

Dodingscondities van een aantal plantenpathogenen,
humaanpathogenen en onkruiden gedurende
compostering uitgedrukt in blootstellingsduur-
temperatuurcombinaties

Aad Termorshuizen

3 december 2018

1. Inleiding

BVOR heeft gevraagd om op basis van de beschikbare literatuur de dodingscondities gedurende compostering op te stellen, uitgedrukt in blootstellingsduur-temperatuurcombinaties, voor een reeks van potentieel problematische plantenpathogenen, humaanpathogenen en onkruiden.

De informatie is op de eerste plaats ontleend aan de reviews van Noble (2004a) en Wichuk (2011), aangevuld met meer recente informatie. Hoewel het op het eerste gezicht eenvoudig lijkt om een lijst op te stellen van dodingscondities voor organismen op basis van blootstellingsduur en temperatuur, is de literatuur hierover in veel gevallen niet eenduidig. Hier kunnen vele factoren voor verantwoordelijk zijn. Zo zijn waterbadstudies weliswaar heel nauwkeurig en vaak ook goed reproduceerbaar, maar de condities zijn daar niet gelijk aan die in een composthoop: in een waterbad worden de organismen niet blootgesteld aan allerlei toxische metabolieten die tijdens compostering gevormd worden (waardoor waterbadstudies de dodingscondities gedurende compostering kunnen onderschatten) en de vochtigheid in een composthoop is in het algemeen geringer (waardoor waterbadstudies de dodingscondities gedurende compostering kunnen overschatten).

Een onzekere factor bij de interpretatie van onderzoek naar dodingscondities gedurende compostering is de grote variatie die optreedt in een composthoop. Ook bij een goede compostering zal de temperatuur zowel in de ruimte als in de tijd variëren en onder zulke condities is het lastig om onder praktijkomstandigheden de “exacte” dodingscondities vast te stellen. Daarom wordt compostering vaak uitgevoerd op “bench-scale”, dus op klein niveau, waarbij zelfverhitting maar beperkt tot stand komt en er in een incubator verhit wordt. In zo’n geval is de temperatuur nauwkeurig bekend. Een ander nadeel van testen in situ (d.w.z. testen in een praktijk-composteringsinstallatie) is, dat ter plekke door preferentiële waterstromen “dry pockets” kunnen ontstaan. Daar kan de persistentie van pathogenen veel hoger worden dan onder normale, vochtige condities. Tot slot kan bij sommige humaanpathogenen, spelen dat ze, als ze de thermofiele fase overleven, weer gaan groeien (bv. Burge, 1987; Bustamante, 2008). Dus, hoewel in veel gevallen dodingscondities gedurende compostering vaak milder zullen uitvallen dan in waterbaden, leidt vooral de variatie in een praktijk-composthoop tot moeilijkheden. Een uitgewerkt voorbeeld hoe ingewikkeld interpretatie van gegevens naar een werkelijke praktijkcomposthoop kan zijn wordt in onderstaande voetnoot¹.

Voor persistente, vrijlevende (d.w.z. niet overgebracht worden door andere organismen) virussen is aangetoond (TMV en ToMV) dat ze in waterbaden veel persistenter zijn dan in

¹ *E. coli* wordt in principe afgedood onder relatief milde condities (bv. 20 minuten 60 C wanneer geïncubeerd in koeienmest). Christensen (2002) testte de overleving van *E. coli*, *Salmonella*, *Enterococcus* en totaal aantal ‘faecal coliforms’ in 4 praktijk-composteringen op twee manieren: (1) via ‘spot test samples’: monsters van het materiaal vóór en na compostering, en direct na de thermofiele fase en (2) via ‘direct process evaluation’: hierbij werd *E. coli* kunstmatig toegevoegd in zakken; deze zakken werden in de compost ingegraven nabij het oppervlak van de composthoop, in het centrum en aan de rand. Bij omzetten van de compost werden de zakken verwijderd en na het omzetten werden ze weer op hun respectievelijke plaatsen ingebracht. In de twee installaties met windrow-compostering werd enige overleving gevonden, zowel in het centrum en meer aan de rand of aan het oppervlak, en in de tunnel-achtige composteringen werd volledige afdoding gevonden. Het verrassende was echter dat in de ‘spot test samples’ wél overleving gevonden werd, zowel in de twee windrow-composteringen als in één van de twee tunnel-achtige composteringen. De auteurs schrijven dit toe aan de klaarblijkelijk grote variatie in omstandigheden in een composthoop, met name in windrow-compostering.

compost, wat wijst op het belang van biologische afbraak (o.a. Cheo, 1980). Hierdoor is een blootstellingsduur-temperatuurcombinatie als indicatie voor dodingscondities niet toe te passen.

Vooraf voor humaanpathogenen is het effect van voorbehandeling, zoals een milde hittebehandeling of een zuurbehandeling, veel onderzocht (Singh, 2010, 2011, 2012; Kaur, 1998). Deze kunnen als effect hebben dat de organismen persistenter worden. Voor diverse humaanpathogene is er een reëel risico op herkolonisatie na de thermofiele fase, bijvoorbeeld via uitwerpselen van vogels.

In deze notitie wordt een inschatting gemaakt van de dodingscondities die nodig zijn voor de afdoding van een reeks van pathogenen en onkruiden gedurende een "ideale" compostering. Bij zo'n ideale compostering wordt er van uitgegaan dat er geen variatie optreedt in de composthoop, geen dry pockets ontstaan, enz.

In sommige gevallen is de inschatting van overleving gedurende compostering een 'educated guess'. Bijvoorbeeld, voor *Colletotrichum coccodes* is er alleen informatie over de dodingscondities in een waterbad (30 minuten =55 C²) en één test in een compostering waarin de condities zijn geweest 3-4 weken =64-70 C³. In deze compostering zijn geen andere composthoven bestudeerd waarbij de blootstellingsduur of temperatuur geringer is geweest. Aangezien er geen aanleiding is tot een vermoeden dat dit plantenpathogeen minder gevoelig wordt voor temperatuur gedurende compostering, wordt geconcludeerd dat dit pathogeen in ieder geval wordt afgedood bij 2 dagen =55 C. Hierbij is dan ook gekeken naar dodingscondities in waterbaden van andere pathogenen, waar meer bekend over is.

2. Leeswijzer

Annex 1 geeft een uitgebreid tabellarisch overzicht van dodingscondities per pathogeen/onkruid en per onderzoek. Hieruit zijn conclusies gedestilleerd per pathogeen voor de situatie bij grondafval en groencompostering (hoofdstuk 3). Dit is vervolgens samengevat in Tabel 1.

3. Inschatting dodingscondities en relevantie

Annex 1 bevat een uitgebreid tabellarisch overzicht van de dodingscondities per onderzoek. Onderstaand is de interpretatie omtrent dodingscondities op basis van Annex 1. Tenzij anders vermeld zijn die dodingscondities op basis van blootstellingsduur aan een bepaalde temperatuur gedurende compostering weergegeven. Dit geldt, zoals gezegd, bij een "ideale" compostering: aan problemen van het niet bereiken van een bepaalde temperatuur in een bepaald deel van de composthoop en het lokaal optreden van dry pockets wordt hier dus geen aandacht besteed. Onder deze inschattingen worden de conclusies tabellarisch samengevat (Tabel 1). Een * achter de naam geeft aan dat inactivering plaats heeft bij 3 d 55 C of geringer.

In onderstaande lijst staat per pathogeen en steeds in een aparte alinea de relevantie weergegeven voor Nederland alsmede de kans dat de soort in groencompost terechtkomt. Deze

² "=55" betekent: temperatuur gedurende de aangegeven periode (30 minuten) constant (55°C).

³ "=64-70 C": temperatuur gedurende de aangegeven periode (3-4 weken) variërend tussen 64 en 70°C.

relevantie wordt tevens samengevat op een schaal van 0 t/m 3. Voor het voorkomen in Nederland: 0 = afwezig; 1 = uiterst zeldzaam, sporadisch; 2 = zeldzaam; 3 redelijk tot zeer algemeen. Voor de kans van voorkomen in compost: 0 = kans praktisch afwezig; 1 = zeer klein, hoeft weinig rekening mee gehouden te worden; 2 = kans redelijk, dient rekening mee gehouden te worden; 3 = kans vrij groot tot zeer groot, dient altijd rekening mee gehouden te worden.

Armillaria spp.⁴ (Honingzwam, bomen en struiken, schimmel). Inschatting: 1 d 45 C.

Zeer algemeen (3⁵) op zowel boven- als ondergrondse delen van houtige planten. Groot risico dat besmet snoeiafval in groencompost terechtkomt (3).

Botrytis cinerea* (Botrytis, rot bij vele planten, schimmel). Inschatting: 4 d 40 C. Bij langere incubaties is geen overleving te verwachten vanwege gevoeligheid voor antagonisme. Zo werd geen overleving aangetroffen in een "composthoop" bestaande uit schors waarin geen zelfverhitting optrad (Hoitink, 1976).

Zeer algemeen (3) op groene stengels en vruchten van vele planten van dicotyle planten. Kans redelijk groot dat deze af en toe in groencompost terechtkomen (2).

Campylobacter* (humaanpathogeen, via voedsel, schimmel). Inschatting: 3 d 45 C.

Bij mensen ca. 100.000 infecties per jaar (3). Bronnen zijn dierlijk voedsel en mest. De kans dat op zijn minst geringe hoeveelheden hiervan regelmatig in groencompost terechtkomt is vrij groot (3).

Colletotrichum coccodes* (Zwarte spikkel, aardappel, schimmel). Inschatting 2 d 55 C.

Vrij algemeen (3) op aardappelstengels. De kans dat aardappelstengels in compost terechtkomen wordt gering geacht (2).

Cylindrocarpon destructans* (wortelrot, vele waardplanten, schimmel). Er is maar 1 referentie gevonden. Inschatting 2 d 55 C.

Vrij algemeen op de wortels dicotyle waardplanten (3). De kans dat deze wortels in groencompost terechtkomen wordt gering geacht (2).

Cyperus esculentus (Knolcyperus, onkruid, plant)*. Slechts 1 referentie gevonden voor onderzoek gedurende compostering (Fuchs, 2017). Deze rapporteerde afdoding bij een windrowcompostering bij 7 d >55 C; een kortere blootstellingsduur werd echter niet getest. Afdoding was volgens hem "makkelijk"; het meest problematisch is de overleving aan de randen van de composthoop, waar de temperaturen onvoldoende hoog worden. Verder zijn alleen gegevens over afdoding in een waterbad gevonden, waar 30 min 57,5 C voldoende is voor afdoding, en 30 min 55 C niet. Vlaco (<https://www.vlaco.be/nieuws/knolcyperus-overleeft-professionele-compostering-niet>) meldt dat Knolcyperus compostering niet overleeft (10 wk >45 C waarvan 4 d 60 C of 12 d 55 C). Inschatting: 3 d 55 C.

Vrij algemeen in Nederland (<https://www.verspreidingsatlas.nl/5175>) (3). De kans dat planten in groencompost terechtkomen is beperkt, aan de andere kant moet, gezien het grote risico op verspreiding, hier wel goed mee rekening gehouden worden (3).

⁴ *: afdoding bij 3 d 55 C of geringer.

⁵ Deze codes worden uitgelegd in de inleidende tekst van dit hoofdstuk.

*E. coli** (humaanpathogeen, via voedsel of water, bacterie). Vooral onderzocht in koeienmest. De C/N-ratio van het te composteren materiaal is van belang. Te droge omstandigheden gedurende compostering maakt *E. coli* persistenter (Jiang, 2003, Singh, 2010, 2011). Inschatting: 7 d 50 C of 3 d 55-60 C.

E. coli komt van nature voor bij mens en dier. De pathogene variant is zeldzamer, maar infecties komen geregeld voor (3). Aanvoer via besmet voedsel, mest en water (3).

*Fallopia** (Duizendknoop, onkruid, plant). Afdoding bij 3 d 55 C of geringer⁶. Weliswaar is maar weinig in de wetenschappelijke literatuur hierover te vinden, maar er zijn voldoende aanwijzingen voor deze conclusie. Fuchs (2017) rapporteerde afdoding van Japanse duizendknoop bij een windrowcompostering bij 7 d >55 C; een kortere blootstellingsduur werd echter niet getest. Afdoding was volgens hem "makkelijk"; het meest problematisch is de overleving aan de randen van de composthoop, waar de temperaturen onvoldoende hoog worden. De informatie van Day (2009) is afkomstig van een powerpointpresentatie die op internet beschikbaar was. Xie (2011) vond afdoding gedurende compostering bij 4 u 55 C, maar net zo goed bij 2 d 45 C of 3 d 40 C, maar de omstandigheden van compostering werden niet aangegeven. Verhitting in grond onder minder vochtige omstandigheden dan tijdens die van compostering leidde tot nog iets grotere gevoeligheid voor temperatuur.

Er is een studentonderzoeksverslag over de problematiek (Rennocks, 2007). Dit onderzoek is niet echt duidelijk en wordt daarom niet in de annex opgevoerd, maar de belangrijkste resultaten worden hier toch weergegeven. Ten eerste wordt een studentverslag (Morris, 2000) aangehaald waarin composteren van vershredde stengels tot 1-5 cm lengte leidde tot inactivering. Echter, er worden drie omstandigheden genoemd: 30 d >60 C, 1 u 60 C en 7 d 60-70 C. In een incubatie-experiment waarbij stengels/rhizomen werden blootgesteld aan verschillende temperaturen werd gevonden dat uitgroei niet meer plaatsvond al na 1 d >37 C, en dat beschimmelings van het materiaal hiervan de oorzaak was. Echter, ook bij veel lagere temperaturen (rondom 20 C) vond weinig (zij het wel enige) uitgroei plaats. Hoe dan ook, als zichtbare beschimmelings van het materiaal optrad, was er minder of geen uitgroei. Tot slot wordt in Rennocks (2007), maar ook in allerlei andere publicaties, Ward (2003)⁷ aangehaald, die meldde dat compostering 7 d 55 C leidde tot effectieve afdoding.

Op internet zijn veel bronnen te vinden, met name in de Duitse literatuur, die zeggen dat compostering mogelijk is, mits professioneel uitgevoerd (dus niet aanbrengen op een eigen hobbycomposthoop) (Böhmer, 2006). Het lijkt erop alsof nogal wat internetsites informatie ongereferencieerd kopiëren. In een literatuuroverzicht noemt Bollens (2005) dat composteren mogelijk is mits een temperatuur van 70°C behaald wordt, maar noemt geen blootstellingsduur. Er wordt niets gezegd over effecten bij lagere temperaturen en een referentie ontbreekt ook.

Gezien dat zeer geringe stukjes overlevend materiaal nog kunnen uitgroeien is het in de bedrijfsvoering dus goed oppassen dat er geen randen van een composthoop zijn die onvoldoende worden verhit. Overigens wordt ook verlies van materiaal gedurende transport als een aanzienlijk risico voor verspreiding gezien.

Zeer algemeen (3). Aanvoer via maaisel (3).

⁶ Waarschijnlijk is het verkleinen van het materiaal tot stukken < 5 cm voorafgaand aan de compostering ook van belang, maar duidelijke informatie hierover is niet aangetroffen. In ieder geval is, voor zover kon worden nagegaan, het materiaal voorafgaand aan de behandelingen verkleind.

⁷ Deze publicatie is onvindbaar.

Fusarium oxysporum (Fusarium-verwelkingsziekte, vele waardplanten, schimmel). Bollen (1989) rapporteerde afdoding bij compostingscondities die behoorlijk heftig waren (steeds 3-4 wk met temperaturen in verschillende composthopen variërend: 56-67 C, 53-65 C, 58-70 C en 47-65 C). In deze studies is alleen enige overleving gemeld van *F. oxysporum* f. sp. *melongonae* bij 53-65 C. In kleinschalige compostering werd f. sp. *melonis* afgedood bij 4 d 55 C en 5 u 65 C (Suárez-Estrella, 2003). Coventry (2004) meldde echter doding gedurende bench-scale compostering onder mildere omstandigheden: bij 7 d 50 C (voor f. sp. *lycopersici*, *narcissi* en *radicis-lycopersici*) en 7 d 45 C (voor f. sp. *pisi*). In een praktijktunnel bleek 2 d 60 C of 4 d >50 C voldoende voor afdoding van f. sp. *lycopersici*. De beschikbare informatie lijkt er niet op te duiden dat de dodingscondities verschillen voor de diverse formae speciales van *F. oxysporum*. Samenvattend worden de dodingscondities ingeschat op 2 d 60 C, 4 d 55 C of 7 d 50 C.

Dit pathogeen kan alleen talrijk voorkomen in enkele professionele teelten, zoals die van tomaat, aubergine, tulp, komkommer en anjer (3), waardoor aanvoer naar groencompost beperkt is (2). Aangezien dit pathogeen een risicofactor is, is het af te raden om residuen van professionele partijen te composteren, en als dit toch al gebeurt, zich er van te vergewissen dat de residuen vrij zijn van dit pathogeen. Voor de professionele teelt geldt dat teelten op steenwol sowieso geen risico lopen omdat deze geen compost gebruiken.

Fusarium solani* (wortelrot, vele waardplanten, schimmel). Alleen getest door Bollen (1985). In waterbad veel sneller geïnactiveerd (30 min 50 C) dan *Fusarium oxysporum* (afhankelijk van forma specialis 10 min 65 of 30 min 60). Daarom wordt ingeschat dat *Fusarium solani* afgedood wordt bij 1 d 55 C.

Algemeen (3). Aanvoer via aangetaste plantenwortels.

Globodera* (Aardappelcystealtje). Bij grondstomen zeer gevoelig (3 min 50-60 C) (van Loenen, 2003). Verder alleen onderzocht in twee studies met bench-scale compostering, waarbij doding aangetroffen werd bij 7 d 50-55 C (maar mildere condities werden niet getest) (Steinmüller, 2012) en 0,1% overleving gevonden werd bij 8 d 50 C (Bøen, 2006), die opmerkte dat bij hoge temperaturen overlevende cysten veroorzaakt zouden kunnen worden door dry pockets. Inschatting: 1 d 50 C.

Algemeen (3). Aanvoer via aardappelknollen en grond (1).

Heterodera* (Bietencystealtje). Alleen informatie bekend over *H. schachtii* (Wit bietencystealtje). Slechts 1 referentie voor waterbad (2,5% overleving bij 2 u 52,5 C). Lijkt persistenter dan *Globodera*. Inschatting: 1 d 55 C.

Algemeen (3). Aanvoer via bieten en grond (1).

Hydrocotyle ranunculoides* (Grote waternavel, onkruid, plant). Geen informatie gevonden. In diverse beschrijvingen hoe omgegaan moet worden met uit water verwijderd materiaal staat dat het afgevoerd moet worden en in enkele gevallen staat er bij dat het gecomposteerd kan worden (bv. <https://www.ecopedia.be/planten/grote-waternavel>, Ackermann (2013)). Aangezien deze plant geen bijzondere overlevingsstructuren vormt en compost bij correcte toepassing niet in open water terecht komt is het risico nihil. Voorlopige inschatting is 3 d 55 C, maar dit zou ook fors lager kunnen blijken te zijn. Voor waterplanten inclusief Grote waternavel wordt als probleem gezien dat de gehalten aan zware metalen te groot kunnen zijn voor compostering (Hussner, 2017).

Algemeen (<https://www.verspreidingsatlas.nl/2490>) (3). Aanvoer van schoongemaakte waters (3).

Komkommerbontvirus (Bont, o.a. komkommer). Het enig bekende onderzoek dat is verricht aan dit pathogeen meldt een dodingsconditie van 4 d 72 C bij compostering. Eén dag minder leidde nog tot overleving.

Dit vrijlevende, zeer persistente virus kan alleen voor problemen zorgen in de teelt van komkommer. Zeker wel van belang in Nederland, maar waarschijnlijk wel zeldzaam (2). Aanvoer via aangetaste bladeren van o.a. komkommer (1). Het is dus in elk geval zaak te zorgen dat compost waarin komkommerresiduen zitten niet terecht komen grondgebonden teelt van komkommers. Veruit de meeste komkommers worden in Nederland geteeld op steenwol; het fytosanitaire risico is in dit milieu nihil, omdat daar geen compost gebruikt wordt. In zijn algemeenheid is het af te raden partijen komkommerblad in te nemen, en als dat al gebeurt, dan is het verstandig zich ervan te vergewissen dat ze vrij zijn van Komkommerbontvirus.

Listeria monocytogenes* (humaanpathogeen, bacterie). Alleen informatie is gevonden van dodingscondities in waterbaden en in koeienmest. In koeienmest treedt doding op bij 30 of 70 min 60 C, in waterbad was de persistentie groter; hier trad doding op bij 2 d 50 C of 6 u 55 C. Het effect van voorverwarming op persistentie is zeer gering. Inschatting: 1 d 50 C, 0,5 d 55 C.

Zeer zeldzaam (1). Aanvoer via besmet materiaal (mest, voedsel) (3).

Meloidogyne* (Wortelknobbelaaltje). In waterbad zijn korte blootstellingen aan relatief milde temperaturen lethaal, bv. 1-2 min 47,5 C (Jamieson, 2006). Afdoding bij 3 d 55 C of geringer. Inschatting: 1 d 50 C.

Algemeen (3). Aanvoer via besmette wortels (2).

Olpidium brassicae (olpidium, bonen, komkommer en sla, vector van virus, schimmel). In waterbad relatief persistent (30 min 62,5 C, 10 min 50 C), bij compostering doding bij 7 d 50 C en 3 d 54 C. Alleen Bollen (1989) vond dat heftiger condities nodig waren: hij vond 98,3% doding bij 3-4 wk 56-67 C. Mogelijk betreft dit randeffecten waar de hoge temperaturen niet werden bereikt. Inschatting: 7 d 50 C of 4 d 55 C.

Waarschijnlijk zeldzaam (2). Aanvoer via aangetaste wortels van sla (1). Termorshuizen (2005) beredeneerden dat het zeer onwaarschijnlijk is dat dit pathogeen voor problemen kan zorgen gezien de geringe kans dat besmette wortels op compost terecht komen en het feit dat er zeker al een grote fractie van aanwezig inoculum gedood wordt bij 3 d 55 C. Alleen in situaties waarin een grote hoeveelheid sla van een teler worden ingenomen (bv. van een mislukte teelt), en als hier dan ook de wortels bij zitten, dan zou de compost hiervan zeker niet mogen aangewend in een grondgebonden teelt van sla.

Olpidium radicale (olpidium, o.a. komkommer, vector van virus, schimmel). Geen informatie bekend over dodingscondities.

Waarschijnlijk zeldzaam, wellicht zeer zeldzaam (2). Aanvoer via aangetaste wortels van o.a. komkommer (1). Hoogstwaarschijnlijk geldt hiervoor dezelfde redenering als onder *Olpidium brassicae*.

Paratrichodorus en **Trichodoridae*** (wortelinfectie, vrijlevende aaltjes). Er is slechts 1 referentie waarbij bij 6 d 69 C (piektemp.) overleving gevonden werd. Bollen (1989) zegt echter dat doding tijdens compostering geheel probleemloos is. Gezien de afwezigheid van literatuur op dit terrein en de algemeenheid van dit pathogeen vermoed ik dat overleving tijdens compostering geen issue is.

Algemeen (3) bij tal van waardplanten. Aanvoer via besmette plantenwortels (2).

Phomopsis sclerotioides* (wortelrot, komkommer, schimmel). Alleen 1 studie in een waterbad, waarbij doding bij 30 min 50 C gevonden werd. Inschatting: 2 d 50 C.

Waarschijnlijk zeer zeldzaam (1). Aanvoer via besmette plantenwortels (2).

Phytophthora* en ***Pythium****, excl. *Phytophthora ramorum* (wortelrot en omvalziekte, schimmelachtige). Inschatting: 2 d 50 C.

Algemeen (3). Via besmette plantenwortels, wellicht soms ook besmet water (2).

Phytophthora ramorum* (boomziekte bij o.a. rhododendron en eik, schimmelachtige). Inschatting: 1 d 40 C.

Zeldzaam tot vrij zeldzaam (2). Aanvoer via snoeiafval (3).

Plasmodiophora brassicae (Knolvoet bij kolen, protozo). Overleving afhankelijk van vochtgehalte. Als dit minimaal 60% is, dan is 7 d 50 C of 3 d 60 C voldoende voor afdoding. Als dit 51% of lager is dan zijn zwaardere condities nodig (1 d 65 C) (Noble, 2004b; herhaling van dit onderzoek is nog nodig). Coventry (2004) vond 7 d 55 C in een kleinschalige bench-scale incubatie bij een vochtgehalte >50%. Inschatting: 5 d 55 C of 3 d 60 C.

Vrij algemeen tot algemeen (3). Aanvoer via aangetaste wortels van koolplanten (2). Een open vraag is hoeveel geïnfecteerde kolen in de groencompostering worden aangeboden.

Polymyxa betae* (Rhizomanie bij biet, vector van virus, protozo). Effect van compostering alleen bestudeerd door Kerins (2018). Hierin werd doding gevonden bij 4 d 65 C of 8 d 55 C. In waterbad lijkt dit pathogeen gevoeliger (afdoding bij 4 d 55 C (Rijn, 2007)). Inschatting: 8 d 55 C of 4 d 65 C.

Algemeen, maar momenteel worden er alleen resistentie bietenrassen geteeld (2). Aanvoer via aangetaste knollen. Nu niet relevant (1), maar zodra er een resistentiedoorbraak plaatsheeft wel relevant (2). Het is ook onwaarschijnlijk dat forse hoeveelheid geïnfecteerde bieten aangeboden worden aan composteerders.

Ralstonia solanacearum* (Bruinrot bij o.a. aardappel en roos, bacterie). Afdoding bij 3 d 55 C of geringer. Inschatting lastig omdat afdoding weinig onderzocht is bij temperaturen rondom 40-55 C. Inschatting: 2 d 50 C.

Niet zeldzaam (3). Aanvoer via aangetaste planten of besmet water. Aangezien dit een quarantainepathogeen betreft is aanvoer naar groencompost echter onwaarschijnlijk (1).

Rhizoctonia solani* (wortelrot en omvalziekte, schimmel). Afdoding bij 3 d 55 C of lager. Inschatting: 1 d 50 C.

Algemeen (3). Aanvoer via aangetaste plantenwortels, incl. de stengelbasis (2).

Salmonella* (humaanpathogeen, bacterie). Slechts 1 referentie van een studie met compostering gevonden; daarin was 3 d 55 C voldoende. Waarschijnlijk ook doding bij mildere condities, omdat in koeienmest bij 18 u 50 C, 4 u 55 C of 10 min 60 C doding gevonden wordt. Weinig gevoelig voor een hittebehandeling vooraf. Inschatting: 3 d 50 C.

Bij mensen ca. 50.000 infecties per jaar (3). Aanvoer via besmet voedsel en mest (1).

Sclerotinia sclerotiorum* (Rattenkeutelziekte, wortelrot bij vele waardplanten, schimmel). Vooral getest in vochtige grond. De dodingscondities zijn vergelijkbaar tot mogelijk iets heftiger dan die bij *Sclerotium cepivorum*. Inschatting is afdoding bij 3 d 50 C. Onder droge condities zeer tolerant tegen hoge hitte.

Vrij algemeen (3). Aanvoer via aangetaste, dicotyle plantenstengels.

Sclerotium cepivorum (Witrot bij ui, schimmel). In waterbad doding bij <1 d 50 C. Overleving tijdens compostering slechts 2x onderzocht. Bollen vond doding bij 3-4 wk 64-70 C, maar testte niet onder mildere condities. Coventry (2002) vond doding tijdens bench-scale compostering bij 3 d 48 C. Deze is in lijn met resultaten uit de waterbakstudies. Afdoding dus bij 3 d 48 C.

Algemeen tot vrij algemeen (3). Aanvoer via besmette uien (1).

Spongospora subterranea (Poederschurft bij aardappel, protozo). Alleen getest in waterbaden. Bij 10 min 55 C werd overleving gevonden, bij 30 min 60-62,5 C niet. Dit zijn waarden die vergelijkbaar zijn met de doding van *Fusarium oxysporum* in waterbad. Daarom worden hier provisorisch de dodingscondities daarvan overgenomen: 2 d 60 C, 4 d 55 C of 7 d 50 C.

Algemeen (3). Aanvoer via besmette aardappel(schillen) en grond (1). Poederschurft is een zeer persistent pathogeen dat gedurende vele jaren in de grond kan overleven. In compost kan Poederschurft terechtkomen via besmette aardappelschillen. Poederschurft is algemeen, dus het is vooral de vraag hoeveel aardappelschillen in groencompost terechtkomen. Gezien dat de dodingscondities tijdens compostering niet extreem zijn is de verwachting dat een groot deel gedood wordt bij 3 d 55 C.

Stromatinia gladioli (Droogrot bij gladiool, schimmel). Dodingscondities niet nauwkeurig bekend. Slechts 1 referentie waarbij afdoding gevonden werd bij compostering bij 3-4 wk 64-70 C (Bollen, 1989), maar mildere condities werden niet getest. Zonder bronnen te noemen vermelden Looman & van Duijn (2018) als dodingstemperaturen in een waterbad 1 u 50 C (om pitten te hygiëniseren) en 0,5 u 53 C (om kralen te hygiëniseren). Hieruit concluderen we dat composteren bij 3 d 55 C zeker voldoende zal zijn. Inschatting: 1 d 55 C.

Vrij algemeen (3). Aanvoer via aangetaste gladiolen (1).

Synchytrium endobioticum (Wratziekte bij aardappel, schimmel). Staat in het algemeen bekend om zijn persistentie. Overleeft in waterbad 30 min 50-55 C (Bollen, 1989). In een bench-scale compostering vond Steinmüller (2012) overleving bij 12 d 60-65 en adviseert materiaal met dit pathogeen niet voor compostering aan te bieden. Kerins (2018) vond afdoding onder aanmerkelijk mildere condities, maar zoals beschreven in voetnoot 20 van de Annex is dit resultaat niet meegenomen in de notitie omdat er waarschijnlijk problemen waren met het gebruikte inoculum.

Zeldzaam (2). Aanvoer onwaarschijnlijk wegens maatregelen bij vondsten van dit quarantainepathogeen. Bovendien is aanvoer van aardappel(resten) naar groencompost onwaarschijnlijk (1).

Tabaksmozaïekvirus (TMV, vele waardplanten). Een goede dodingskarakteristiek is niet te geven. In waterbaden overleving bij hoge temperaturen (soms 80 C of hoger), maar tijdens compostering is dit geringer. Waarschijnlijk speelt biologische afbraak een belangrijke rol. Compostering bij 7 d 80 C lijkt voldoende te zijn, maar een langere verblijftijd bij lage temperaturen (bv. 6 mnd <31 C bespoedigt waarschijnlijk een biologische afbraak (zie hieronder).

Waarschijnlijk niet algemeen (2). Aanvoer via aangetaste bovengrondse plantendelen (2). TMV, en ook ToMV (zie onder) worden, samen met Knolvoet, vaak in één adem genoemd als dé problematische pathogenen. Inderdaad is diverse malen aangetoond dat deze pathogenen compostering kunnen overleven bij zeer hoge temperaturen. Ze doorstaan nog veel beter droge verhitting. Samen met dat beide pathogenen een zeer brede waardplantenreeks hebben, doemt de vraag op waarom deze pathogenen eigenlijk niet zeer algemeen en problematisch zijn. Dit komt doordat hoogstwaarschijnlijk de biologische afbraak veel belangrijker is, en die is optimaal bij temperaturen rondom 30-40 C. Als biologische afbraak van belang is, treedt doding waarschijnlijk op in de rijpingsfase, of al voordat het materiaal in de composthoop ligt. Maar wat hiervoor de optimale omstandigheden zijn is nog niet bekend. De vraag is ook hoe erg enige hoeveelheid inoculum van deze pathogenen in compost überhaupt van belang is, aangezien TMV aangetoond is in natuurlijke milieus en ook aangezien met praktisch iedere sigaret TMV overgebracht kan worden.

Tomatenmozaïekvirus (ToMV, vele waardplanten). Slechts 1 referentie bekend, maar het is aannemelijk dat vergelijkbare dodingscondities bestaan als voor Tabaksmozaïekvirus.

Waarschijnlijk niet algemeen (2). Aanvoer via aangetaste bovengrondse plantendelen.

Verticillium dahliae* (verwelkingsziekte bij o.a. aardappel, aardbei en diverse boomsoorten, vele waardplanten, schimmel). Afdoding bij 3 d 55 C of geringer. Inschatting: 3 d 50 C.

Algemeen (3). Aanvoer vooral te verwachten via snoeiafval van es (*Fraxinus*), esdoorn (*Acer*) en trompetboom (*Catalpa*). Ook zeer talrijk in dode aardappelstengels (3).

Tabel 1. Samenvatting van de inschattingen van blootstelling en temperatuur om doding te krijgen voor een reeks van pathogenen gedurende een “ideale” compostering.

	Tijd (d)	Temp. (°C)	Mechanisme	Complicaties ¹	Voorkomen in NL ²	Groenafval ³	Aanvoer	Opmerkingen
<i>Armillaria</i> (Honingzwam)	1	45	temperatuur	-	3	3	snoeiafval van bomen en struiken, zowel boven- als ondergronds	-
<i>Botrytis cinerea</i> (Botrytis)	4	40	temperatuur, antagonisme	-	3	2	groene stengels en vruchten van allerlei plantensoorten	-
<i>Campylobacter</i>	3	45	temperatuur	-	3	1	dierlijk voedsel, mest	-
<i>Colletotrichum coccodes</i> (Zwarte spikkel)	2	55	temperatuur	-	3	2	aardappelstengels	-
<i>Cylindrocarpon destructans</i> (wortelrot)	2	55	temperatuur	-	3	2	aangetaste wortels van diverse groenten	-
<i>Cyperus esculentus</i> (Knolcyperus)	3	55	temperatuur	-	3	3	diverse mogelijke aanvoerroutes, toenemend in algemeenheid	-
<i>E. coli</i> (humaanpathogene bacterie)	7 3 3	50 55 60	temperatuur	herkolonisatie gedurende rijpingsfase; veel persistenter onder drogere omstandigheden	3	1	dierlijk voedsel, mest, besmet water	-
<i>Fallopia</i> (exotische duizendknoopsoorten)	3	55	temperatuur	-	3	3	maaisel	-
<i>Fusarium oxysporum</i> (Fusarium-verwelkingsziekte)	7 4 2	50 55 60	temperatuur	-	3	2	diverse waardplanten, zowel in boven- als ondergrondse plantendelen	-
<i>Fusarium solani</i> (wortelrot)	1	55	temperatuur	-	3	2	aangetaste plantewortels	-
<i>Globodera</i> (Aardappelpystealtje)	1	50	temperatuur	-	3	1	aangetaste aardappelknollen en grond	-
<i>Heterodera</i> (Bietencystealtje)	1	55	temperatuur	-	3	1	aangetaste bieten en grond	-
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> (Grote waternavel)	<3	<55	temperatuur	-	3	3	opruimen waternavel	-
Komkommerbontvirus (Bont)	>4	>72	temperatuur?	-	2	1	aangetaste komkommerbladeren	-

	Tijd (d)	Temp. (°C)	Mechanisme	Complicaties ¹	Voorkomen in NL ²	Groenafval ³	Aanvoer	Opmerkingen
<i>Listeria monocytogenes</i> (humaanpathogene bacterie)	1 0,5	50 55	temperatuur	-	1	1	besmet voedsel, mest	-
<i>Meloidogyne</i> (wortelknobbelaaltje)	1	50	temperatuur	-	3	2	besmette plantenwortels (vele waardplanten)	-
<i>Olpidium brassicae</i> (olpidium)	7 4	50 55	temperatuur	-	2	1	besmette plantenwortels (vooral sla)	-
<i>Olpidium radicale</i> (olpidium)	?	?	-	-	2	1	besmette plantenwortels (o.a. komkommer)	-
(Para)trichodorus (Vrijlevend wortelaaltje)	<3	<55	temperatuur	-	3	2	besmette plantenwortels (vele waardplanten)	zie tekst
<i>Phomopsis sclerotioides</i> (wortelrot)	2	50	temperatuur	-	1	2	zeldzaam, komkommerwortels	-
<i>Phytophthora, Pythium</i> (phytophthora en pythium; wortelrot en omvalziekte)	2	50	temperatuur	-	3	2	algemeen, ook in het wild, via wortels, wellicht soms ook besmet water, vele waardplanten	-
<i>Phytophthora ramorum</i> (boomziekte)	1	40	temperatuur	-	2	3	vrij algemeen, snoeiafval, diverse boom- en struiksoorten	-
<i>Plasmodiophora brassicae</i> (Knolvoet)	5 3	55 60	temperatuur	bij vochtgehalte >60%	3	2	wortelaantasting van koolplanten	-
<i>Polymyxa betae</i> (Rhizomanie)	8 4	55 65	temperatuur	-	2	2	aangetaste knollen van bieten	-
<i>Ralstonia solanacearum</i> (Bruinrot)	2	50	temperatuur	-	2	1	aangetaste planten; quarantainepathogeen; aardappel en roos, ook wel oppervlaktewater en de wortels van enkele onkruiden (o.a. bitterzoet)	inschatting lastig, zie tekst
<i>Rhizoctonia solani</i> (rhizoctonia, wortelrot en omvalziekte)	1	50	temperatuur	-	3	1	aangetaste plantenwortels incl. stengelbasis ; vele waardplanten	-
<i>Salmonella</i> (humaanpathogene bacterie)	3	50	temperatuur	herkolonisatie gedurende rijpingsfase; waarschijnlijk per-	2	1	besmet voedsel en mest	-

	Tijd (d)	Temp. (°C)	Mechanisme	Complicaties ¹	Voorkomen in NL ²	Groenafval ³	Aanvoer	Opmerkingen
				sistenter onder drogere omstandigheden				
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Rattenkeutelziekte)	3	50	temperatuur	zeer tolerant tegen droge omstandigheden	3	3	aangetaste dicotyle plantenstengels; vele waardplanten	-
<i>Sclerotium cepivorum</i> (Witrot)	3	48	temperatuur	-	3	1	besmette uien	-
<i>Spongospora subterranea</i> (Poederschurft)	7 4 2	50 55 60	temperatuur	-	3	1	aardappelschillen, grond	-
<i>Stromatinia gladioli</i> (Droogrot)	1	55	temperatuur	-	3	1	besmette gladiolen	-
<i>Synchytrium endobioticum</i> (Wratziekte)	?	?	?	-	2	1	quarantainepathogeen	zeer persistent, ook bij hoge temperaturen
Tabaksmozaïekvirus, Tomatenmozaïekvirus	7	80	temperatuur, biologische afbraak ⁴	-	2	2	bovengrondse plantendelen; vele waardplanten	-
<i>Verticillium dahliae</i> (Verticillium-verwelkingsziekte)	3	50	temperatuur	-	3	3	bovengrondse plantendelen; vooral snoeiafval	-

¹ Voor alle organismen geldt in principe dat de omstandigheden vochtig dienen te zijn. Zonder zulke condities wordt in de regel ook niet de vereiste temperatuur behaald in de thermofiele fase. Alleen waar vochtgehalte een zeer belangrijke factor is, wordt dit in deze kolom vermeld.

² Voorkomen in Nederland: 0 = afwezig; 1 = uiterst zeldzaam, sporadisch; 2 = zeldzaam; 3 redelijk tot zeer algemeen.

³ Voorkomen in groenafval: 0 = kans praktisch afwezig; 1 = zeer klein, hoeft weinig rekening mee gehouden te worden; 2 = kans redelijk, dient rekening mee gehouden te worden; 3 = kans vrij groot tot zeer groot, dient altijd rekening mee gehouden te worden.

⁴ (Tabaksmozaïekvirus, tomatenmozaïekvirus) Biologische afbraak bij lagere temperaturen, ca. 30-40 C.

4. Referenties

- Ackerman, K., Kerry, L., Williams, M. 2013(?). Floating pennywort, *Hydrocotyle ranunculoides* eradication programme on Exminster Marshes, nr Exter, Devon 2000-2013. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKFwjMo7zUxLfdAhUKZlAKHcKbCtUQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.fensforthefuture.org.uk%2FadmIn%2Fresources%2Ffloating-pennywort-eradication-on-exminster-marshes-2000-2013.pdf&usg=AOvVaw2SdyXVs42Ai6y0Dyim2J13>.
- Adams, P.B. 1987. Effects of soil temperature, moisture, and depth on survival and activity of *Sclerotinia minor*, *Sclerotium cepivorum* and *Sporidesmium sclerotivorum*. Plant Disease 71: 170-174.
- Ágoston, R., Mohácsi-Farkas, C., Pillai, S.D. 2010. Exposure to sub-lethal temperatures enhanced heat resistance in *Listeria monocytogenes*. Acta Alimentaria 39: 327-336.
- Asjes, C.J., Blom-Barnhoorn, G.J. 2002. Control of spread of Augusta disease caused by tobacco necrosis virus in tulip by composting residual waste of small bulbs, tunics, roots and soil debris. In Proceedings of the 8th International Symposium on Flowerbulbs. Edited by Littlejohn, G., Venter, R. and Lombard, C. Acta Horticulturae, 570: 283-286.
- Avgelis, A.D., Manios, V.I. 1989. Elimination of tomato mosaic virus by composting tomato residues. Netherlands Journal of Plant Pathology 95: 167-170.
- Avgelis, A.D., Manios, V.I. 1992. Elimination of cucumber green mottle mosaic tobamovirus by composting infected cucumber residues. Acta Horticulturae 302: 311-314.
- Berry, E.D., Millner, P.D., Wells, J.E., Kalchayanand, N., Guerini, M.N. 2013. Fate of naturally occurring *Escherichia coli* O157:H7 and other zoonotic pathogens during minimally managed bovine feedlot manure composting processes. Journal of Food Protection 76: 1308-1321.
- Bøen, A., Hammeraas, B., Magnusson, C., Aasen, R. 2006. Fate of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* during composting. Compost Science & Utilization 14: 142-146.
- Böhmer, H.J., Heger, T., Alberternst, B., Walsler, B. 2006. Ökologie, Ausbreitung und Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs (*Fallopia japonica*) in Deutschland. Anliegen Natur 30: 29-34.
- Bollen, G.J. 1985. The fate of plant pathogens during composting of crop residues. In Composting of Agricultural and Other Wastes. Edited by J.K.R. Gasser. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Barking, Essex, UK, pp. 282-290.
- Bollen, G.J., Volker, D., Wijnen, A.P. 1989. Inactivation of soil-borne plant pathogens during small-scale composting of crop residues. Netherlands Journal of Plant Pathology 1, Supplement 1: 19-30.
- Bollens, U. 2005. Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs (*Reynoutria japonica* Houtt., Syn. *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene, *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.). Literaturreview und Empfehlungen für Bahnanlagen. Umwelt-Materialien Nr. 192. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 44 S.
- Broadbent, L. 1965. The epidemiology of tomato mosaic XI. Seed transmission of TMV. Annals of Applied Biology 56: 177-205.
- Bruns, C. GottschallBruns, C., Gottschall, R., Zeller, W., Schüler, C., Vogtmann, H. 1993. Survival rates of plant pathogens during composting of biogenic waste in commercial composting plants under different decomposition conditions. In Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems. Edited by M. Paoletti, W. Foissner and D. Coleman. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Burge, W.D., Enkiri, N.K., Hussong, D. 1987. *Salmonella* regrowth in compost as influence by substrate (*Salmonella* regrowth in compost). Microbial Ecology 14: 243-253.
- Bustamante, M.A., Moral, R., Paredes, C., Vargas-García, M.N., Suárez-Estrella, F., Moreno, J. 2008. Evolution of the pathogen content during co-composting of winery and distillery wastes. Bioresource Technology 99: 7299-7306.
- BVOR. 2018. Veilig verwerken van Japanse duizendknoop. <http://bvor.nl/blog/veilig-verwerken-japanse-duizendknoop/%3Ca%20class='wpdm-download-link%20wpdm-download-locked%20btnclass'%20rel='noindex%20nofollow'%20href='http://bvor.nl/download/factsheet-verantwoorde-verwerking-van-japanse-duizendknoop/?wpdmdl=1211%27%3E%3Ci%20class=%27%27%3E%3C/i%3EDownload%3C/a%3E>.
- Campbell, R.N., Grogan, R.G. 1963. Big-vein virus of lettuce and its transmission by *Olpidium brassicae*. Phytopathology 54: 681-690.
- Campbell, R.N., Lin, M.T. 1976. Morphology and thermal death point of *Olpidium brassicae*. American Journal of Botany 63: 826-832.

- Chase, C.A., Sinclair, T.R., Locascio, S.J. 1999. Effects of soil temperature and tuber depth on *Cyperus* spp. control. *Weed Science* 47: 467-472.
- Cheo, P.C. 1980. Antiviral factors in soil. *Soil Science Society of America Journal* 44: 62-67.
- Christensen, K.K., Kron, E., Carlsbaek, M. 2001. Development of a Nordic System for Evaluating the Sanitary Quality of Compost. *TemaNord* 2001: 550. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Christensen, K.K., Carlsbaek, M., Kron, E., 2002. Strategies for evaluating the sanitary quality of composting. *Journal of Applied Microbiology* 92: 1143-1158.
- Coelho, L., Mitchell, D.J., Chellemi, D.O. 2001. The effect of soil moisture and cabbage amendment on the thermoinactivation of *Phytophthora nicotianae*. *European Journal of Plant Pathology* 107: 883-894.
- Coventry, E., Noble, R., Mead, A., Whipps, J.M. 2002. Control of Allium white rot (*Sclerotium cepivorum*) with composted onion waste. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1037-1045.
- Coventry, E., Fayolle, L., Aimé, S., Alabouvette, C., Noble, R. 2004. Eradication of plant pathogens and pest from composting wastes and their use in disease suppression. *IOBC/wprs Bulletin* 27: 265-269.
- d'Addabbo, T., Sasanelli, N., Greco, N., Stea, V., Brandonisio, A. 2005. Effect of water, soil temperatures, and exposure times on the survival of the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*. *Phytopathology* 95: 339-344.
- Day, L., Rall, J., McIntyre, S., Terrance, C. 2009 Japanese knotweed composting feasibility study, Delaware County, NY, powerpointpresentatie.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiKu-ueobPdAhXFxqQKHQcADBQQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.dos.ny.gov%2Fwatershed%2F2009presentations%2FJapaneseknotweedcompostingfeasibilitystudy-DelawareCounty.ppt&usg=AOvVawOf13bymMgPh76V6J0SYoUx>
- den Braver, M. 1988. Onderzoek naar de lethale temperatuur van twee biotrofe schimmels van de aardappel, *Spongospora subterranea* (Poederschurft) en *Synchytrium endobioticum* (Aardappelwratziekte). Leeronderzoek Laboratorium voor Fytopathologie, begeleider G.J. Bollen. 47 pp.
- Derek, L.T., Elphinstone, J.G., Abd El-Fatah, H., Agag, S.H., Kamal, M., Abd El-Aliem, M.M., Abd El-Ghany, H., Soliman, M.Y., Fawzi, F.G., Stead, D.E., Janse, J.D. 2011. Limited survival of *Ralstonia solanacearum* Race 3 in bulk soils and composts from Egypt. *European Journal of Plant Pathology* 131: 197-209.
- Dittmer, U., Weltzien, H.C. 1988. Untersuchungen zur Überlebensrate von *Sclerotinia trifoliorum* Eriks. Sklerotien in Kompostierungsprozessen. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 53/2a 329-338.
- Dittmer, U., Budde, K., Stindt, A., Weltzien, H.C. 1990. The influence of the compost process, compost substrates and watery compost extracts on different plant pathogens. *Gesunde Pflanzen* 42: 219-235.
- Downer, A.J., Crohn, D., Faber, B., Daugovish, O., Becker, J. O., Menge, J.A., Mochizuki, M.J. 2008. Survival of plant pathogens in static piles of ground green waste. *Phytopathology* 98: 547-554.
- Droffner, M.L., Brinton, W.F. 1995. Survival of *E. coli* and *Salmonella* populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes. *Zbl. Hyg.* 197: 387-397.
- Dueck, J., Morrall, R.A.A., Klassen, A.J., Vose, J. 1981. Heat inactivation of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 3: 73-75.
- Fayolle, L., Noble, R., Coventry, E., Aime, S., Alabouvette, C. 2006. Eradication of *Plasmodiophora brassicae* during composting of wastes. *Plant Pathology* 55: 553-558.
- Fletcher, J.T. 1969. Studies on the overwintering of Tomato Mosaic in root debris. *Plant Pathology* 18: 97-108.
- Fuchs, J. 2017. Étude de la survie du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) et de la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) lors du compostage et de la méthanisation. FiBL Suisse.
- Garbelotto, M. 2003. Composting as a control for sudden oak death disease. *BioCycle* 44: 53-56.
- García-Jiménez, J., Busto, J., Vincent, A., Armengol, J. 2004. Control of *Dematophora necatrix* on *Cyperus esculentus* tubers by hot-water treatment. *Crop Protection* 23: 619-623.
- Ghaly, A.E., Alkoaik, F., Snow, A. 2006a. Inactivation of *Botrytis cinerea* during thermophilic composting of greenhouse tomato plant residues. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 133: 59-75.
- Ghaly, A.E., Alkoaik, F., Singh, R. 2006b. Effective thermophilic composting of crop residues for inactivation of Tobacco Mosaic Virus. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 2: 111-118.
- Glynnne, M.D. 1926. The viability of the winter sporangium of *Synchytrium endobioticum* (Schib.) Perc., the organism causing wart disease in potato. *Annals of Applied Biology* 8: 19-36.
- Goheen, A.C., McGrew, J.R. 1954. Control of endoparasitic root nematodes in strawberry propagation stocks by hot water treatments. *Plant Disease Reporter* 38: 818-26.
- Herrmann, I., Meissner, S., Bachle, E., Rupp, E., Menke, G., Grossmann, F. 1984. Impact of the rotting process of biodegradable material of household garbage on the survival of phytopathogenic organisms and of tomato seeds. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 101: 48-65.
- Hind-Lanoiselet, T.L., Lanoiselet, V.M., Lewington, F.K., Ash, G.J., Murray, G.M. 2005. Survival of *Sclerotinia sclerotia* under fire. *Australasian Plant Pathology* 34: 311-317.

- Hoitink, H.A.J., Herr, L.J. and Schmitthenner, A.F. 1976. Survival of some plant pathogens during composting of hardwood tree bark. *Phytopathology* 66: 1369-1372.
- Hoitink H.A.J., Fahy, P.C. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology* 24 93-114.
- Howles, R. 1961. Inactivation of tomato mosaic virus in tomato. *Plant Pathology* 10 160-161.
- Hussner, A., Stiers, I., Verhofstad, M.J.J.M., Bakker, E.S., Grutters, B.M.C., Haury, J., van Valkenburg, J.L.C.H., Brundu, G., Newman, J., Clayton, J.S., Anderson, L.W.J., Hofstra, D. 2017. Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: A review. *Aquatic Botany* 136: 112-137.
- Jamieson, L.E., Chhagan, A., Redpath, S.P., Griffin, M.J., Rohan, C., Tunupopo, F., Tugaga, A., Connolly, P.G., Woolf, A.B. 2016. Development of a hot water disinfestation treatment for taro exported from the Pacific Islands. *New Zealand Plant Protection* 69: 200-206.
- Jiang, X., Morgan, J., Doyle, M.P. 2003. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 during composting of bovine manure in a laboratory-scale bioreactor. *Journal of Food Protection* 66: 25-30.
- Kaur, J., Ledward, D.A., Park, R.W.A., Robson, R.L. 1998. Factors affecting the heat resistance of *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology* 26: 325-330.
- Kerins, G., Blackburn, J., Nixon, T., Daly, M., Conyers, C., Pietravalle, S., Noble, R., Henry, C.M. 2018. Composting to sanitize plant-based waste infected with organisms of plant health importance. *Plant Pathology* 67: 411-417.
- Looman, B., van Duijn, C (eds.). 2018. Ziekten en plagen bij bloembollen. *Bollenacademy*,
- Lopez-Real, J., Foster, M. 1985. Plant pathogen survival during the composting of agricultural organic wastes. In: *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Edited by J.K.R. Gasser. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Barking, Essex, UK, pp. 291-300.
- Mackay, J.M., Shipton, P.J. 1983. Heat treatment of seed tubers for control of potato blackleg (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) and other diseases. *Plant Pathology* 32: 385-393.
- Macklin, K.S., Hess, J.B., Bilgili, S.F. 2008. In-house windrow composting and its effects on foodborne pathogens. *Journal of Applied Poultry Research* 17: 121-127.
- Martin, G.C. 1968. Control of *Meloidogyne javanica* in potato tubers. *Nematologica* 14: 441-446.
- McLean, K.L., Swaminathan, J., Stewart, A. 2001. Increasing soil temperature to reduce viability of *Sclerotium cepivorum* in New Zealand soils. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 137-143.
- Menke, G., Grossmann, F. 1971. Einfluss der Schnellkompostierung von Mull auf Ereger von Pflanzenkrankheiten. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 71: 75-84.
- Morris S. 2000. The control of Japanese Knotweed in Cornwall Unpublished BSc Project University of Exeter, Camborne School of Mines (zoals geciteerd in Rennocks, 2007).
- Munnecke, D.E., Wilbur, W., Darley, E.F. 1976. Effect of heating or drying on *Armillaria mellea* or *Trichoderma viridae* and the relation to survival of *A. mellea* in soil. *Phytopathology* 66, 1363-1368.
- Nelson, P.E., Wilhelm, S. 1958. Thermal death range of *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 48: 613-616.
- Nielsen, S.L., Molgaard, J.P. 1997. Incidence, appearance and development of potato mop-top furovirus induces spraing in potato cultivars and the influence on yield, distribution in Denmark and detection of the virus in tubers by ELISA. *Potato Research* 40: 101-110.
- Nishinome, Y., Shimizu, M., Takakura, S., Soma, J., Abe, H. 1996. Disinfection of beet sugar factory waste soil in the process of composting. *Proceedings of the Japanese Society of Sugar Beet Technologists* 38: 150-159.
- Noble, R., Roberts, S.J. 2004a. Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: A review. *Plant Pathology* 53: 548-568.
- Noble, R., Jones, P.W., Coventry, E., Roberts, S.J., Martin, M., Alabouvette, C. 2004b. Investigation of the effect of the composting process on particular plant, animal and human pathogens known to be of concern for high quality end-uses. STA0012, The Waste & Resources Action Programme (WRAP), Banbury, Oxon, UK.
- Noble, R., Blackburn, J., Thorp, G., Dobrovin-Pennington, A., Pietravalle, S., Kerins, G., Allnut, T.R., Henry, C.M. 2011. Potential for eradication of the exotic plant pathogens *Phytophthora kernoviae* and *Phytophthora ramorum* during composting. *Plant Pathology*, 60: no. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02476.x.
- Oki, L., Bodaghi, S., Lee, E., Haver, D., Pitton, B., Nackley, L., Mathews, D.M. 2017. Elimination of Tobacco Mosaic Virus from irrigation runoff using slow sand filtration. *Scientia Horticulturae* 217: 107-113.
- Patel, J.R., Yossa, I., Macarisin, D., Millner, P. 2015. Physical covering for control of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in static and windrow composting processes. *Applied and Environmental Microbiology* 81: 2063-2074.
- Price, W.C. 1933. The thermal death rate of Tobacco mosaic virus. *Phytopathology* 23: 749-769.
- Pullman, G.S., DeVay, J.E., Garber, R.H. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soil-borne plant pathogens. *Phytopathology* 71: 959-964.
- Rennocks, L. 2007. Knotweed control: Implications for biodiversity and economical regeneration in Cornwall. Duchy College, Rosewame. Studentenverslag.

- Ryckeboer, J. 2001. Biowaste and Yard Waste Composts: Microbiological and Hygienic Aspects – Suppressiveness to Plant Diseases. PhD Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Ryckeboer, J., Cops, S., Coosemans, J. 2002. The fate of plant pathogens and seeds during backyard composting of vegetable, fruit and garden wastes. In: Microbiology of Composting. Edited by H. Insam, N. Riddech and S. Klammer. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 527-537.
- Saharan, G.S., Mehta, N. 2008. *Sclerotinia* diseases of crop plant: biology, ecology and disease management. Springer Science.
- Shen, Q., Jangam, P.M., Soni, K.A., Nannapaneni, R., Schilling, W., Silva, L.J. 2014. Low, medium, and high heat tolerant strains of *Listeria monocytogenes* and increased heat stress resistance after exposure to sublethal heat. *Journal of Food Protection* 77: 1298-1307.
- Singh, R., Jiang, X., Luo, F. 2010. Thermal inactivation of heat-shocked *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in dairy compost. *Journal of Food Protection* 73: 1633-1640.
- Singh, R., Kim, J., Shepherd, M.W., Luo, F., Jiang, X. 2011. Determining thermal inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in fresh compost by simulating early phases of the composting process. *Applied and Environmental Microbiology* 77: 4126-4135.
- Singh, R., Jiang, X. 2012. Thermal inactivation of acid-adapted *Escherichia coli* O157:H7 in dairy compost. *Foodborne pathogens and disease* 9: 741-748.
- Steinmüller, S., Bandte, M., Büttner, C., Müller, P. 2012. Effects of sanitation processes on survival of *Synchytrium endobioticum* and *Globodera rostochiensis*. *European Journal of Plant Pathology* 133: 753-763.
- Stone, L.E.W., Webley, D.P. 1975. The effect of heat on the hatch of potato cyst eelworms. *Plant Pathology* 24: 74-76.
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, M.C., Elorrieta, M.A., López, M.J., Moreno, J. 2003. Temperature effect on *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* survival during horticultural waste composting. *Journal of Applied Microbiology* 94: 475-482.
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, M.C., López, M.J., Moreno, J. 2007. Effect of horticultural waste composting on infected plant residues with pathogenic bacteria and fungi: integrated and localized sanitation. *Waste Management* 27: 886-892.
- Swain, S., Harnik, T., Mejia-Chang, M., Hayden, K., Bakx, W., Creque, J., Garbelotto, M. 2006. Composting is an effective treatment option for sanitization of *Phytophthora ramorum*-infected plant material. *Journal of Applied Microbiology* 101: 815-827.
- Termorshuizen, A.J., van Rijn, E., Blok, W.J. 2005. Phytosanitary risk assessment of composts. *Compost Science & Utilization* 13: 108-115.
- van Loenen, C.A., Turbett, Y., Mullins, C.E., Feilden, N.E.H., Wilson, M.J., Leifert, C., Seel, W.E. 2003. Low temperature short duration steaming of soil kills soil-borne pathogens, nematode pests and weeds. *European Journal of Plant Pathology* 109, 93-102.
- van Rijn, E., Termorshuizen, A.J. 2007. Eradication of *Polymyxa betae* by thermal and anaerobic condition and in presence of compost leachate. *Journal of Phytopathology* 155: 544-548.
- van Schoubroeck, F. 1987. De overleving van *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii*, *Polymyxa betae*, *Pyrenochaeta lycopersici* en knolcyperus tijdens kompostering van gewasresten. Leeronderzoek Laboratorium voor Fytopathologie, begeleider G.J. Bollen. 34 pp.
- Veijalainen, A.M., Lilja, A., Juntunen, M.L. 2005. Survival of uninucleate *Rhizoctonia* species during composting of forest nursery waste. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 206-212.
- Wang, K.H., McSorley, R. 2008. Exposure time to lethal temperatures for *Meloidogyne incognita* suppression and its implication for soil solarization. *Journal of Nematology* 40: 7-12.
- Ward, R. 2003. Investigations into the effect of temperature on regeneration of Japanese Knotweed, *Fallopia Japonica* (Houtt.). CIWM Scientific and Technical Review 4: 19-21.
- Wichuk, K.M., Tewari, J.P., McCartney, D. 2011. Plant pathogen eradication during composting: A literature review. *Compost Sci & Util* 19: 244-266.
- Ylimäki, A., Toiviainen, A., Kallio, H., Tikanmäki, E. 1983. Survival of some plant pathogens during industrial-scale composting of wastes from a food processing plant. *Annales Agriculturae Fenniae* 22: 77-85.
- Yuen, G.Y., Raabe, R.D. 1984. Effects of small-scale aerobic composting on survival of some fungal plant pathogens. *Plant Disease* 68: 134-136.
- Xian, C., Baros, P., Robinson, S. 2011. Can composting kill Japanese knotweed. *Organic Recycling* 12 December 2011: 38.

Annex 1. Overzicht van dodings- en overlevingscondities van een aantal belangrijke planten- en humaanpathogenen.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
<i>Armillaria</i> spp. (Honingzwam): wortelrot in allerlei boomsoorten, zeer algemeen	s	-	nc	7 u =41 C, 30 min =49 C [stoom]	-	Munnecke 1976	-
			c	10 d >50 C (piektemp. 70 C) [kleinschalige compostering]	-	Yuen 1984	Waarneming gedaan 21 d na inzetten.
<i>Botrytis cinerea</i> : rot, vele waardplanten, zeer algemeen	s	-	nc	1 wk =50 C, 3 wk =40 C [hete lucht, geïnfecteerde geraniumstekken]	2 wk =40 C	Hoitink 1976	-
			nc	10 min =65 C [waterbad]	10 min =55 C	Lopez-Real 1985	-
			c	3 wk <45 C, 3 wk <25 C [kleinschalige compostering]	-	Hoitink 1976	De "composthoop" met <25 C betrof een hoop die uitsluitend bestond uit schors met hoge C/N-gehalte.
<i>Campylobacter</i> : humaanpathogeen (campylobacteriose), veelal aanwezig in onbereid vlees, algemeen	h-b	-	c	4 d 35 C (piektemp.) [kleinschalige indore compostering]	-	Lopez-Real 1985	-
			c	48 u 63 C [reactor, kleinschalig]	-	Ghaly 2006a	-
			c	7 d <52 C, 7 d <28 C [kleinschalige compostering]	-	Macklin 2008	De 7 d <28 C betrof de rand van de composthoop.
<i>Colletotrichum coccodes</i> : aantasting van aardappelknollen (Zwarte spikkel), zeer algemeen	s	-	nc	30 min =50 C [waterbad]	30 min =45 C	Bollen 1985	-
			c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.

⁸ a = aaltje (= nematode), b = bacterie, c = chromist (schimmel-achtige), h = humaanpathogeen, p = protozo (schimmel-achtige), pl = plant, s = schimmel, v = virus.

⁹ Q = quarantaine pathogeen status A2 (https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list), L = op EPPO list of bioinvasive plants (https://www.eppo.int/ACTIVITIES/invasive_alien_plants/iap_lists#iap).

¹⁰ c = compostering, nc = niet compostering, bv. waterbad-incubaties.

¹¹ Conditie verwijzen naar de in betreffende studie gevonden minimale condities voor inactivering (doding), tenzij anders vermeld; d = dagen, min = minuten, mnd = maanden, wk = weken, u = uren; als er meer dan één blootstellingsduur-temperatuurcombinatie is aangegeven dan betreft dit verschillende behandelingen die ieder tot doding leiden. =C: experiment uitgevoerd bij constante temperatuur (als 2 temperaturen vermeld worden dan varieert de temperatuur hiertussen); <C: aangegeven temperatuur was de gemeten piektemperatuur; >C: aangegeven temperatuur was de gemeten laagste temperatuur. Tussen vierkante haken de methode van onderzoek; het meeste spreekt voor zich. [bench-scale] = een kleinschalige studie met geforceerde temperatuur.

¹² Een * achter de citatie geeft aan dat de oorspronkelijke publicatie niet is gevonden. In dit geval is informatie uit de samenvatting gebruikt, of uit andere publicaties die hiernaar geciteerd hebben.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
<i>Cylindrocarpon destructans</i> : wortelrot in diverse gewassen, algemeen	s	-	nc	30 min =47,5 C [waterbad]	30 min =45 C	Bollen 1985	-
<i>Cyperus esculentus</i> (Knolcyperus): bioinvasieve plant, vrij algemeen	pl	L	nc	30 min =57,5 C [waterbad]	30 min =55 C	van Schoubroeck 1987	-
			nc	120 min =64 C [waterbad]	310 min =64 C, 10 min =61 C	García-Jiménez 2004	-
			nc	14x6 u =50 C [grond, zie toelichting]	14x6 u =45 C	Chase 1999	Dagelijks werd de grond verwarmd gedurende 6 u waarna deze afkoelde tot 26 C.
<i>E. coli</i> (= <i>Escherichia coli</i>) O157:H7: humaanpathogeen (hemorragische colitis), aanwezig o.a. in vlees, zuivel en mest, niet zeldzaam ¹³	h-b	-	nc	zonder hitteschok: 18 u =50 C, 4 u =55 C, 20 min =60 C [bench-scale, koeienmest] na hitteschok vooraf bij 60 min =47,5 C: 8 u =50 C, 4 u =55 C, 20 min =60 C [bench-scale, koeienmest]	8 u =50 C, 3 u =55C, 10 min =60 C (zonder hitteschok)	Singh 2010	-
			nc	5 d =50 C, 3 d =55 C, 3 d =60 C [verse koeienmest, C/N=25, bench-scale] 12 d =50 C, 5 d =55 C, 3 d =60 C [verse koeienmest, C/N=16, bench-scale]	Overleving bij korter durende incubaties	Singh 2011	Bepaald bij 50% vochtigheid, bij 40% vochtigheid dient de incubatie 2 dagen langer te zijn.
			nc	19 d =50 C, 7 d =55 C, 5 d =60 C [verse koeienmest] 3 d =55 C [gecomposteerde koeienmest] [bench-scale]	-	Singh 2012	Beperkt effect van zuur-adaptatie van de bacteriën. De opwarmtijd bedroeg 2 u; bij een snelle opwarmtijd van 15 min is de inactivering sneller: 12 u =55 C.
			c	14 d =±52-55 C, 14 d =±57-65 C [bench-scale]	7 d =±52-55 C, 7 d =±57-65 C	Jiang 2003	Geconcludeerd wordt dat mest 1 wk >50 C of liever 2 wk >50 C gecomposteerd wordt.
<i>Fallopia</i> (bioinvasieve	pl	L	c	28 d ±40-50 C [kleinschalige compostering, koeienmest]	84 d <30-35C	Berry 2013	Ook doding bij hogere temperaturen.
			c	zie tekst	-	Christensen 2002	-
			c	1 d >55 C [windrow compostering]	-	Patel 2015	-
			c	3 d >55 C [windrow compostering]	-	BVOR 2018	vermelding in fact sheet, details

¹³ (*E. coli*) Droffner (1995) vond excessieve overleving van *E. coli* gedurende compostering: in plantaardige compost overleving bij 9 d =60-70 C. Het is niet duidelijk waardoor dit is veroorzaakt. Mogelijk speelt een rol dat door de gebruikte DNA-methode ook dode cellen zijn gekwantificeerd. Hetzelfde is gevonden voor *Salmonella* Typhimurium (zie voetnoot aldaar). Singh (2010, 2011, 2012) heeft onderzocht wat de invloed is van een hitteschok (heat-shock resistance) en een zuurbehandeling (acid resistance). Deze effecten waren wel aanwezig, maar bij lange na niet zo groot dat de resultaten van Droffner verklaard kunnen worden. Daarom worden de resultaten van Droffner hier niet weergegeven.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
duizendknopen): <i>F. japonica</i> (Japanse d.), <i>F. sachalinensis</i> (Sachalinse d.), <i>F. × bohemica</i> (Bastaardd.), zeer algemeen							onbekend
			c	7 d >55 C [windrow compostering]	aan de randen	Fuchs, 2017	-
			c	3 d >55 C [windrow compostering] 3 d =52-55 C [vochtige verhitting]	-	Day 2009	-
			c	3 d 40 C, 2 d 45 C, 4 u 50 C	8 u 40 C, 1 d 45 C	Xie 2011	vochtigheid 61%
			nc	3 d 40 C, 1 d 45 C, 4 u 50 C	2 d 40 C, 8 u 45 C	Xie 2011	incubatie in leemgrond; de iets betere overleving in compost werd toegeschreven aan het hogere vochtgehalte
<i>Fusarium oxysporum</i> : wortelrot en verwelking bij vele tweezaadlobbige gewassen, zeldzaam tot vrij algemeen ¹⁴	s	-	nc	30 min =65 C (f. sp. <i>dianthi</i>) 10 min =60 C (f. sp. <i>gladioli</i> , <i>lycopersici</i> , <i>melongonae</i>) [waterbad]	30 min =55 C, 30 min =60 C (f. sp. <i>dianthi</i> , 2 isolaten), 10 min =57,5 C (andere f. sp.)	Bollen 1985	-
			nc	12 d =45 C, 4 d =55 C, 5 u =65 C [waterbad]	Overleving bij geringere incubatieduur	Suárez-Estrella 2003	-
			c	3-4 wk >40 C (piektemp. 56-67 C) [kleinschalige indore compostering] (f. sp. <i>melonis</i>)	-	Bollen 1989	-
			c	108 d <65-70 (piektemp.) [kleinschalige compostering] [bench-scale incubator] (f. sp. <i>melonis</i>)	-	Suárez-Estrella 2003	Flinke verschillen in temperatuurprofiel van de composthopen, maar alle 4 bereikten een piektemp. >60 C.
			c	3-4 wk >40 C (piektemp. 53-65 C) [kleinschalige indore compostering] (f. sp. <i>cucurbitae</i>)	1,6% overleving van f.sp. <i>melongonae</i>	Bollen 1989	-
			c	3-4 wk >40 C (piektemp. 58-70 C) [kleinschalige indore compostering] (f. sp. <i>lilii</i>)	3-4 wk >40 C (piektemp. 16-51 C)	Bollen 1989	De compostering waarbij overleving werd gevonden betrof volgens de auteur een mislukte compostering.
			c	7 d =50 C (f. sp. <i>lycopersici</i>), 7 d =50 C (f. sp. <i>narcissi</i>), 7 d =45 C (f. sp. <i>pisi</i>), 7 d =50 C (f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>) [bench-scale]	resp. 7 d =46 C, 7 d =45 C, 7 d 40 C, 7 d =40 C	Coventry 2004	--

¹⁴ (*Fusarium*) Niet opgenomen is een in Noble (2004a) genoemd onderzoek van Christensen (2001). Deze publicatie is onvindbaar en Noble (2004a) meldt dat de experimentele omstandigheden waaronder getest is onbekend zijn. Potentieel zou deze publicatie interessant kunnen zijn omdat er overleving gerapporteerd wordt bij 21 d 65-74 C.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
			c	4 d >50, < 60 C, 2 d <60 C [praktijktunnel] (f. sp. <i>lycopersici</i>)	-	Noble 2004b	-
			c	7 d =52 C [bench-scale] (f. sp. <i>lycopersici</i>)	7 d =52 C in gesimuleerde dry pockets	Noble 2004b	-
			c	3-4 wk >40 C (piektemp. 47-65 C) [kleinschalige indore compostering] (f. sp. <i>callistephi</i>)	-	Bollen 1989	-
<i>Fusarium solani</i> : wortelrot bij diverse gewassen, algemeen	s	-	nc	30 min =50 C [waterbad] (f. sp. <i>solani</i>)	30 min =45 C	Bollen 1985	-
			c	3-4 wk =53-65 C [kleinschalige indore compostering] (f. sp. <i>cucurbitae</i>)	-	Bollen 1989	-
<i>Globodera pallida</i> , <i>G. rostochiensis</i> : aardappelmoehheid, vrij algemeen ¹⁵	a	Q	nc	3 min =50 C (<i>G. pallida</i>) 3 min =60 C [grondstomen] (<i>G. rostochiensis</i>)	-	van Loenen 2003	-
			c	70 d <20-35 C, 70 d <30-45 C, 12 d <60-65 C, 21 d <50-55 C, 7 d <50-55 C [kleinschalige compostering] (<i>G. rostochiensis</i>)	-	Steinmüller 2012	Resultaten van overleving in verschillende composthoopen.
			nc	In pulp (wrsch. aardappelpulp) 30 min =70 C [waterbad]	-	Steinmüller 2012	-
			c	99,9% doding bij 8 d >50 C [bench-scale] (<i>G. rostochiensis</i>)	-	Bøen 2006	Een enkele cyste overleefde 60 C.
<i>Heterodera schachtii</i> (Wit bietencystealtje), vrij algemeen	a		nc	97,5% doding bij 2 u =52,5 C [waterbad] 42,7 d =40 C, 10,7 d =45 C [grond]	>50% overleving bij 2 u =50 C [waterbad], <2% overleving bij 21,3 d =40 C, 21,3 d =42,5 C, 5,3 d =45 C [grond]	d'Addabbo 2005	-
			c	62 u <67 C [GFT-vat]	Overleving bij 40 u <50 C [composthoop]	Ryckeboer 2001	-
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> (Grote waternavel): bioinvasieve plant, algemeen	pl	Q	c	7 d >55 C [windrow compostering]	aan de randen	Fuchs, 2017	-
Komkommerbontvirus (CGMMV = Cucumber Green Mottle Mosaic (Tobamo)virus = cucumber virus 2) (Bont) op komkommer, niet zeldzaam(?)	v	-	c	4 d <72 C [kleinschalige compostering]	3 d <72 C [kleinschalige compostering]	Avgelis 1992	-
			nc	35 d =50 C en 3 d =72 C [incubator,	30 d =50 C, 2 d =72C	Avgelis 1992	-

¹⁵ (*Globodera*) De waarnemingen van Stone (1975) zijn niet goed te plaatsen (bv. meer overleving bij langere incubatie bij bepaalde sublethale temperaturen) en zijn daarom niet meegenomen in dit overzicht.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
<i>Listeria monocytogenes</i> ¹⁶ humaanpathogeen (listeriose), op rauwmelkse kaas en vlees, weinig optredend (www.rivm.nl) ¹⁶	h-b	-	nc	gedroogd, geïnfecteerd komkommermateriaal] 2 d =50 C, 6 u =55 C, 70 min =60 C [bench- scale, koeienmest]	1 d =50 C, 5 u =55 C, 60 min =60 C	Singh 2010	Beperkt effect van een hitteschok (1 u 47,5 C) vooraf.
			nc	30 min =60 C [waterbad, in groeimedium]	-	Shen 2014	Na voorverhitting bij 48 C gedurende 30 of =60 min is de inactivatie ca. 70 min =60 C.
			c	7 d ±=40-50 C [kleinschalige compostering, koeienmest]	56 d ±=20-30 C	Berry 2013	7 d ±=40-50 C: wel overleving van andere <i>Listeria</i> spp.; deze inactief bij 84 d ±=40-50 C.
<i>Meloidogyne</i> (wortelknobbelaaltje): vele waardplanten, algemeen	a	Q ¹⁷	nc	1-2 min =47,5 C, 0,5-1 min =50 C [waterbad] (<i>Meloidogyne</i> sp.)	-	Jamieson 2016	Getest zijn larven.
			nc	2 u =46 C, 1 u =49 C [waterbad] (<i>M. javanica</i>)	1 u =47,5 C (<i>M. javanica</i>), 2 u =44,5 C, 30 min =45,5 C (<i>M.</i> <i>hapla</i>) [waterbad]	Martin (1968)	-
			nc	-	1 u =44 C [waterbad] (<i>M. hapla</i>)	Goheen 1954	-
			nc	13,8 u =42 C, 19,7 u =41 C, 46,2 d =40 C [waterbad] (<i>M. incognita</i>)	-	Wang 2008	Getest zijn zowel eieren als J2-larven; eieren bleken gevoeliger dan larven (hier zijn de dodingscondities van de larven weergegeven).
			c	12-21 d <55-65 C [windrow composting] (<i>M.</i> <i>incognita</i>)	-	Herrmann 1984*	-
			c	42 u <58 C [GFT-vat] (<i>M. chitwoodi</i>)	-	Ryckeboer 2001	-
			c	19 u 57 C (gem. temp.) [composthoop] (<i>M.</i> <i>incognita</i>)	-	Menke 1971*	-
<i>Oplidium brassicae</i> : vector van Slabobbelbladvirus (LBYVV) en Tabaksnecrosevirus (TNV), o.a. op sla, boon, komkommer en tulp, niet algemeen	s,v	-	nc	4 d <74 C [composthoop], 30 u =50 C [bench- scale] (<i>M. incognita</i>)	-	Herrmann 1994*	-
			nc	30 min =62,5 C [waterbad]	30 min =60 C	Bollen 1985	Maximum temp. doding resp. maximum temperatuur overleving (4 exps).

¹⁶ Van *Listeria monocytogenes* is er een bekende variatie aan hittetolerantie. Hier is informatie vermeld over de meest hittetolerante stammen.

¹⁷ Q alleen voor *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax*.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
			nc	“waarschijnlijk 10 min =65 C”	-	Campbell 1963*, 1976	-
			nc	21 d =53 C, 56 d =40 C, 14 d =50 C [bewaarcel]	-	Asjes 2002	-
			c	50 d >50 C [composthoop]	-	Asjes 2002	-
			c	7 d =50 C [bench-scale]	-	Coventry 2004	-
			c	98,1% doding bij 3-4 wk >40 C (piektemp. 56-67 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	-
<i>Olpidium radicale</i> : vector van komkommer necrosevirus (mozaïek), op komkommer en meloen, #	s	-	-	?	?	-	Geen informatie gevonden.
Paratrichodorus & Trichodoridae (incl. <i>Trichodorus</i>), vector van Tabaksratelvirus (TRV): stengelbont (aardappel) en ratel (allerlei bloembolgewassen)	n,v	-	c	-	6 d <69 [composthoop]	Menke 1971*	-
<i>Phomopsis sclerotioides</i> : komkommerachtigen, niet algemeen?	s	-	nc	30 min =50 C [waterbad]	30 min =45 C	Bollen 1985	-
			c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.
<i>Phytophthora cryptogea</i> , <i>P. cinnamomi</i> , <i>P. infestans</i> , <i>P. pseudosyringae</i> , <i>P. nicotianae</i> , <i>Pythium irregulare</i> , <i>P. ultimum</i> : wortelrot en omvalziekte op vele tweezaadlobbige gewassen, zeer algemeen ¹⁸	c	-	c,nc	30 min =50 C (<i>Pythium sylvaticum</i>), 30 min >52,5 C (<i>P. aphanidermatum</i>) 30 min >50 C (<i>P. cryptogea</i>) [waterbad, Bollen, 1985]; compostering: 3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering] (Bollen, 1989) 7 d =40 C (<i>Pythium ultimum</i>) [bench-scale composting, Coventry, 2004]	30 min =42,5 C (<i>Pythium aphanidermatum</i>), 30 min =42,5 C (<i>P. sylvaticum</i>) (Bollen, 1985)	Bollen 1989, 1985; Downer 2008; Hoitink 1976; Noble 2011; Coventry 2004; Coelho, 2001	-
<i>Phytophthora ramorum</i> : bovengrondse aantasting van diverse bomen en struiken, zeldzaam	c	Q	nc	<1 d =40 C [bench-scale]	-	Noble 2011	-
			nc	24 u =40 C, 2u = 45 C, 1 u =55 C [in-vitro cultures, droge hitte]	4 u =40 C	Swain 2006	-

¹⁸ De dodingscondities van *Phytophthora* en *Pythium* zijn geregeld bepaald en in alle gevallen waarin composteringscondities min of meer realistisch zijn nagebootst is volledige afdoding gevonden. Alleen in één benchscale-studie werd overleving van *Phytophthora nicotianae* gevonden bij 7 d =52 C en doding bij 7 d =58 C (Noble, 2004b).

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
			nc	24 u =40 C, 2 u =45C [bench-scale]	-	Garbelotto 2003	-
			c	5 d >42 C [compostering]	-	Noble 2011	Dit betreft overleving in koeler deel van de composthoop; afdoding werd ook vastgesteld in de warmere delen.
			c	<2 wk =55 C[bench-scale]	-	Swain 2006	-
			c	2 wk >55 C [bench-scale]	-	Garbelotto 2003	-
<i>Plasmodiophora brassicae</i> (knolvoet): kolen, algemeen ¹⁹	p	-	nc	30 min =60 C [waterbad]	30 min 55 C	Bollen 1985	-
			nc	10 min =75 C [waterbad]	10 min =65 C	Lopez-Real 1985	-
			c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.
			c	3-4 wk >40 C (piektemp. 47-65 C) [kleinschalige indore compostering] (f.sp. <i>callistephi</i>)	-	Bollen 1989	-
			c	1 d =54 C, 1 d <65C [kleinschalige indore compostering]	16 d <35 C	Lopez-Real 1985	-
			c	7 d =50 C, 1 d =60 C, 1 d 65 =C (indien vochtgehalte >59% (w/w)) [bench-scale] 1 d <65 C (indien vochtgehalte >51%) [windrow compostering] 6-7 d =54-73 C [windrow compostering en tunnelcompostering]	7d =60 C in gesimuleerde dry pockets; tevens overleving in niet-geaëreerde systemen [bench-scale]	Fayolle 2006, Noble 2004b	
			c	7 d =50 C [benchscale] (indien vochtgehalte >50% (w/w))	7 d =40 C	Coventry 2004	-
			-	-	21 d =40-60 C [composthoop]	Bruns 1993*	Overleving bepaald na 71 d.
<i>Polymyxa betae</i> : rhizomanie en vector van Bietenrhizomanievirus (BNYVV = Beet Necrotic Yellow Vein Virus), niet zeldzaam maar momenteel worden alleen resistente rassen geteeld	p	-	nc	14 d =40 C; 1 d =60 C [gecomposteerd suikerbietresidu met 80% grond]	-	Nishinome 1996*	-
			nc	30 min =60 C; 4 d =55 C [waterbad]	40 C in water was overleving	van Rijn 2007	-

¹⁹ (*Plasmodiophora*) De studie van Ylimäki (1983) is niet meegenomen. Deze studie is onduidelijk qua details en rapporteert naar mijn mening onrealistisch hoge dodingscondities voor *Plasmodiophora brassicae* en *Rhizoctonia solani*.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
			c	8 d =55 4 d =65 [bench-scale]	±10× geringer dan in compostextract <23 d =40 C, 7 d =55 C en =3 d =65 C	Kerins 2018	-
<i>Ralstonia solanacearum</i> : bruinrot op aardappel en roos, vrij zeldzaam	b	Q	nc	7-30 d =28 C [compost van vooral mest], 124- 154 d =28 C, 124 d =35 C [grond]	-	Derek 2011	-
			nc		-	Derek 2011	-
			c	3 wk <40 C [compostering, zie toelichting]	-	Derek 2011	Traditionele compostering (Egypte), waar piektemp. 40 C is.
			c	16 u <59 C [tunnelcompostering]	-	Ryckeboer 2001 (geciteerd in Noble 2004a)	-
<i>Rhizoctonia solani</i> : wortelrot en omvalziekte bij vele tweezaadlobbige gewassen, zeer algemeen ²⁰	s	-	nc	1 wk =50 C, 7 wk =40 C [hete lucht, geïnficeerde gerstezaad]	6 wk =40 C	Hoitink 1976	-
			nc	12 min =50 C [waterbad]	-	Pullman 1981	-
			c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.
			c	7 d =40 C [bench-scale incubator]	-	Coventry 2004	-
			c	2-5 d =45-65 C [kleinschalige compostering]	-	Suárez-Estrella 2007	Ook afdoding waar piektemp. niet werd bereikt.
			c	7 d =40 C, 1 d =50 C [bench-scale]	-	Noble 2004b	-
			c	10-12 wk <40 C, 10-12 wk <60 C [kleinschalige compostering]	10-12 wk <25 C	Hoitink 1976	De 25 C betrof een hoop die uitsluitend bestond uit schors met hoge C/N-gehalte.
			c	10 d >50 C (piektemp. 70 C) [kleinschalige compostering]	-	Yuen 1984	Waarneming gedaan 21 d na inzetten.
			c	6 wk <66,8 C (piektemp.) [kleinschalige compostering]	zie toelichting	Veijalainen 2005	Bij piektemp. 46 C of lager werd in 3 composten overleving geconstateerd en in 3 afdoding.
<i>Salmonella</i> : humaanpathogeen (salmonellose, gastro-enteritis,	h-b	-	nc	Zonder hittedschok: 18 u =50 C, 2 u =55 C, 10 min =60 C [bench-scale, koeienmest]	8 u =50 C, 1 u =55 C, 10 min =60 C (zonder hittedschok)	Singh 2010	-

²⁰ (*Rhizoctonia*) De publicaties van Ylimäki (1983) en Christensen (2001) zijn niet meegenomen omdat deze te weinig details bevatten. Bovendien zijn de dodingscondities van *Rhizoctonia solani* en *Plasmodiophora brassicae* in Ylimäki (1983) onrealistisch hoog.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
buiktijfus, paratyfus), o.a. in vlees, zuivel en mest, algemeen ²¹				Na hiteschok vooraf bij 60 min =47,5 C: 3 u =55 C en 20 min =60 C na een hiteschok bij 60 min =47,5 C [bench-scale, koeienmest] (<i>S. Typhimurium</i> ²²)			
			c	3 d >55 C [windrow compostering] (<i>S. enterica</i>)	-	Patel 2015	Overleving in statische hopen en aan de randen.
			c	7 d <52 C [kleinschalige compostering]	7 d <28 C	Macklin 2008	De 7 d <28 C betreft een monster dat aan de rand van de composthoop werd geïncubeerd.
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> : (rattenkeutelziekte) zachtrot bij vele tweezaadlobbige gewassen, algemeen ^{23,24,25}	s	-	nc	-	Overleving in 4 van de 5 statische afvalhopen	Downer 2008	Effecten waren onafhankelijk van diepte van incubatie in composthoop (en dus onafhankelijk van de bereikte piektemp.).
			nc	3 min =60 C [grondstomen]	-	van Loenen 2003	Gedroogde structuren werden pas bij 3 min =70-80 C afgedood. In een andere grond werd doding verkregen bij 3 min =50 C.
			nc	4 u =50 C, 12 u =45 C [vochtige grond]	33% overleving bij 32 d =35 C	Adams 1987	-
			nc	20 min =50 C [waterbad]	-	Morrall in Dueck 1981	-
			nc	39 d =50 C, 4 d =70 C [waterbad]	-	#Herrmann 1994*	-
		c	3-102 d =55-73 [windrow composting]	-	Herrmann 1994*	Lang niet overal werd de piektemp. bereikt.	
		c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.	
<i>Sclerotium cepivorum</i> (witrot): wortelrot bij ui en knoflook,	s	-	nc	3 min =50 C [vochtige grond]	-	van Loenen 1983	-

²¹ (*Salmonella*) Droffner (1995) vond excessieve overleving van *Salmonella* gedurende compostering: in plantaardige compost overleving bij 9 d =60 C. Het is niet duidelijk waardoor dit is veroorzaakt. Mogelijk speelt een rol dat door de gebruikte DNA-methode ook dode cellen zijn gekwantificeerd. Zie ook voetnoot bij *E. coli*.

²² = *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium.

²³ (*Sclerotinia*) De publicaties van Dittmer (1988, 1990) worden hier niet meegenomen wegens gebrek aan informatie. Volgens Downer (2008) werd overleving gemeld bij 14 d 70 C, maar werden onvoldoende experimentele details weergegeven.

²⁴ (*Sclerotinia*) Bij een droge hittebehandeling wordt overleving gevonden bij 40 min =110 C en doding bij 20 min =120 C (Dueck, 1981). Soortgelijke resultaten werden gevonden door Hind-Lanoiselet (2005).

²⁵ (*Sclerotinia*) Saharan (2008) meldt weliswaar dat *Sclerotinia sclerotiorum* gedood wordt in de grond na blootstelling aan 3-4 u =45 C of 10-14 u =35-40 C, maar dit is onduidelijk, want een referentie naar de wetenschappelijke literatuur ontbreekt.

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting
algemeen			nc	8 d =40 C, 12 u =45 C, 6 u =50 C [vochtige grond]	-	McLean 2001	-
			nc	12 u =45 C, 4 u =50 C [vochtige grond]	4% overleving bij 32 u =35 C	Adams 1987	-
			c	3 d =48 C [bench-scale]	3 d =42 C en 7 d =42 C	Coventry 2002	-
			c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen.
<i>Spongospora subterranea</i> (poederschurft) en vector van Aardappelzwabbertopvirus (PMTV = Potato Mop Top Virus), algemeen, verspreiding virus onbekend	p	-	nc	gevarieerde resultaten bij 10 min =55 C [geïnfecteerde knollen in waterbad]	zie toelichting	Mackay 1983	10 partijen werden onderzocht, in 6, 1, 1 en 2 partijen was de afdoding resp. 100%, 95%, 50% en 0%.
		-	nc	15 min =90 C [waterbad, doding PMTV]	-	Nielsen 1997	Mildere afdodingscondities zijn niet getest.
				30 min =60 C [waterbad]	-	den Braver, 1988	Er wordt verwezen naar een voorgaand onderzoek waarin gemeld werd dat de dodingstemperatuur ligt bij 30 min 60-62,5 C.
<i>Stromatinia gladioli</i> : droogrot op gladiool, vrij algemeen	s	-	c	3-4 wk >40 (piektemp. 64-70 C) [kleinschalige indore compostering]	-	Bollen 1989	Piektemperatuur gedurende 3-4 dagen; mildere condities werden niet getest.
			nc	1 u 50 C, 0,5 u 53 C [waterbad]	-	Looman 2018	Voor desinfectie van resp. pitten en kralen.
<i>Synchytrium endobioticum</i> : (wratziekte) op aardappel, zeer zeldzaam ²⁶	s	Q	nc	30 min =60 C [waterbad]	30 min =50 C, 30 min =55 C (2 exps)	Bollen 1985	-
			nc	8 u =60 C [waterbad]	-	Glynn 1926	-
			c,nc	=	Alleen overlevingscondities bekend: 70 d =30-45 C, 21 d =50-55 C, 12 d =60-65 C [bench-scale compostering], 90 min =80 C [W], droge incubatie:	Steinmüller 2012	-

²⁶ (*Synchytrium*) De resultaten van Kerins (2018) zijn niet opgenomen in dit overzicht, omdat in de controle de wintersporen niet langer overleefden dan 23 dagen. Hoewel de auteurs hier niet op ingaan was er mogelijk iets mis met het inoculum. De relatief milde dodingscondities zijn hier mogelijk ook door te verklaren (1 d =50 C of 2 d =45 C of 4 d =40 C in een bench-scale compostering. Statistische analyse leidde tot de volgende conclusie: >99% doding bij 1-7 d =68,4 C of 7-27 d =63,4 C of 1-27 d =60,7 C (genoemde temperaturen zijn de maxima van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen afgelezen uit Tabel 3).

wetenschappelijke naam	type ⁸	Q ⁹	test ¹⁰	doding ¹¹	overleving	referenties ¹²	toelichting		
Tabaksmozaïekvirus (aucubamozaïek) op tomaat en vele andere plantensoorten, wrsch. niet zeldzaam	v	-	nc	=	8 u =90 C, pasteurisatie in pulp: 90 min =70 C ²⁷	Price 1933			
					10 min =94 C, 40 min =75 C, 70 min =68 C [waterbad]				
					15 min =100 C [dikke tomatenwortels]			Fletcher 1969	-
					7 d =80 C [benchscale]			Coventry 2004	
					7 d =80 C [waterbad met organische residuen]			Noble 2004	-
					48 d <74 C [windrow compostering]			Herrmann 1984*	-
Tomatenmozaïekvirus (ToMV), op tomaat en vele andere plantensoorten					6 mnd <31 C [composteringsvat] 57 d <78 C [tunnelcompostering]	Ryckeboer 2001, 2002	-		
					42 d <70 C [compostering]	Hoitink 1986	-		
					5,2 d =62-65 C [bench-scale]	Ghaly 2006b	-		
					10 d <46 C [compostering]	droog materiaal 70-75 d =47 C Avgelis 1989	-		
					nc	22 d =70 C [tomatenbladsap]	Broadbent 1965	-	
					nc	22 d =72 C [tomatenzaad]	Howles 1961	-	
<i>Verticillium dahliae</i> : verwelking op vele tweezaadlobbige gewassen (o.a. aardappel en chrysan), algemeen ²⁸	s	-	nc	30 min =47,5 C [waterbad]	-	Bollen 1985	-		
					nc	10 min =50 C [waterbad]	Nelson 1958	-	
					nc	3 min =50 C [grondstomen]	van Loenen 2003	-	
					c	7 d =46 C [bench-scale]	Noble 2004b	Tevens afdoding in gesimuleerde dry pockets	
					c	10 d >50 C (piektemp. 70 C) [kleinschalige compostering] ²⁹	Yuen 1984	Waarneming gedaan 21 d na inzetten.	

²⁷ (*Synchytrium*) Er was geen verband tussen maximum temperatuur bereikt in de verschillende experimenten en de afdoding, wat er op wijst dat niet alleen temperatuur verband houdt met afdoding. Bollen (1989) rapporteerde afdoding in waterbad bij veel mildere condities: 30 min =60 C; de hogere dodingscondities gerapporteerd in Steinmüller (2012) worden wellicht veroorzaakt doordat hier de meest persistente structuren zijn getest (wintersporangiën) (Bollen (1989) vermeldt niet de structuur die onderzocht is). Een andere mogelijkheid is, is dat Bollen (1989) een biotoets verrichtte om de vitaliteit van het inoculum te testen terwijl Steinmüller (2012) lieten zien dat de biotoets matig functioneert t.o.v. de internationaal geadviseerde methode om vitaliteit te onderzoeken, nl. aan de hand van microscopisch onderzoek.

²⁸ De publicatie van Pullmann (1981) is niet meegenomen omdat hier het mycelium en niet de overlevingsstructuren, de microsclerotien, getest werden.

²⁹ In dit experiment werd na 21 d incubatie geogst en het temperatuurprofiel werd gekarakteriseerd als 10-14 d 50 C met piektemperatuur 70 C.