

Na-oogstbehandelingen tegen fruitmot in appels en peren

Project Phytotec | WUR | november 2020



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Samenvatting

- Appels en peren die bestemd zijn voor export naar landen buiten Europa moeten in veel gevallen vrij zijn van levende rupsen van fruitmot.
- Met computertomografie-röntgen scanning kunnen rupsen in de vruchten zichtbaar worden gemaakt. Met automatische beeldherkenning kunnen aangetaste vruchten uit een partij fruit worden verwijderd.
- Door deze sorteertechniek te combineren met een periode van gekoelde bewaring, bijvoorbeeld tijdens het transport, kan een zeer effectieve fruitmotbestrijding worden bereikt.
- Gedetailleerde kennis over de sterfte bij verschillende bewaartemperaturen kan deze systeembenadering verder verbeteren.

Inleiding

Nederlands fruit dat bestemd is voor export naar landen buiten de Europese Unie moet voldoen aan de fytosanitaire eisen van het ontvangende land. In de praktijk betekent dit meestal dat tijdens de teelt en na de oogst voldaan moet worden aan een reeks van eisen om te garanderen dat het te exporteren product vrij is van ongewenste plaagorganismen. In de exportprotocollen voor appel en peer speelt de fruitmot *Cydia pomonella* een belangrijke rol. Dit is omdat fruitmot door importerende landen wordt beschouwd als een potentieel zeer schadelijke plaag én omdat het insect gemakkelijk met het geogste fruit kan worden geëxporteerd. In het project Phytotec werd onderzocht hoe appels en peren na de oogst vrij van fruitmot kunnen worden gemaakt. Het project had twee hoofdlijnen. In onderzoek over quarantainemaatregelen werd gekeken of in het fruit aanwezige fruitmotrupsen kunnen worden gedood. Hieruit bleek dat aan elk van de behandelingsmethoden grote technische of politieke problemen kleven. Op korte termijn lijkt geen van de onderzochte methoden een oplossing voor de praktijk te bieden. De tweede onderzoekslijn, waarbij de vruchten met fruitmotlarven uit de partij gehaald worden, toonde aan dat vooral sortering met computertomografie (CT)-röntgen scanning perspectiefvol is. Grote fruitmotrupsen kunnen met deze techniek vrijwel allemaal worden gevonden. Een deel van de vruchten met kleine rupsen kan niet worden gedetecteerd, maar door de sorteertechniek te combineren met een periode van gekoelde bewaring, waarvoor juist de jonge rupsen gevoelig zijn, verkrijgt men een hoog niveau van fytosanitaire zekerheid.

Quarantainebehandelingen

De eerste onderzoekslijn voor fruitmot betrof de **HS-CATT**-behandeling (High Speed Controlled Atmosphere Temperature Treatment). Deze methode is in de VS erkend als een quarantainebehandeling tegen fruitmot. In potentie kan met HS-CATT een partij appels of peren in enkele uren fruitmotvrij worden gemaakt, maar in proeven in twee verschillende jaren leidde deze behandeling bij Nederlandse appel- en perencultivars tot forse productschade, zowel inwendig als aan de schil (zie kader HS-CATT). Dit sluit aan bij recente onderzoeksresultaten uit Nieuw Zeeland: ook daar slaagden onderzoekers er niet in om het Amerikaanse recept toe te passen zonder schade aan het fruit ^[1]. De conclusie is dan ook dat deze methode niet geschikt is voor de bestrijding van fruitmot in Nederlands fruit. Doorstraling met **gammastraling** is een bekende techniek om producten vrij te maken van zowel micro-organismen als insecten. Voor fruitmot is de toepassing in onderzoek effectief gebleken tegen alle stadia bij doses van 150-200 Gy ^[2]. Bij deze doses wordt de vruchtkwaliteit niet beïnvloed. Deze methode is geschikt om appels en peren snel, veilig en effectief fruitmotvrij te maken. De toelating als quarantaine-techniek is echter niet erg kansrijk in Nederland en Europa omdat het gebruik van "straling" bij het grote publiek gevoelig ligt. Bedrijven zijn daardoor huiverig om deze techniek te introduceren. Ook de strikte regelgeving binnen de EU vormt op dit moment een belangrijke belemmering voor toepassing. De Europese Commissie heeft al lange tijd de intentie om de lijst met toegestane toepassingen ("EU positive list") uit te breiden, maar de discussie hierover lijkt al decennia in een impasse te verkeren. Een alternatief voor gammastraling is het gebruik van **magnetrongolven** (radiogolven). Er bestaat een methode om daarmee fruitmot in walnoten te doden ^[3]. Helaas veroorzaakt de lokale opwarming bij deze vorm van straling snel oppervlakkige schade bij appel en peer. Omdat fruitmotlarven diep in de vrucht verscholen kunnen zitten, biedt de toepassing van (deels experimentele) ontsmettingstechnieken zoals behandeling met **ozon**, **etherische oliën** of **koud plasma** eveneens weinig perspectief. Voor een uitgebreide bespreking van deze technieken wordt verwezen naar de Phytotec-literatuurstudie ^[4]. Concluderend kan worden gesteld dat bovengenoemde technieken in de nabije toekomst waarschijnlijk niet tot een volledig effectieve quarantainebehandeling voor fruitmot leiden.

High Speed-CATT geen optie voor Nederlands fruit

In de VS is een behandeling ter bestrijding van fruitmot in appel ontwikkeld waarbij de vrucht snel opgewarmd wordt. Veel sneller dan bij de in Nederland commercieel toegepaste CATT (Controlled Atmosphere Temperature Treatment) op o.m. aardbeiplantmateriaal. Deze USDA-behandeling vereist een temperatuurstijging van 12°C per uur tot 46°C (>44.6°C kerntemperatuur) en een behandelduur van in totaal 3 uur. Dit onder CA condities (1% O₂ /15% CO₂). Deze methode is door de USDA gevalideerd en erkend als quarantainebehandeling tegen fruitmot. Dit protocol werd toegepast op CA-bewaarde Nederlandse Conference en Elstar, en op vers geoogste Conference, Elstar, Kanzi, Migo en Red Prince. In alle gevallen trad schade op aan schil en/of vruchtvlees. Er werd geen verklaring gevonden waarom deze methode met Amerikaanse appels werkt zonder schade terwijl we hier met Nederlands product grote problemen zien, maar duidelijk is dat het Amerikaanse recept hier niet zonder meer succesvol kan worden toegepast.

Verbeterde detectie van fruitmot

Een verbeterde sorteertechniek, waarbij door fruitmot aangetaste vruchten automatisch kunnen worden herkend en verwijderd, kan de kans op fruitmot in het eindproduct sterk verkleinen. In Phytotec zijn verschillende principes onderzocht. Een daarvan is de **spectrografie**. Hierbij wordt een sterke lichtbron aan een zijde van de vrucht geplaatst. Met een spectrometer wordt het licht dat door de vrucht valt in verschillende delen van het spectrum gemeten. Bij peer is door de grote dichtheid van het vruchtvlees en de dikkere schil het doervallend licht te zwak voor een betrouwbare analyse. Daarom is in dit project gekozen voor verder ontwikkeling van **computertomografie (CT)-röntgen scanning**, waarbij verschillende technieken worden samengevoegd om door fruitmot aangetaste vruchten te herkennen.

Voor de ontwikkeling van dit systeem werd samengewerkt met een Italiaanse bedrijf dat CT-scanners ontwikkelt voor de inspectie van boomstammen. Appels met kleine, middelgrote en grote rupsen van fruitmot werden gescand op een Mito High Speed CT-scanner. De beelden werden vervolgens digitaal bewerkt. Er werd een computermodel ontwikkeld dat de fruitmotinboringen in de vrucht kan herkennen.

Met dit systeem kon 100% van de vruchten met grote rupsen worden herkend (Tabel 1). Bij de vruchten met middelgrote en kleine rupsen was dit respectievelijk 95 en 65%. Bij de analyse bleek verder dat beurse plekken onder de vruchtschil soms door het systeem werden aangezien voor fruitmotaantasting. Vruchten met gaaf vruchtvlees werden nooit als aangetast geclassificeerd. Dit laatste is relevant omdat in Nederland in partijen appels of peren doorgaans een zeer laag percentage vruchten met fruitmot aanwezig is (meest <0.5%). Het onterecht uitsorteren van een groot aantal (gave) vruchten om een klein aantal door fruitmot aangetaste vruchten te elimineren wordt met deze methode voorkomen. Dit in tegenstelling tot de spectroscopie, die een veel grotere foutmarge heeft. De detectie van andere interne afwijkingen met CT-röntgen scanning lijkt hier eerder een voordeel dan een nadeel. De detectie van jonge rupsen is waarschijnlijk nog iets te verbeteren door een verbeterde kalibratie van de opnameapparatuur. Zeer jonge rupsen blijven echter moeilijk detecteerbaar: bij verse aantasting hebben de rupsen nog geen holtes in de vrucht gemaakt, en het zijn juist deze holtes die bij röntgenopnames zichtbaar worden gemaakt.

Tabel 1 | Percentage appels met fruitmot dat kon worden gedetecteerd met CT-röntgen scanning gevolgd door automatische beeldanalyse.

Stadium van de rupsen	% detectie
Groot (L5)	100.0%
Middelgroot (L3)	94.9%
Klein (L1)	64.6%



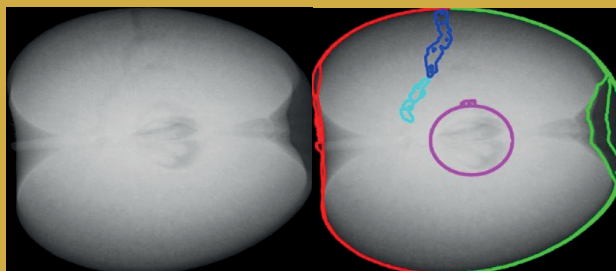
Appel met inboring van fruitmot.

De Mito High Speed CT-scanner

Dit is een industriële scanner (figuur 1) die oorspronkelijk is ontwikkeld om de interne kwaliteit van boomstammen voor zagerijen te beoordelen. Voor het onderzoek met fruitmot worden vruchten op een transportband door de scanner geleid. Vanuit een elektrische röntgenbron wordt röntgenstraling (x-straling) door de vrucht gestuurd. Aan de andere zijde van de vrucht vangt een detector de straling op. Verschillen in dichtheid van het materiaal (bijvoorbeeld vruchtvlies versus holtes in de vrucht) leiden tot verschillen in doorstraling. Door de röntgenbron rond de vrucht te draaien, kan een tweedimensionaal beeld van een doorsnede van de vrucht worden gemaakt. Door de vrucht door de scanner te bewegen, kan in kleine stappen een groot aantal 2D beelden worden gemaakt, die vervolgens via beeldverwerking worden samengevoegd ('gestapeld') tot een 3D beeld. Een groter aantal beelden geeft een grote mate van detail, maar ook een langere verwerkingstijd per vrucht. De laatste, cruciale stap is de geautomatiseerde interpretatie van het 3D beeld. Een computerprogramma moet een eventuele fruitmotinboring onderscheiden van de interne structuren van de vrucht (figuur 2).



Figuur 1 | Mito High Speed CT-scanner



Figuur 2 | Op de foto links staat een doorsnede van een appel, gemaakt met CT röntgenscanning. De boorgang van een fruitmotrups is vaag zichtbaar. Met beeldherkenningssoftware kunnen de holtes in de vrucht worden geïdentificeerd (foto rechts).

Welke levensstadia van de fruitmot kunnen zich in of op geogoste appels en peren bevinden?

- Eieren kunnen op de schil van de geogoste vrucht zitten. Eieren van fruitmot ontwikkelen zich niet bij temperaturen onder 10 °C en zullen zich dus op gekoeld fruit niet tot larven kunnen ontwikkelen.
- Rupsen van alle stadia kunnen zich in de vrucht bevinden. Actieve rupsen in het vijfde stadium kunnen zich nog enige tijd in de vrucht bevinden, maar op enig moment verlaten ze de vrucht. Daarbij moet een onderscheid worden gemaakt tussen rupsen die direct verpoppen en rupsen die in winterrust gaan. De laatste groep spint een cocon, maar verpopt niet. Volgroeide rupsen in winterrust zijn zeer persistent en kunnen langdurige bewaring bij lage temperatuur en CA-condities overleven ^[9] ^[7]. Wanneer fruit na bewaring wordt gesorteerd en verpakt in nieuw, schoon fust, zal een deel van de rupsen achterblijven in het oude fust.
- Poppen worden nooit in de vruchten aangetroffen. Wanneer fruit na bewaring wordt gesorteerd en verpakt in nieuw, schoon fust, zullen eventuele poppen achterblijven in het oude fust.
- Vlinders van fruitmot zijn sterk gebonden aan de boomgaard en worden in de na-oogstfase nooit op het product aangetroffen. Aanwezige vlinders zouden het sorteerproces, waarbij gebruikt gemaakt wordt van transport in water, niet overleven.

Samengevat spelen vanuit fyto-sanitair perspectief rupsen, en in mindere mate eieren, een rol.



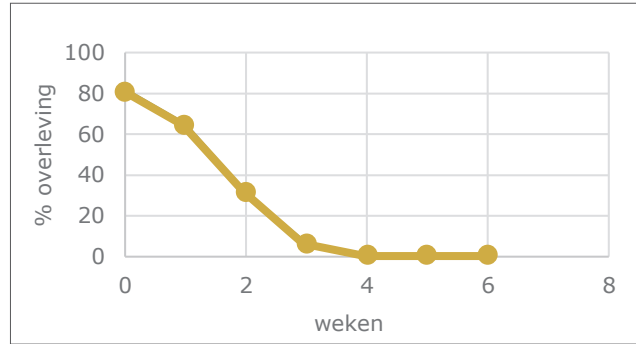
Figuur 3| Conference peer met larve van fruitmot.

Systemaankpak

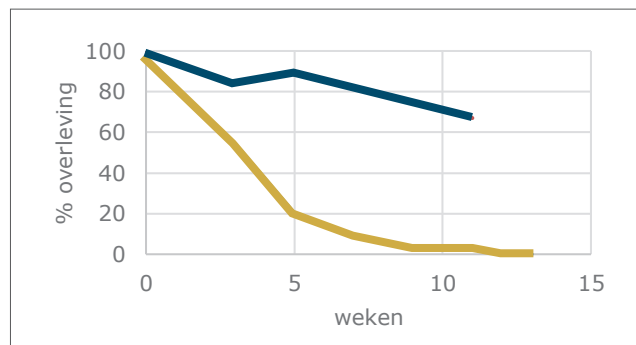
Zelfs met een verdere verbetering van de sorteertechnieken zullen door fruitmot aangetaste vruchten niet volledig kunnen worden uitgesorteerd. Sortering kan dus niet als enkelvoudige quarantaine-maatregel fungeren. Maar een geavanceerde sorteertechniek kan wel een belangrijk onderdeel zijn van een systemaankpak. Een systemaankpak maakt gebruik van het cumulatieve effect van verschillende, onafhankelijke maatregelen in de keten, om te komen tot een passend niveau van fyto-sanitaire bescherming [5].

Door sortering te combineren met gekoelde bewaring van het fruit, kan een zeer effectieve fruitmotbestrijding worden bereikt. Bij een temperatuur van 2.2 °C overleven eieren op vruchten minder dan 5 weken (Figuur 4) [6]. Rupsen in het vierde stadium overleven bij 1.1 °C maximaal 11 weken, maar al na drie weken is ongeveer de helft van de rupsen dood (Figuur 5) [7]. Alleen volgroeide rupsen in winterrust zijn weinig gevoelig voor koude. Deze dieren hebben ook weinig te lijden van de aangepast zuurstof- en kooldioxide-concentraties zoals die bij de gangbare CA-regimes worden toegepast [8]. Maar juist dat laatste stadium is met een goede sortering te elimineren (figuur 6).

Een derde maatregel van de beoogde systemaankpak is de verpakking van fruit na sortering in schoon fust. Volgroeide rupsen verlaten de vrucht voordat ze verpoppen of in winterrust gaan. Wanneer fruit na bewaring wordt gesorteerd en verpakt in nieuw, schoon fust, zullen veel individuen achterblijven in het oude fust.

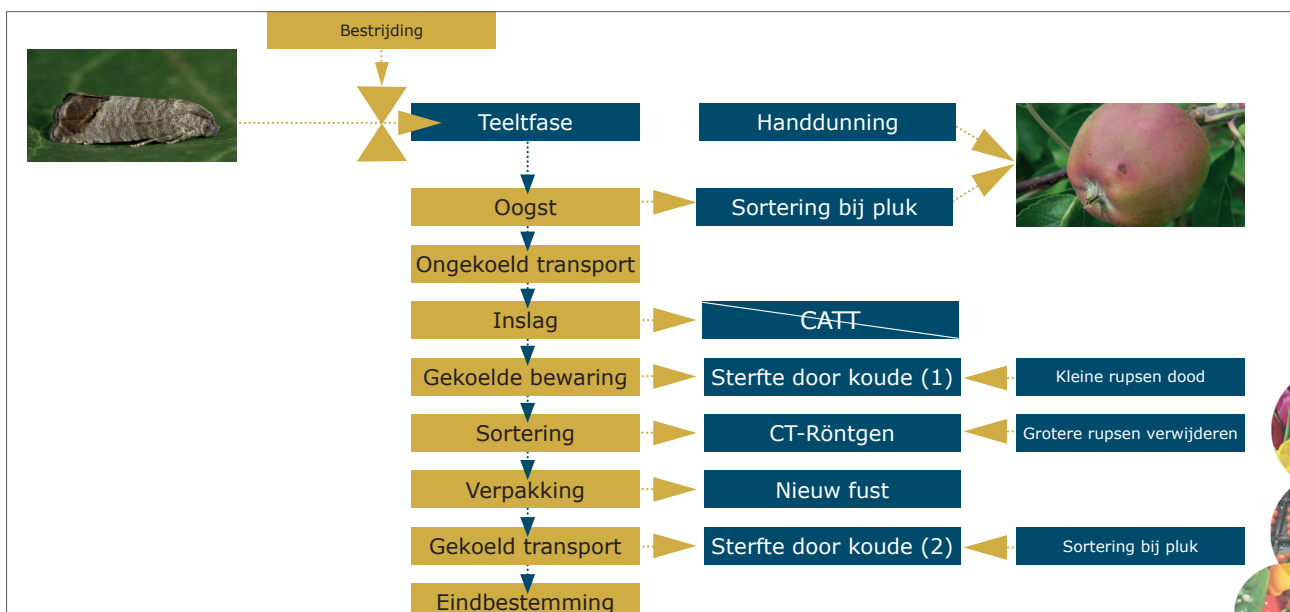


Figuur 4 | Overleving van eieren van fruitmot bij 2.2 °C [6].



Figuur 5 | Overleving van larven van fruitmot bij 1.1 °C. Blauwe lijn: volgroeide L5 rupsen in winterrust. Gele lijn: L4 rupsen (niet in winterrust) [7].

Figuur 6 | Voorbeeld van een systemaankpak om te voorkomen dat vruchten met levende fruitmotrupsen de exportbestemming bereiken. In verschillende fases van de keten worden maatregelen genomen. Gekoelde bewaring als maatregel om rupsen te doden kan worden ingezet na de oogst, voorafgaand aan sorteren (1), of nadat het fruit is gesorteerd en het op weg is naar de eindbestemming. Bij de sortering kan CT-röntgen met beeldherkenning worden ingezet om de grotere rupsen, die minder gevoelig zijn voor de koudebehandeling, te elimineren.



Conclusies en aanbevelingen

De CT-röntgen blijkt een geschikte techniek om fruitmot in appels te detecteren. Met behulp van een detectie-algoritme was het mogelijk om op basis van de röntgen beelden 100% van de grote rupsen te detecteren, 95% van de middelgrote en 65% van de kleine rupsen. Daarmee is de werkzaamheid van de techniek bewezen. Om de CT-röntgen succesvol in de praktijk te implementeren is een doorontwikkeling in samenwerking met een machinebouwer de meest logische vervolgstap. De techniek kan verder geoptimaliseerd worden voor de specifieke vruchtsoorten. Daarnaast zal de verwerkingsnelheid van de opname en analyse verhoogd moeten worden. Met de snelle ontwikkeling van de huidige technieken zal dit geen knelpunt zijn voor implementatie in de praktijk

in de komende jaren. De CT-röntgen techniek biedt daarnaast mogelijkheden voor de detectie van andere interne defecten in appel en andere vruchtsoorten. Combinatie van sortering met CT-röntgen en een periode van gekoelde bewaring heeft de potentie van een volwaardige quarantaine-behandeling. Daarvoor is wel meer kennis nodig over de exacte effecten van de bewaartemperaturen van Nederlands fruit op de verschillende rupsenstadia. Appels worden soms bij hogere temperatuur dan 1.1 °C bewaard. Voor Kanzi wordt een bewaartemperatuur van 4 °C gebruikt. Peren daarentegen worden vaak kouder bewaard. Het effect van deze temperaturen op de overleving van fruitmot is niet onderzocht. Een nauwkeurig beeld van de sterfte bij verschillende bewaartemperaturen, en het additionele effect van ULO- of DCS-bewaring, kan een systeembenadering verder verbeteren.



Appel met boorgang van fruitmot



Peren worden geïnfecteerd met fruitmotlarven

Auteurs

H. Helsen
 J. Ruizendaal
 M. Mencarelli
 J. Peller
 K. Winkler
 J. Verschoor

Wageningen University & Research | 2020

Referenties

1. Jamieson, L.E., et al., Assessing the efficacy of controlled atmosphere temperature treatment system (CATTs) against codling moth inside harvested apples. *New Zealand Plant Protection*, 2018. 71: p. 306-313.
2. Mansour, M., Gamma irradiation as a quarantine treatment for apples infested by codling moth (Lep., Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*, 2003. 127(3): p. 137-141.
3. Tang, J., et al., High-temperature-short-time thermal quarantine methods. *Postharvest Biology and Technology*, 2000. 21(1): p. 129-145.
4. Qiu, Y., et al., Fytosanitaire na-oogst behandel-en detectietechnieken voor plaagorganismen in tuinbouw. 2018, Wageningen University & Research.
5. ISPM, I. 14—The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management. in Rome: Secretariat of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016.
6. Hansen, J.D., et al., A two-component quarantine treatment for postharvest control of codling moth on apple cultivars intended for export to Japan and Korea. *HortTechnology*, 2000. 10(1): p. 186-194.
7. Hansen, J.D., et al., Cold storage to control codling moth larvae in fresh apples. *HortTechnology*, 2007. 17(2): p. 195-198.
8. Neven, L.G., N.J. Lehrman, and L.D. Hansen, Effects of temperature and modified atmospheres on diapausing 5th instar codling moth metabolism. *Journal of Thermal Biology*, 2014. 42: p. 9-14.
9. Soderstrom, E.L., D.G. Brandl, and B. Mackey, Responses of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Life Stages to High Carbon Dioxide or Low Oxygen Atmospheres. *Journal of Economic Entomology*, 1990. 83(2): p. 472-475.

Dit project ontvangt financiële steun van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen. Binnen de Topsector werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samen aan innovaties op het gebied van duurzame productie van gezond en veilig voedsel en de ontwikkeling van een gezonde, groene leefomgeving.



KWALITEITS-CONTROLE-BUREAU

