

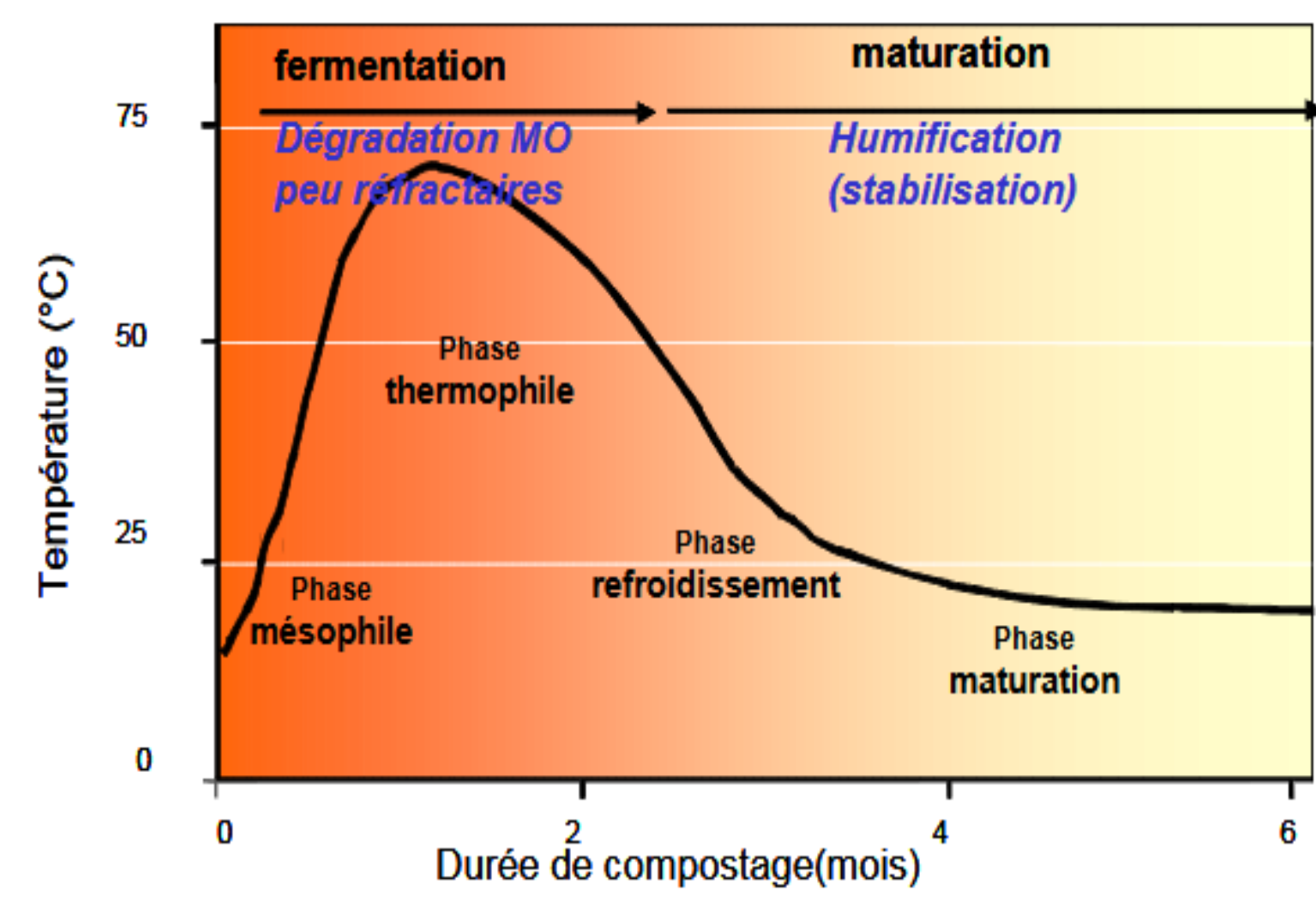
Les thés de compost : combattre les pathogènes avec des micro-organismes

Le compost

Comment est fabriqué le compost ?

« Processus biologique de conversion de la matière organique en produits finaux utiles par l'activité de groupes successifs de microorganismes dans des conditions aérobies »¹⁹

Différentes phases de fabrications



Phase mésophile
Phase thermophile
Refroidissement/ Maturation

Développement de micro-organismes (MO) différents (bactéries mésophiles et thermophiles, champignons, actinomycètes, ...) ¹³



Le thé de compost (CT)

Qu'est-ce que le thé de compost ?
« Solution fermentée à base de compost »⁷

2 méthodes de fabrication :

	Thé aéré (ACT)	Thé non-aéré (NCT)
Température	Température ambiante	Température ambiante
Dilution	10 à 50	4 à 10
Aération	Aération régulière	Pas d'aération
Temps de fabrication	18h à 14 jours	1 à 21 jours

+ rapide
+ efficace ⁷
MAIS Aération nécessaire

+ facile à réaliser
MAIS fabrication + longue ^{18, 16}

Composition microbiologique	Thé aéré (ACT)	Thé non-aéré (NCT)
Bactérie	Phyla dominants Pas assez d'informations.	<i>Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Planctomycetes, Acidobacteria</i>
Champignon	Phyla dominants Classes principales Un étude par Kim et al., 2015 a démontré que les genre bactériens <i>Bacillus</i> , <i>Ochrobactrum</i> , et <i>Spingomonas</i> sont les plus présents dans l'ACT	<i>Ascomycota</i> <i>Eurotiomycetes, Leotiomyces, et Sordariomycetes</i>

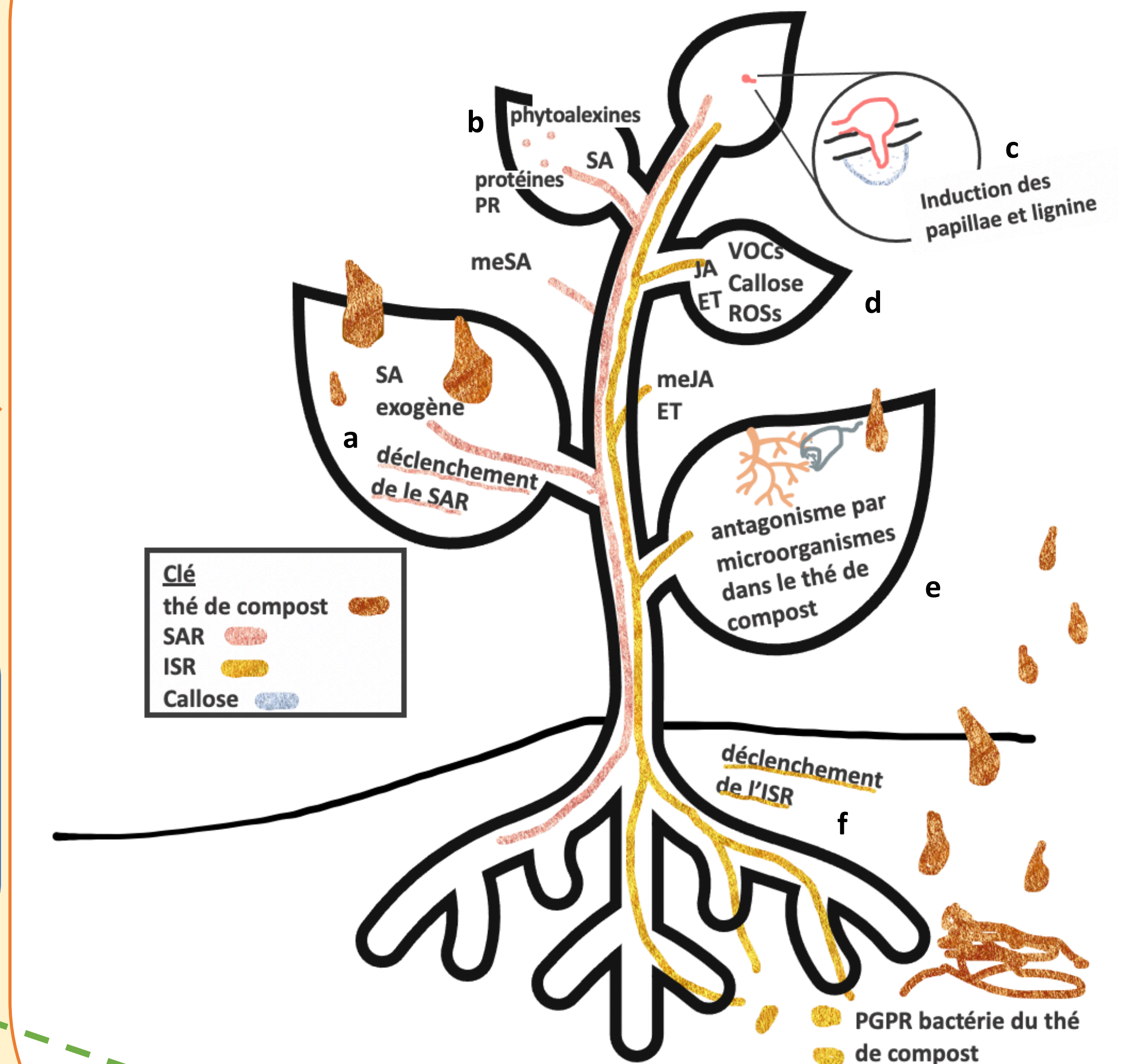
Application

- Filtration des éléments grossiers
- Stockage en barils
- Pulvérisation

Plusieurs mode d'application du thé de compost

- Sur les feuilles
- Trempage des racines, des semences
- Arrosage du substrat

Les mécanismes de résistances



13, 17, 12, 18

Qualité du compost

Pour avoir un thé de compost de qualité, le critère principal est la **qualité du compost**.

Qu'est-ce qu'un compost de qualité ?

- = Compost avec une activité suppressive, absence de MO pathogènes
- = Compost avec de bonnes caractéristiques **physiques, chimiques et biologiques** :
- Composition microbienne
- Teneur en substances nutritives pour les plantes (minéraux, ...) ¹⁹

Dépend de

Matières premières de qualités

- Teneur en éléments minéraux
- Absence de métaux lourds
- Rapport C:N et humidité suffisante

Système de compostage adapté

- Brassage régulier (maintien de l'aérobie)
- Limite le développement des pathogènes humains ^{7, 19}

Maturité suffisante

- Passage par toutes les phases nécessaires
- Décomposition de la matière organique
- Élimination MO pathogènes

Sélection de certaines souches

Attention à ne pas favoriser des pathogènes ! À utiliser seulement vs biotrophes, pas contre les hémibiotrophes

Qu'est-ce que le thé de compost du futur?

- Une **méthode de fabrication** uniformisée
- Une **composition microbienne** stable
- Un **CT adapté à chaque pathogène** = communautés microbiennes bénéfiques « sur-mesure »
- Des **outils** pour choisir le meilleur CT

Composition microbiologique

La composition microbienne n'est pas uniforme dans tous les thés de compost. La diversité des espèces dans le thé dépend des espèces dans le compost lui-même qui dépend de plusieurs facteurs, notamment le système de compostage, le niveau de décomposition de matière organique, la maturité du compost, etc. ^{15, 7}

Eviter l'altération du CT lors du stockage

- Conditions aérobies ^{7, 18} → Conservation des μ-organismes
- Froid (4°C) ⁸

Améliorer la formulation des CT

Ajout d'adjuvants

Meilleure adhérence

- Biopolymères** : Gomme arabique et xanthane ¹⁴
- Résine de pin ⁹
- Caséine ⁹

Booster la croissance des M.O

- Chitine ¹¹

Protection des M.O

- Contre les U.V ²
- Contre la dessiccation : Biopolymères ⁶

Favoriser la formation d'un biofilm

Dégradation de molécules

Induction de gènes responsables de l'agrégation des bactéries



Production par la plante

3, 4, 20

Limites de l'application

- Efficacité variable du CT
- Les μ-organismes colonisent-ils les feuilles?
- Protection très localisée**: Besoin d'appliquer sur une surface de minimum 60%. ⁷
- Durée de la protection?** Les microorganismes meurent 8h après application

- Huiles essentielles ¹
- Saponine ⁵
- Gomme arabique et xanthane ¹⁴

Rédigé par:

Agathe Baudry
Nathan Créquy
Benjamin Kaltenbach
Charis Ramsing
Javier Villasante Gomez

Mécanismes de résistances

a– Déclenchement du SAR. Le SAR (résistance systémique acquise) est déclenchée après une attaque par un pathogène biotrophe ou par application d'acide salicylique exogène. La SAR induit les réponses locale et systémique. L'acide salicylique (AS) joue un rôle très important dans le SAR, mais n'est pas le messenger qui sert à l'induction de la SAR à l'échelle de la plante entière. Plusieurs études montrent que le meSA (methyl salicylate ou l'ester methyl de SA) agit comme le messenger. La reconnaissance de l'AS par des récepteurs au niveau du cytoplasme induit une cascade de réactions, entraînant au niveau du noyau, l'induction de gènes codant pour les protéines PR.

b – Phytoalexines et protéines PR. Le SAR au niveau local recrute les protéines PR et autres molécules qui aident avec la défense. Ces protéines PR peuvent être les chitinases, les glucanases, ou d'autres types encore inconnus.

c – Induction des papillae et lignine. La lignification et l'induction des papillae sont deux types de mécanismes de défense structurelles induits par le thé de compost. La lignification donne plus de rigidité aux parois végétales, ce qui va rendre l'invasion plus difficile pour les pathogènes. De même, un papilla est un type de barrière physique formé par la déposition de callose qui empêche la croissance des microorganismes et la pénétration des champignons par les hyphes mycéliens.

d– VOCs, callose, et ROSs. Les VOCs (composés organiques volatils), calloses, et ROS (espèces réactives de l'oxygène) peuvent tous être induits par l'ISR au niveau local.

e – Antagonisme direct par les microorganismes. Plusieurs microorganismes présents dans le thé de compost ont des relations antagonistes avec les pathogènes. Ces relations peuvent être directement antagonistes via antibiose ou indirectement suppressif car ils occupent les mêmes niches spatiales ou nutritives.

f– Déclenchement de l'ISR. L'ISR (résistance systémique induite) est déclenchée par plusieurs espèces des PGPRs ("plant growth-promoting rhizobacteria") et implique l'acide jasmonique et l'éthylène comme messagers. Semblable au SAR, il est possible que le meJA (methyl JA) sert comme messenger systémique de l'ISR.^{13, 17, 12, 18}

Formation de biofilm

Le biofilm se définit comme une communauté multicellulaire adhérant à une surface. Les cellules sont emprisonnées dans une matrice composée de molécules organiques (protéines, polysaccharides, acides nucléiques), la matrice permet l'adhésion des micro-organismes entre eux et les protègent des conditions environnementales (dessiccation, variations de température)^{3, 4, 20}. Naturellement, la plante libère des exo-polysaccharides (*arabinogalactane, pectine, xylan, surfactine*) qui favorisent la formation de biofilms³. Sélectionner des plantes sécrétant d'avantage de ces molécules peut donc être un levier pour garantir la formation de biofilms. Les polysaccharides sont à la fois utilisés comme substrat par les bactéries et régulent la pression osmotique (lutte contre la dessiccation).

En présence de ces molécules, il y a une modification de l'expression des gènes chez les bactéries: des gènes responsables de l'agrégation sont notamment transcrits⁴. Des études ont montré qu'en présence de micro-organismes, l'utilisation d'huiles essentielles¹, de xanthane¹⁴, de gomme arabique¹⁴ et de saponine⁵ favorisaient la formation de biofilms à la surface des feuilles, permettant ainsi d'améliorer le contrôle des pathogènes par les micro-organismes bénéfiques.

Références

- 1 - Arrebola E, Sivakumar D, Bacigalupo R, Korsten L** (2010) Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases. *Crop Protection* **29**: 369–377
- 2 - Backman PA** (1978) Fungicide Formulation: Relationship to Biological Activity. *Annual Review of Phytopathology* **16**: 211–237
- 3 - Beauregard PB, Chai Y, Vlamakis H, Losick R, Kolter R** (2013) *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. *PNAS* **110**: E1621–E1630
- 4 - Chen Y, Yan F, Chai Y, Liu H, Kolter R, Losick R, Guo J** (2013) Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation: *Bacillus subtilis* and plant biocontrol. *Environmental Microbiology* **15**: 848–864
- 5 - Hao W, Li H, Hu M, Yang L, Rizwan-ul-Haq M** (2011) Integrated control of citrus green and blue mold and sour rot by *Bacillus amyloliquefaciens* in combination with tea saponin. *Postharvest Biology and Technology* **59**: 316–323
- 6 - Hynes R, Boyetchko S** (2006) Research initiatives in the art and science of biopesticide formulations. *Soil Biology and Biochemistry* **38**: 845–849
- 7 - Ingham ER** (1999) *The Compost Tea Brewing Manual*. Soil Foodweb Incorporated
- 8 - Islam MK, Yaseen T, Traversa A, Ben Kheder M, Bruneti G, Cocoza C** (2016) Effects of the main extraction parameters on chemical and microbial characteristics of compost tea. **52**: 62–8
- 9 - Ketterer N (Institute of PP, Fisher B, Weltzien HC)** (1992) Biological control of *Botrytis cinerea* on grapevine by compost extracts and their microorganisms in pure culture.
- 10 - Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Hong SJ, Park JH, Han EJ, Kim JH, Kim SC** (2015) Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce, Soybean, and Sweet Corn in Organic Cultivation. *Plant Pathol J* **31**: 259–268
- 11 - Kokalis-Burelle N, Backman PA, Rodríguez-Kábana R, Daniel Ploper L** (1992) Potential for biological control of early leafspot of peanut using *Bacillus cereus* and chitin as foliar amendments. *Biological Control* **2**: 321–328
- 12 - Li X, Wang X, Shi X, Wang Q, Li X, Zhang S** (2020) Compost tea-mediated induction of resistance in biocontrol of strawberry *Verticillium* wilt. *J Plant Dis Prot* **127**: 257–268
- 13 - Mehta CM, Palni U, Franke-Whittle IH, Sharma AK** (2014) Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Management* **34**: 607–622
- 14 - Mengesha WK, Gill WM, Powell SM, Evans KJ, Barry KM** (2017a) A study of selected factors affecting efficacy of compost tea against several fungal pathogens of potato. *J Appl Microbiol* **123**: 732–747
- 15 - Mengesha WK, Powell SM, Evans KJ, Barry KM** (2017b) Diverse microbial communities in non-aerated compost teas suppress bacterial wilt. *World J Microbiol Biotechnol* **33**: 49
- 16 - Pane C, Celano G, Vilecco D, Zaccardelli M** (2012) Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection* **38**: 80–86
- 17 - Sang MK, Kim KD** (2011) Biocontrol Activity and Primed Systemic Resistance by Compost Water Extracts Against Anthracnoses of Pepper and Cucumber. *Phytopathology*[®] **101**: 732–740
- 18 - Scheuerell S, Mahaffee W** (2002) Compost Tea: Principles and Prospects For Plant Disease Control. *Compost Science & Utilization* **10**: 313–338
- 19 - St. Martin CCG, Brathwaite RAI** (2012) Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biological Agriculture & Horticulture* **28**: 1–33
- 20 - Zeriouh H, Vicente A de, Pérez-García A, Romero D** (2014) Surfactin triggers biofilm formation of *Bacillus subtilis* in melon phylloplane and contributes to the biocontrol activity. *Environmental Microbiology* **16**: 2196–2211