

Evaluation des effets biofertilisant et biopesticide du thé de compost de fumier de mouton sur la tomate (*solanum lycopersicum l.*) en zone Office du Périmètre Irrigué de Baguineda, Mali

KONE Souleymane Bathié¹, KAMISSOKO Mariam¹, KONE Souleymane¹, KANTE Fallaye¹

¹Laboratoire de Microbiologie des Sols, Faculté des Sciences et Techniques Bamako (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali. BP : E 3206 Bamako.

Abstract— Cette étude a été menée en vue de trouver des solutions alternatives à l'utilisation des intrants chimiques de synthèse en cultures légumières. Le but ce travail était d'évaluer au champ les effets du thé de compost de fumier de mouton sur la tomate. Ainsi, un essai expérimental a été conduit au champ et le dispositif expérimental adopté était celui des blocs de Fisher complets randomisés avec deux traitements dont les plants témoins (T0) et ceux recevant le thé de compost (TCFM). L'unité expérimentale était la planche de 63 plants de tomate. Le nombre de répétitions était de quatre. Les résultats obtenus ont montré que le thé utilisé avait un pH basique (8,5) et contenait des macro et oligoéléments (N, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn), des *Actinomycetes* sp, des *Azospirillum* sp., des *Pseudomonas* sp. ; ce qui a amélioré significativement le taux de survie, la croissance et le rendement des plants de la variété *Cobra* de tomate. Cette étude doit être approfondie afin de déterminer les doses d'application du TCFM sur d'autres variétés de tomate et cultures maraichères au champ.

Mots clés : Thé de compost, tomate, champ, Baguineda, Mali

I. INTRODUCTION

De nos jours, la recherche de solutions alternatives à l'utilisation des intrants chimiques de synthèse est d'actualité partout dans le monde, en vue de préserver la bonne santé des consommateurs de produits agricoles et surtout maraîchers. En effet, au cours des deux dernières décennies, plusieurs travaux effectués in vitro en laboratoires et in vivo en serres (sous conditions contrôlées) ont montré que les thés de composts peuvent réduire ou empêcher plusieurs maladies des plantes dont le blanc (Weltzien, 1989; Elad et Shtienberg, 1994; Scheuerell et Mahaffee, 2002), la moisissure grise (Ketterer et al., 1992; Mc Quilken et al., 1994; Scheuerell et Mahaffee, 2006 ; Koné et al., 2010), etc., .Cependant, à nos jours, très peu de travaux ont été effectués sur terrain en milieu réel de cultures agricoles sur l'évaluation des effets biofertilisant et biopesticide de thés de composts. Les thés de composts se définissent comme des extraits aqueux fermentés de composts (Weltzien, 1989, 1991 ; Scheuerell et Mahaffee, 2002 ; Litterick et coll., 2004) ; et selon leur méthode de préparation, on distingue le thé aéré et le non aéré de compost (Scheuerell and Mahaffee, 2006). Il faut noter que le thé non aéré de compost est beaucoup plus à la portée du paysan que celui aéré, car, il est plus facile à préparer. C'est pourquoi, cette étude a été menée avec le thé non aéré de compost de fumier de mouton pour évaluer ses effets biofertilisant et biopesticide en milieu réel de cultures maraichères de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguineda (OPIB), au Mali. L'objectif de la présente étude était d'évaluer le double effet (biofertilisant et biopesticide) du thé de compost de fumier de mouton en zones maraichères de cultures de tomate.

II. MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

L'étude a été conduite à Baguineda-village au sein de l'OPIB situé à 35 km de Bamako dans la commune rurale de Baguineda avec une superficie de 987,04 km² (Cercle de Kati, Région de Koulikoro), Mali. Le maraîchage, surtout celle de la tomate et l'arboriculture y sont pratiqués avec des productions hautement appréciables.

Matériel

Le matériel utilisé était constitué de la semence de la variété *Cobra* de tomate, du thé de compost non aéré de fumier de mouton, et différents milieux sélectifs de cultures de microorganismes d'intérêt agricole (*Actinomycetes* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp.).

Méthodes

La méthode utilisée pour la préparation du thé non aéré de compost de fumier de mouton était celle adoptée par Weltzien (1991), Scheuerell et Mahaffee (2006), Koné *et al.* (2010).

Le compost de fumier de mouton a d'abord été préparé et le thé non aéré y a ensuite été produit. Au préalable, une compostière a été fabriquée selon le modèle et les normes décrits par Michaud (2007). C'était une caisse d'un mètre cube en bois de Palissandre du Sénégal (*Pterocarpus eurinceus*), destinée à recevoir les intrants de préparation du compost (fumiers de mouton et paille sèche de *Pennisetum pedicellatum*).

Pour la préparation du compost, la méthode de compostage intermédiaire de Mustin (1987) et Michaud (2007) a été adoptée ; elle consistait à accumuler les intrants dans la compostière en une seule opération comme suit : une première tranche constituée de 2,5 kg de paille sèche est placée au fond de la compostière en contact direct avec le sol ; elle était suivie d'une deuxième tranche constituée de 10 kg de fumier de mouton ; et ainsi de suite jusqu'au remplissage de la compostière. Et au fur et à mesure de cette accumulation, un léger arrosage avec de l'eau simple était effectué sur chaque tranche d'intrant, afin de créer une humidité relative de 40 à 65% (mesurable à l'aide du psychromètre) au sein de la compostière (Michaud, 2007).

Après remplissage de la compostière, elle était fermée et laissée ainsi en incubation. Elle était ouverte après 1 mois pour un premier retournement de son contenu afin de bien le mixer. Cette opération était répétée une fois aux deuxième, troisième et quatrième mois après celui de la mise en place des intrants de compost. C'est au cours de cette préparation que certains paramètres (aération, humidité, température et pH) du processus de compostage sont vérifiables pour s'assurer du bon fonctionnement de la préparation du compost.

Après ces quatre mois environ d'incubation et de retournements, les intrants décomposés donnent en principe un bon compost mature de fumier de mouton. Ce compost est comparable à l'humus naturel du Sol (Charest *et al.*, 2004 ; Michaud, 2007 ; Romeela *et al.*, 2009). Il peut être conservé dans des sacs neufs à l'abri de la chaleur et de l'humidité avant toute utilisation.

La préparation du thé de compost non aéré de fumier de mouton consistait à mélanger le compost préparé avec de l'eau simple non souillée (premier brassage). Le ratio optimal de mélange compost/eau est respectivement de 1/5 de même volume (V/V). Le temps de fermentation optimal (aussi unanime par tous les auteurs) est de deux semaines avec un second brassage au 7^{ème} jour et un dernier au 14^{ème} jour, juste avant l'opération finale de filtration à travers 8 couches de coton fromage. Le filtrat ainsi obtenu appelé thé de compost peut être aussi conservé dans des bidons plastiques stériles au frais avant toute utilisation. La caractérisation du thé de compost non aéré de fumier de mouton consistait à déterminer les propriétés physico-chimiques du thé préparé et à isoler des souches de bactéries d'intérêt agricole contenues dans ce thé.

La détermination des propriétés physico-chimiques du thé non aéré de fumier de mouton a été effectuée au laboratoire de chimie analytique de la Faculté des Sciences et Techniques par l'analyse de trois répétitions de 500 ml de ce thé ; elle a porté sur : pH, CO_{total}, N_{total}, P₂O₅, K, Na, Cl, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn. Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre, CO_{total} et N_{total} ont été déterminés respectivement par les méthodes de Anne et Kjeldahl (dans Rodier, 1996) ; P₂O₅ a été déterminé par spectrométrie à absorption moléculaire (Perkin-Elmer Lambda 40). K et Na ont été déterminés par émission atomique. Cl a été dosé selon la méthode de Mohr (1856). Les éléments minéraux suivants Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ont été déterminés par absorption atomique (Perkin-Elmer Atomic Absorption Spectrometer 200).

L'isolement des microorganismes d'intérêt agricole (*Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp., *Actinomyces* sp.) contenues dans le thé a été faite sur milieux de cultures sélectifs comme suit :

- Les *Actinomyces* sp., ont été isolés sur le milieu AIA Difco™ (Lechevalier, 1975) ;
- Les *Azospirillum* ont été isolés sur le milieu Nitrogen Free Broth (Dobereiner et Day, 1976) ;
- Les *Pseudomonas* sp ont été isolés sur la Gélose King B (KING *et al.*, 1954).

Expérimentation au champ

La préparation du terrain avait consisté à un labour léger de 30 cm de profondeur, suivi de la délimitation et du nivellement du champ expérimental. La production des plants de tomate avait été faite à partir d'une pépinière. Leur repiquage avait été effectué le petit soir dans les planches d'essais. Ces plants ont été d'abord suffisamment arrosés pour faciliter leur déterrement. Ensuite ils ont été plantés en laissant une bordure de 0,1 m sur la largeur et la longueur de la planche conformément au plan du dispositif pris en compte. Ce dispositif expérimental était celui en blocs de Fisher complets randomisés avec deux traitements : plants témoins ne recevant pas de thé de compost (T0) et plants recevant le thé de compost (TCFM). L'unité expérimentale était la planche de plants de tomate de 8,20 m de long sur 1,40 m de large. Trois lignes de plants de tomate par planche ont été respectées avec des écartements de 0,60 m (interligne) et 0,40 m (intra-ligne). Le même écartement de 1m était respecté entre les planches et entre les blocs. Le nombre de répétitions était de quatre. Le thé de compost (TCFM) a été appliqué hebdomadairement (à raison de 0,5 L/plant). Cette application avait débuté juste après la transplantation et avait continué jusqu'au début de la floraison. Après la floraison, elle avait repris et avait continué jusqu'au début de la fructification. La durée de l'essai était conforme au cycle de la variété *Cobra* de tomate.

Collecte et Analyse des données

La collecte des données avait porté sur: le taux de survie, les nombres des rameaux et des fleurs, le nombre et le poids des fruits. Le taux de survie avait été évalué sur l'ensemble des plants au 1^{ème} mois après le repiquage. Le nombre de ramifications avait été évalué aux 2^{ème} et 3^{ème} mois après le repiquage ; le nombre de fleurs avait été évalué au 2^{ème} et 3^{ème} mois après le repiquage. Le nombre et le poids des fruits (rendement) avaient été évalués au moment de la récolte. Les quatre dernières mesures avaient porté uniquement sur les neuf plants centraux des parcelles. Toutes les données ont été analysées à l'aide du logiciel R (Version R i386 3.2.2) et le test de Tukey Contrasts au seuil de 5% (Bertrand et Maumy, 2011) a été utilisé pour comparer les moyennes.

III. RÉSULTATS

Préparation du thé de compost non aéré de fumier de mouton

Le thé de compost obtenu après 2 semaines de fermentation présentait une couleur brune foncée et ne contenait aucun débris solide visible à l'œil nu. Au total 500 L de thé ont été préparés

Détermination des propriétés physico-chimiques du thé de compost non aéré de fumier de mouton

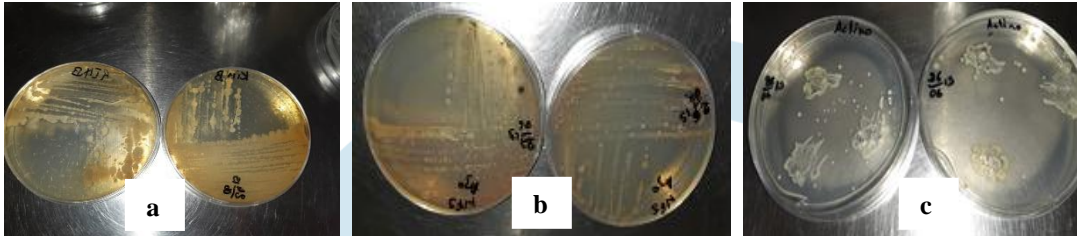
L'analyse physico-chimique de ce thé de compost a montré qu'il contient plusieurs éléments nutritifs comprenant des macro-éléments (Ca, N, Na, K, P) et oligo-éléments (Mg, Fe, Zn, Cu, Mn). Ces résultats montrent que le thé de compost peut se comporter comme un fertilisant organique liquide. On peut aussi noter que le pH (en moyenne 8) du thé de compost est légèrement basique (Tableau 1).

Tableau 1 : Résultats d'analyse physico-chimique du thé de compost de fumier de mouton

pH	(%)		mg/L							
	N _{total}	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
8,05	1,2	5,3	15,04	15	15,24	37	10	0,00	0,2	3,5

Chaque valeur représente la moyenne de 3 répétitions

Isolement des souches de bactéries d'intérêt agricole contenues le thé de compost non aéré de fumier de mouton
L'analyse microbiologique du thé produit a montré la présence de 3 types de bactéries d'intérêt agricole : *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp. et *Actinomycetes* sp



Colonies de *Pseudomonas* sp (a), d'*Azospirillum* sp.(b) et d' *Actinomycetes* sp

Evaluation de l'effet du thé de compost sur la croissance des plants de tomate

Elle a porté sur le taux de survie (1^{er} mois après repiquage), le nombre de rameaux et de fleurs (2^{ème} et 3^{ème} mois après repiquage) et le nombre et le poids des fruits (récolte).

Evaluation de l'effet du thé de compost sur le taux de survie

L'analyse de variance du taux de survie a montré une différence hautement significative entre les plants des deux traitements (Tableau 2)

Tableau 2 : Valeur moyenne du nombre de rameaux et de fleurs des jeunes plants de tomate âgés de deux mois fertilisés ou non avec le thé de compost non aéré de fumier de mouton

Traitements	Taux de survie (%)
T0	60,55 a
TCFM	69,35 b
Ecart type	4,84

Chaque Valeur représente la moyenne de 252 plants

En effet, le taux de survie est plus élevé chez les plants fertilisés avec le TCFM que chez les plants témoins.

Evaluation de l'effet du thé sur le nombre des rameaux et des fleurs au deuxième mois après la transplantation

- Au deuxième mois après le repiquage, l'analyse de variance du nombre de rameaux et du nombre de fleurs a montré une différence significative entre les plants des deux traitements (Tableau 3).

Tableau 3 : Valeur moyenne du nombre de rameaux et de fleurs des jeunes plants de tomate âgés de deux mois ayant reçu ou non le thé non aéré de compost de fumier de mouton

Traitements	Nombre de rameaux	Nombre de fleurs
T0	6,92 a	7,81 a
TCFM	8,02 b	8,14 b
Ecart type	0,63	0,19

Chaque valeur représente la moyenne pour 36 plants

En effet, le nombre de rameaux et le nombre de fleurs sont plus élevés chez les plants fertilisés avec le TCFM que chez les plants témoins.

- Au Troisième mois après le repiquage l'analyse de variance du nombre de rameaux et du nombre de fleurs a montré une différence hautement significative entre les plants des deux traitements pour le nombre de rameaux et non significative pour le nombre de fleurs.

Tableau 4 : Valeur moyenne des nombres de rameaux et de fleurs des jeunes plants de tomate âgés de trois mois fertilisés ou non avec le thé de compost de fumier de mouton

Traitements	Nombre de rameaux	Nombre de fleurs
T0	12,94 a	20,54 a
TCFM	13,03 b	21,31 a
Ecart type	0,053	0,52

Chaque valeur représente la moyenne pour 9 plants

En effet le nombre de rameaux et de fleurs est plus élevé chez les plants traités avec le thé de compost et le plant témoins.

Evaluation de l'effet du thé de compost sur le rendement (nombre et poids des fruits) des plants de tomate au champ. Pendant la récolte l'analyse de variance du nombre de fruits et de poids fruits a montré une différence hautement significative entre les plants des deux traitements (tableau 5).

Tableau 5 : Valeur moyenne des nombre et poids des fruits de tomate à la récolte

Traitements	Nombre des fruits	Poids des fruits (t.ha ⁻¹)
T0	49,5 a	15,44 a
TCFM	64,0 b	21,33 b
Ecart type	8,38	3,33

Chaque valeur représente la moyenne pour 36 plants

IV. Discussion

Cette étude sur le double effet du thé de compost est une première au Mali. Les résultats de la caractérisation des propriétés physico-chimiques et microbiologiques avaient montré que le thé de compost contient des éléments chimiques nutritifs de la plante et des bactéries d'intérêt agricole. Ce qui pourrait expliquer l'effet fertilisant du thé de compost de fumier de mouton. En effet, les *Azospirillum* et les *Pseudomonas* sont des bactéries rhizosphériques fixatrices libres de l'azote, à ce titre, elles participent activement à la nutrition azotée des plantes grâce à leur capacité de transformer l'azote atmosphérique en ammonium assimilable plante. En outre, les *Pseudomonas*, à cause de leur pouvoir de dépollution, contribuent fortement à la protection de l'environnement et des plantes. Les *Actinomycetes* sont considérés comme le groupe dominant de la population tellurique (Küster, 1968). Elles sont impliquées dans la décomposition de la matière organique difficilement à dégradable (Hoster *et al.*, 2005). De plus, certaines souches d'*Actinomycetes* sont capables de solubiliser le phosphore (Crawford *et al.*, 1993) et de produire l'acide indole acétique (Matsukawa *et al.*, 2007). Cette phytohormone est la principale forme des auxines responsable de la régulation de nombreux processus cellulaires telles que la division cellulaire, l'élongation et la différenciation ; ces microorganismes sont également impliqués dans le contrôle phytopathologique et dans la production des composés antifongiques (Hussein *et al.*, 2011). Il faut noter que la qualité du thé reflète celle du compost mature dont il est issu. Les résultats obtenus ont montré une amélioration significative du taux de survie, de la croissance et du rendement des plants de la variété *Cobra* de la tomate ; ce qui confirme ceux de (Fuchs 1995 *et al.* 2011). Concernant l'effet antiphytopathogène du thé non aéré de compost de fumier de mouton, ces résultats confirment ceux de Weltzien (1991); Scheuerell and Mahaffee (2002; 2006) et Koné *et al.* (2010). En effet, lorsqu'il est appliqué sur les plants, le contenu microbien antiphytopathogène du thé de compost colonise leurs phyllosphère et rhizosphère et entrent en compétition pour l'espace et les nutriments afin d'éliminer par antagonisme la plupart des phytopathogènes. Ces organismes bénéfiques stimuleraient également le système immunitaire de la plante (Dionne *et al.*, 2011).

V. Conclusion

VI.

Cette recherche a révélé que le thé non aéré de compost de fumier de mouton peut être utilisé à la fois comme biofertilisant et biopesticide pour l'amélioration de rendement de la variété de tomate *Cobra*. Il serait intéressant de conduire ces travaux sur d'autres variétés de tomate et cultures maraîchères.

VII. Conclusion

Cette recherche a révélé que le thé non aéré de compost de fumier de mouton peut être utilisé à la fois comme biofertilisant et biopesticide pour l'amélioration de rendement de la variété de tomate *Cobra*. Il serait intéressant de conduire ces travaux sur d'autres variétés de tomate et cultures maraîchères.

VIII. Remerciements

Les auteurs remercient le Rectorat de l' Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako pour le financement de cette recherche et tous les collaborateurs de l'OPIB de Banguineda pour toute leur disponibilité.

Références

1. Brazzicalupo M, Okon Y (2000). Associative and endophytic symbiosis. In : Nitrogen fixation: From molecules to crop productivity, (Pedrosa et al., Ed), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 409-410.
2. Charest M.H., Antoun H. and Beauchamp C.J. (2004). Dynamics of water-soluble carbon substances and microbial populations during the composting of de-inking paper sludge. *Biores. Technol.* 91: 53-67.
3. Crawford D L, Lynch JM, Whipps JM, Ousley MA (1993). Isolation and characterization of actinomycete antagonists of a root fungal pathogen. *Appl. Environ. Microbiol.* 59 : 3899-3905.
4. Dionne A, KONE Souleymane B, Avis TJ, Tweddell RJ, Antoun H (2011). Thés de compost pour la santé des plantes. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Quebec. Canada, 2p.
5. Elad Y. and Shtienberg D. (1994). Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). *Crop Protect.* 13: 109-114.
6. Fuchs J (1995). Les effets positifs de la qualité des composts sur la santé des plantes. septembre 1995, p 19
7. Hoitink, HAJ, AG Stone, Han DY (1997). Suppression of plant diseases by composts. *HortScience* 32:184-187.
8. Hoster F, Schmitz JE, Daniel R (2005). Enrichment of chitinolytic microorganisms: isolation and characterization of chitinases exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel *Streptomyces* strain. *Appl. Microbiol. Biotech.* 66: 434-442.
9. Ketterer N., Fisher B. and Weltzien H.C. (1992). Biological control of *Botrytis cinerea* on grapevine by compost extracts and their microorganisms in pure culture. Dans: Verhoeff K., Malathrakis N.E. and Williamson B. (eds.). Recent Advances in Botrytis Research. Proceedings of the 10th International Botrytis symposium. April 5-10 Heraklion, Crete, Greece. pp 179-186.
10. Koné S. B., Dionne A., Tweddell R.J., Antoun H. and Avis T.J. (2010). Suppressive effect of non aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control* 52: 167-173.
11. Küster, E (1968). The actinomycetes. In: soil biology. (Eds), Burges, A. et F. Raw, Academic press, London; 111- 124.
12. Lechevalier (1975). Actinomycetes of sewage-treatment plants. *Environ. Protection Technol. Ser.*, EPA-600/2-75-031, U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
13. Litterick A.M., Harrier L.A., Wallace P., Waston C.A. and Wood M. (2004). Compost teas a simple disease control solution for organic crops ? Proceedings of Crop Protection in Northern Britain Conference pp. 75-80.
14. Matsukawa, E., Y. Nakagawa, Y. Limura et M. Hayakawa (2007). Stimulatory effect of Indole-3-acetic acid on aerial mycelium formation and antibiotic production in *Streptomyces* spp. *Actinomycetol.* 21 : 32-39.
15. McQuilken M.P., Whipps J.M. and Lynch J.M. (1994). Effects of water extracts of composted manure-straw mixture on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 10: 20-26.
16. Michaud L. (2007). Tout sur le compost. Le Connaître, le Faire, l'Acheter et l'Utiliser. Éditions MultiMondes. 212 p.
17. Mustin M. (1987). Le compost. Gestion de la matière organique. Éditions François, Dubusc. 954 p.
18. Mohr F. Neue mass analytische bestimmung des chlores in verbindungen. *Ann.* (1856). 97 p.355-358.
19. Riedlinger J, Schrey SD, Tarkka MT, Hampp R, Kapur M, Fiedler HP (2006). Auxofuran, a novel metabolite that stimulates the growth of fly agaric, is produced by the mycorrhiza elper bacterium *Streptomyces* Strain AcH 505. *Appl. Environ. Microbiol.* 72 (5) : 3550-3557.
20. Rodier J. (1996). L'analyse de l'eau. 8^{ème} éd. Paris. 1383p.
21. Romeela Mohee, Ackmez Mudhoo, Geeta Unmar, Vijayalaxmi Jumnoodo, and Nafiisa Sobratee (2009). Composting, management, and utilisation of organic waste in rural communities. pp : 99-117. In Science, Technology, and Innovation for Socio-economic Developpement. Success Stories from Africa. Edited by Sospeter M. M., Francis P. G., Achuo A. E., and Daniel N. 175 p.
22. Scheuerell S.J. and Mahaffee W.F. (2006). Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of non aerated compost teas. *Plant Disease* 90: 1201-1208.
23. Scheuerell S.J. and Mahaffee W.F., (2002). Compost teas: Principles and prospects for plant disease control. *Compost Sci. Utiliz.* 10: 313-338.
24. Steenhoudt O, Vanderleyden J (2000). Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiology Review*; 24:487-506
25. Weltzien H.C. (1991). Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts. Dans: Andrews J.H. and Hirano S.S. (eds). *Microbial Ecology of Leaves.* Springer-Verlag, New York. pp 430-450.
26. Weltzien H.C. (1989). Some effects of composted organic materials on plant health. *Agr. Ecosyst. Environ.* 27: 439-446.
27. Pandey A., Palni L. M. S., Bag N. 2000. Biological hardening of tissue Culture raised tea plants through rhizosphere bacteria. *Biotechnol. Lett.* 22: 1087-1091.