

Als er klein geplukt wordt ontstaan er in de vlucht als geheel meer stuks dan als er relatief groot geplukt wordt. Tot het moment dat de eerste stuks worden geplukt, en dat is in de behandeling waar knoppen van 8 mm en groter dagelijks geplukt (gaan) worden, zullen de vier behandelingen dezelfde ontwikkeling hebben ondergaan. Het hoger totaal aantal dat met klein plukken wordt verkregen moet gerealiseerd worden door aanvullende knopvorming/uitgroei 'achterin' de vlucht (nalevering vanuit de talrijk aanwezige primordia). Als er vanuit wordt gegaan dat grotere champignons/knoppen om meer voeding uit de compost vragen dan kleinere, dan zou het beperken van de vraag naar voeding voor uitgroei kunnen leiden tot nalevering van champignons/knoppen in de tijd. Deze gedachtegang kan de spreiding in de tijd bij handoogstteelt verklaren: met het type dekaarde en de wijze van afventileren zou een beperkt aantal champignons kunnen gaan uitgroeien; in combinatie met 'losplukken' is de vraag naar voeding door de op het oppervlak staande champignons beperkt en ontstaat er nalevering. De nalevering zorgt voor een verlenging van de oogstperiode (van de vlucht). Bovendien zou nalevering kunnen zorgen voor een hogere opbrengst dan op basis van het 'niveau van knopvorming' wordt verwacht ('compensatie').

Uitgroeisnelheid

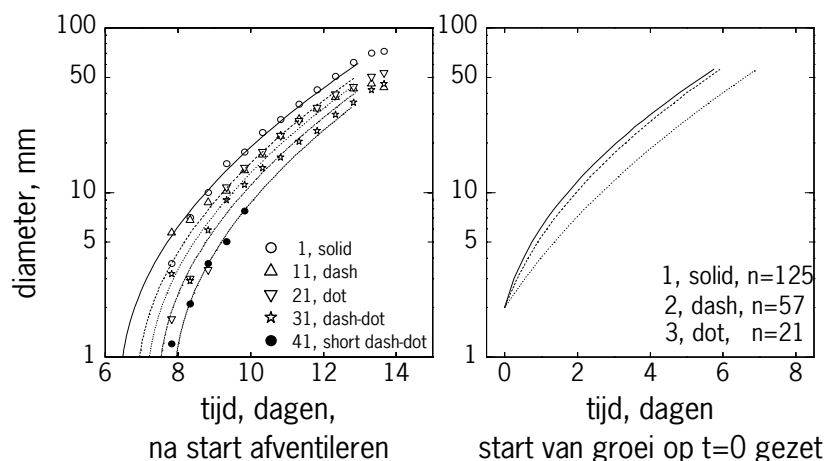
In drie teelten werd de toename van de diameter van individuele champignons bepaald; 1 handoogst en 2 snijteelten.

Indien mogelijk, als de knoppen direct op het dekaarde oppervlak ontstonden en niet overschaduw'd werden door al groeiende champignons, werd de groei gemeten vanaf een diameter van 2 mm (zie ook Umar & Van Griensven 1997, p1027, fig 14, die deze ondermaat geven; Clemencon 1997). Enkele representatieve groeicurves zijn gegeven in Fig 3. De toename van de diameter verloopt eerst bijzonder snel, een verdubbeling van de diameter binnen een dag, tot een diameter van ongeveer 10 mm is bereikt. Daarna neemt de diameter met een vrijwel constante exponentiële snelheid toe met een verdubbeling in ongeveer 2 dagen. Deze laatste snelheid is ons bekend uit ander onderzoek (door de bekende relatie tussen diameter en gewicht komt een verdubbeling van de diameter in 2 dagen overeen met een verdubbeling van het gewicht in 1 dag). De zeer hoge groeisnelheid bij het begin is niet eerder vastgesteld. In het rechter deel van Fig 3 is te zien dat de groei in teelt 3, de handoogstteelt, iets achterblijft bij de twee snijteelten. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de lagere temperatuur die in de handoogstteelt zal hebben geheerst.

De wiskundige functie waarmee de groei beschreven kan worden doet helemaal recht aan de waarneming dat de grootte verhouding tussen champignons tijdens de uitgroei niet verandert. Champignons die laat en klein zijn in het begin groeien op vergelijkbare wijze uit als champignons die vroeg en groot zijn in het begin. Dit geeft aan dat er tijdens de uitgroei geen concurrentie om voedsel of ruimte tussen champignons optreedt. Wij verwachten dat dergelijke concurrentie pas optreedt bij de

start van het vliezen en/of open gaan van de hoeden. Dit afrijpen gebeurt vrijwel tegelijkertijd voor alle champignons, met het verschil dat de oudere en grotere champignons sneller openen dan de jongere en kleinere champignons. Dit geringe tijdsverschil is te verklaren met de aanname dat een tekort aan voeding leidt tot afrijpen en dat er door het ontstane tekort concurrentie om voeding tussen individuen optreedt. Voor een ongeremde doorgroei hebben de grotere champignons meer voedsel nodig dan de kleinere waardoor ze een groter tekort zullen ervaren dan de kleinere en mogelijk daardoor relatief sneller afrijpen dan de kleine.

Fig 3. Representatieve curves van de groei van individuele champignons. Links: vijf champignons in een snijteelt waarin een totaal van 57 is doorgemeten en geanalyseerd; de gefitte functies zijn getransponeerde 2^e orde polynomen op log getransformeerde diameter metingen). Rechts: een weergave van de 'gemiddelde' groeicurve in de 3 geanalyseerde teelten: 1 and 2 snijteelten, 3 handooogsteelt. Hierbij is het tijdstip waarop de groei van elke individuele champignon start eerst op nul gezet.



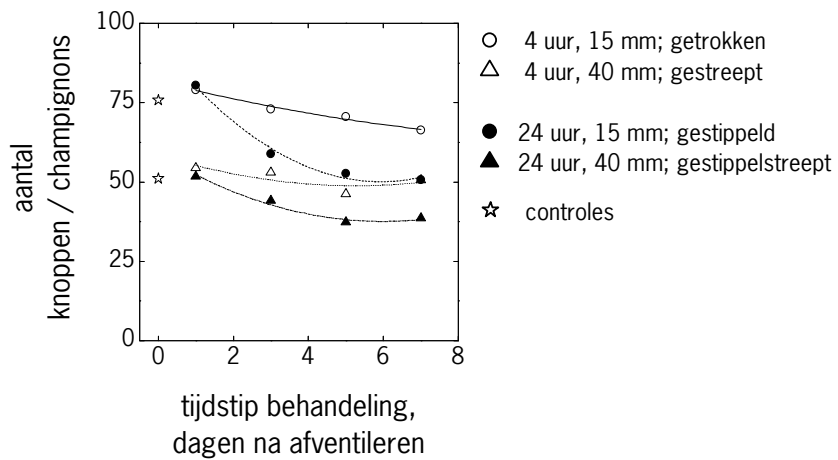
Tijdstip om bij te sturen

In het verleden zijn er op het toenmalige Proefstation teeltproeven gedaan in kistjes met een oppervlakte van 0.044 m² gevuld met 3.8 kg doorgroeide compost. In drie proeven werden teeltkistjes op verschillende tijdstippen na het afventileren tijdelijk (4 of 24 uur) bij 24 °C geplaatst en is het effect op het aantal knoppen/champignons van bepaalde omvang (15 of 40 mm) gemeten. In Fig 4 zijn een aantal effecten te zien:

- hoe langer de 'temperatuur dope' duurde (24 uur in plaats van 4 uur), des te groter de reductie in het aantal knoppen
- hoe later de 'temperatuur dope' werd gegeven (1 tot 7 dagen na afventileren), des te groter de reductie in het aantal knoppen. Het maximale effect lijkt bereikt ca. 6 dagen na afventileren.

Telers spreken de overtuiging uit dat de teeltresultaten nog bij te sturen zijn ongeveer een week voor de oogst. Volgens het schema in Fig 2 valt dit op dag 6 na het afventileren, op het moment dat de bewegingen aan het dekaarde oppervlak blijven voortduren. De waarnemingen gepresenteerd in Fig 4 lijken de praktijkovertuiging dus te ondersteunen.

Fig 4. Effect van tijdelijke temperatuurverhoging in de periode na het afventileren op het teeltresultaat (ongepubliceerde proefresultaten uit het verleden van PRI-Paddenstoelen).



Conclusies

- Fotografische opnamen met een frequentie van een opname per 4 uur brachten de dynamische ontwikkelingen aan het oppervlak van de dekaarde goed in beeld.
- Uit de opnamen kon het tijdsverloop van de vluchtontwikkeling goed geanalyseerd worden.
- Er werden vier stadia onderscheiden in de ontwikkeling vanaf het afventileren tot aan de uitgroei van de vlucht:
 - de uitbreiding van het mycelium over het dekaarde oppervlak komt tot stilstand
 - waar mycelium aanwezig is wordt dit in toenemende mate witter/dichter
 - er ontstaan bewegingen aan het dekaarde oppervlak; her en der, kortdurend
 - op de plekken waar de bewegingen aanhouden worden knoppen duidelijk(er) zichtbaar en deze groeien uit.
- De genoemde stadia komen in een vast tijds patroon voor, zowel in handoogst- als in snijteelten.
- Vluchtspreiding in de tijd wordt waarschijnlijk bereikt door het beperken van het aantal uitgroeiende champignons. Een lager aantal beperkt de vraag naar voeding uit de compost en zou tot nalevering van knoppen/champignons kunnen leiden.
- Veel knoppen/champignons ontwikkelen zich uit primordia (vlak) onder het dekaarde oppervlak. Dit maakt het direct kwantificeren van het aantal te verwachten champignons onmogelijk. Of kwantificering afgeleid kan worden van andere waarnemingen blijft bij deze stand van kennis onduidelijk. Het is misschien mogelijk om een systeem te ontwikkelen waarbij een alternatief wordt gebruikt voor dekaarde en waarbij wel kan worden waargenomen wat er in het eerste stadium van de primordia vorming plaatsvindt (wat nu de bewegende dekaarde is genoemd). In het Masterplan Voeding zou dit kunnen worden meegenomen (bij de ontwikkeling van het 'benchysteem').
- Primordia die uitgroeien tot champignons groeien in het begin, tot een diameter van ongeveer 10 mm, met een snelheid van een diameter verdubbeling per dag uit. Na het bereiken van deze diameter is de snelheid een diameter verdubbeling per twee dagen. De zeer hoge snelheid bij een diameter tot 10 mm is tot nu toe niet getalsmatig beschreven.
- Telers zijn er van overtuigd dat bijsturing van het teeltresultaat mogelijk is tot een week voor de oogst. Dit komt er op neer dat ingrepen in de eerste drie stadia, voor het ontstaan van de uitgroei van knoppen/champignons, succes kunnen hebben. Resultaten in vroeger uitgevoerde teeltproeven bevestigen dit.

Dankzegging

Graag bedanken we Hans Lemmen, Jo Rutjens en Henk Swinkels voor technische assistentie.

Referenties

- Clemencon H. 1997. Anatomie der Hymenomyceten. Flueck-Wirth, Teufen. (pp 648, 720, 760-761, 862-872).
- Flegg PB. 1978. Effect of temperature on sporophore initiation and development in *Agaricus bisporus*. Mushroom Science 10(1), 595-602.
- Straatsma G. 2005. Monitor voor bijsturing van knopvorming. PPO-Paddestoelen, 2005-9.
- Umar MH & Van Griensven LJLD. 1997. Morphological studies on the life span, developmental stages, senescence and death of fruit bodies of *Agaricus bisporus*. Mycological Research 101, 1409-1422.