



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Faculté des sciences

Département de Sciences Agronomiques

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Spécialité: Amélioration des plantes

Thème



L'effet de quelques bio fertilisants sur la culture de la fève

Présenté par:

- Brahimi seif eddine**
- Lokchiri mohcen**
- Ramoul manel**
- Zerkout ilhem**

Soutenu devant le jury:

Présidente :Bechiri L	M.C.B	UNIV SKIKDA
Encadreur : Laib Djamel eddine	M.A.A	UNIV SKIKDA
Examineur : Hafsi Z	M.C.B	UNIV SKIKDA

Année Universitaire :2022-2023

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné santé, force, courage, volonté et patience pour réaliser ce travail.

*J'adresse mes plus vifs remerciements à **Mr Laib djamel eddine** qui m'a proposé cet intéressant thème de travail. J'ai beaucoup apprécié ses qualités scientifiques, humaines et surtout son optimisme tout le long du parcours. Je la remercie pour son aide, sa disponibilité, ses précieux conseils. Ce fut un plaisir et une chance de travailler avec lui.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance aux membres de jury qui ont accepté la lourde charge d'être examinateur de ce travail : **Mr Hafsi Z** et **Mme Bechiri L** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de la soutenance.*

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie dieu qui ma donner la Force et le pouvoir pour réaliser ce travail.

Je me fais le plaisir de dédier affectueusement ce modeste travail à toutes les personnes qui sont les plus proches à mon cœur :

A mes chères parents : Mon père Nour et Ma mère Aziza qui sont toujours près de moi dans les moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements.

A mon chère sœur Bouthaina pour le soutien que vous m'avez apportés chacun à sa manière.

A tous ma famille grande et petit, surtout mes grands-pères et mes grandes mères.

A mes amis les plus proches à mon

cœur : B.Anis , F.Anis , F.Amir , B.Zaki , M.Noufel , N.Abdeljalil , L.Abdelhakim , Laxus , B.Abdelhakim , Rami , K.Alaa , Trf.Ayoub , B.Ayoub , B.Fateh , Lotfi , L.Noufel , Z.Islam , B.Aymen , L.Aymen , M.Abdelrahim .

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin....

Seif eddine

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie dieu qui ma donner la Force et le pouvoir pour réaliser ce travail.

Je me fais le plaisir de dédier affectueusement ce modeste travail à toutes les personnes qui sont les plus proches à mon cœur :

A mes chères parents : Mon père Ahcene et Ma mère Samia qui sont toujours près de moi dans les moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements.

A mon cher frères Akram et Housseem et ma chère sœur Meriem pour le soutien que vous m'avez apportés chacun à sa manière.

A tous ma famille grande et petit, surtout mes grands-pères et mes grandes mères.

A mes amis les plus proches à mon cœur : B.Anis , F.Anis, F.Amir, B.Zaki , M.Noufel , N.Abdeldjalil ,L.Abdelhakim ,B.Seif-Eddine , B.Abdelhakim , K.Alaa ,Trf.Ayoub, B.Ayoub ,B.Fateh ,B.Housseem , B.LoTfi , B.Nacer , D.AbdelHafid , M.Abdelrahim .

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin.

Mohsen .

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie dieu qui ma donner la Force et le pouvoir pour réaliser ce travail.

Je me fais le plaisir de dédier affectueusement ce modeste travail à toutes les personnes qui sont les plus proches à mon cœur : A mes chères parents qui sont toujours près de moi dans les moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements.

A mon chère sœur et mes chères frères pour le soutien que vous m'avez apportés chacun à sa manière.

A tous ma famille grande et petit, surtout mes grands-pères et mes grandes mères.

A mes amis les plus proches: K.Dounia , B.Nour elhouda

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin.

Manel

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie dieu qui ma donner la Force et le pouvoir pour réaliser ce travail.

Je me fais le plaisir de dédier affectueusement ce travail à toutes les personnes qui sont les plus proches à mon cœur :

A mon ange dans la vie, au sens de l'amour, au sens de la tendresse, du dévouement et du sacrifice, au sourire de la vie, ma chère mère.

A la bougie qui a brulé pour éclairer le chemin de ma vie, mon cher père, le sommet de ma tête.

A la plus belle bénédiction de ma vie, mes chères sœurs Maryam , Khawla et Razan . Et à mon cher frère Muhammad.

A mon tante Samia, qui m'a beaucoup aidée dans le cheminement de la vie. Que dieu la protège pour moi, tous mes remerciements et appréciations à elle.

A mes amis: Bennikous Yousra , Chakhar Manel

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin.

Enfin, je le dédie a l'âme de feu l'oncle B.Muhammad et de ma tante B.Nasima, dieu aies pitié de leur âme.

Ilhem

Remerciements

Dédicaces

Liste de figures

Liste d'abréviations

Introduction 1

Chapitre 1 : les bio fertilisants

1.Définition des bio fertilisants.....	3
2. Différents types de bio fertilisants.....	3
2.1. Les biofertilisants d'origine microbienne.....	3
2.1.1. Les bio fertilisants à base de microorganismes fixateurs d'azote.....	4
2.1.1.1. Les bio fertilisants à base des algues bleus et verts (cyanobactéries) fixateurs d'azote.....	4
2.1.1.2. Les bio fertilisants à base des bactéries fixatrices d'azote.....	4
2.1.2. Biofertilisants à base des bactéries solubilisatrices du phosphore.....	6
2.1.3. Biofertilisants à base des champignons solubilisateurs et mobilisateurs du phosphore.....	7
2.1.4. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisateurs et mobilisateurs du potassium.....	7
2.1.5. Biofertilisants à base des microorganismes oxydants du soufre.....	8
2.1.6. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisant le zinc.....	9
2.1.7. Biofertilisants à base de rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR).....	9
2.2. Les bio fertilisants d'origine animale et végétale et aquatique.....	10
2.2.1. Les fumiers	10
2.2.2. Le vermicompost.....	10
2.2.3. Les algues.....	11
2.2.4. Les engrais verts.....	11
Chapitre 2 : la féve.....	12
1. Description de la plante.	12
1.1. Racines	12
1.2. Tige.....	12
1.3. Les feuilles.....	13
1.4. Les fleurs.....	13
1.5. Les fruits.....	13
1.6. Les graines	14
2. Position systématique.....	14
3. Origine.....	15

4. Intérêts de la fève.....	15
4.1.Intérêt agronomique.....	15
4.2. Intérêt alimentaire.....	15
5. Exigences de la culture de la fève.....	15
5.1.Exigences agronomiques.....	15
5.1.1.Préparation du sol.....	15
5.1.2. Installation de la culture.....	16
5.1.3. Fertilisation.....	16
5.1.4. Soins culturaux.....	16
5.2. Exigences pédoclimatiques.....	16
5.2.1 Sol.....	16
5.2.2 Climat.....	16
5.2.2 .1.Température	16
5.2.2.2. Lumière	17
5.2.2.3. L'Humidité et l'eau.....	17
Matériel et méthodes.....	18
1. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (Vermicompost) sur la culture de fève (VariétéMuchaniel)... ..	18
2. Analyse des données statistiques.....	20
Resultats et discussion.....	21
1.Resultats.....	21
2. Discussion.....	24
Conclusion.....	25
Références bibliographiques.....	26

Liste d'abréviations

% : Pourcentage

µm : micromètre

C° : Celsius

Cm : Centimètre

FAO : food and agriculture organization

g :gramme

Ha : hectare

Kg : kilogramme

L :litre

m : mètre

mg : milligramme

ml : millilitre

mm : millimètre

Ppm :Partie par million

Liste des figures

Figure 1. Racines de la fève	12
Figure 2. Tige de la fève	12
Figure 3. Feuilles de la fève	13
Figure 4. Fleurs de la fève	13
Figure 5. Fruits de la fève	14
Figure 6. Graines de la fève	14
Figure 7. Préparation des doses.....	18
Figure 8. Application foliaire.....	18
Figure 9. Application racinaire.....	18
Figure 10. Effet de l'application de thé vermicompost sur le poids de gousses de fève (AF :applicationfoliaire,AR :application racinaires)	21
Figure11. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de fève (AF :applicationfoliaire,AR :application racinaire).....	22
Figure 12. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de fève (AF :applicationfoliaire,AR :application racinaire).....	23

Liste de tableaux

Tableau 1. Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire.....	19
---	----



INTRODUCTION

1. Introduction

Le sol est un composant primordial en agriculture et le constituant le plus important pour la satisfaction de tous les besoins fondamentaux de l'être humain (Kekane et al., 2015).

Selon les estimations de la FAO, la demande de produits agricoles augmentera de 60% d'ici 2030 (Mia et Shamsuddin, 2010).

Afin d'augmenter la productivité et améliorer les qualités physico-chimiques des sols, assurer des rendements élevés et satisfaire les besoins croissants des consommateurs en produits alimentaires, l'emploi des engrais synthétiques est efficace et rentable mais leur application intensive favorise l'accumulation de substances toxiques dans l'eau et dans les tissus végétales, réduit la nutrition et la valeur nutritive des légumes, la biodiversité microbienne la capacité de rétention d'eau et la fertilité du sol et menace la production durable et la santé des écosystèmes (Lori et al., 2017, Dayan et al., 2009; Surekha et al., 2010; Sprent et Sprent, 1990; Hartmann et al., 2015; Ekholm et al., 2017; Nygaard Sorensen et Thorup-Kristensen, 2011; Nosheen et al., 2021).

Pour minimiser ces effets nocifs et répondre à la demande croissante de nourriture résultant de l'expansion continue de la population mondiale, le recours à l'agriculture biologique qui est un système de production agricole visant à faire pousser les cultures et à améliorer la qualité des aliments sans l'emploi des pesticides chimiques, des antibiotiques, des engrais chimiques et des hormones de croissance, en utilisant des ressources naturelles tel que les bio fertilisants ou engrais organiques non toxiques et faciles à appliquer afin de maintenir la structure et la fertilité du sol, la biodiversité, l'équilibre de l'environnement, la durabilité écologique, les ressources non renouvelables et la santé humaine devient une nécessité (Behera et al., 2022; Roos et al., 2018; Yadav et al., 2022; Jaipaul et al., 2011; Ramesh et al., 2005; Ramakrishnan et al., 2021; Deepali et Gangwar, 2010; Thomas et Singh, 2019; Nosheen et al., 2021).

La consommation d'aliments biologiques est associée à des croyances en matière de santé et à un bien être subjectif, ce qui implique des valeurs marchandes et une demande plus élevée (Apaolaza et al., 2018).

Dans ce contexte, la présente étude est focalisée sur l'étude des Effets de certains bio fertilisants sur La culture de la fève

Ce travail est structuré en 3 parties :

-La première partie est consacrée à une revue bibliographique mettant l'accent sur les bio fertilisants et la fève .

Introduction

La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les objectifs recherchés par cette étude et qui sont :

-L'effet de l'utilisation de thé de vermicompost sur le rendement des plants de la fève

Ainsi qu'une troisième partie qui montre les résultats obtenus dans les différentes expériences effectuées.



Revue
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition des bio fertilisants

Les bio fertilisants ou engrais organiques sont des matières naturelles, d'origine végétale ou animale ou microbienne, partiellement ou totalement décomposées , exempts de substances potentiellement nocives ou contaminants de l'environnement, utilisés depuis des siècles et contribuant à protéger du sol de l'érosion , éliminer les polluants environnementaux, dégrader autres matières organiques, favoriser la prolifération de la biomasse bactérienne et améliorer la santé, la structure, les propriétés physico chimiques ,la teneur en eau ,en matière organique et d'éléments nutritifs du sol (Baswana et Rana, 2007 ; Melero et *al.* , 2007 ; Larney et *al.* , 2011 ; Kumar et Sharma, 2015 ; Tale et *al.* , 2015; Reganold et Wachter, 2016 ; Behera et *al.*, 2022).

2. Différents types de bio fertilisants

Plusieurs bio fertilisants naturels sont disponibles pour les agriculteurs pour gérer et améliorer la productivité des cultures (Benfatto et *al.* , 2015).

2.1. Les biofertilisants d'origine microbienne

80 % des microorganismes du sol incluant les bactéries, les champignons et les algues se trouvent dans les premiers 10 à 15 cm de la surface du sol (Michael, 2020 ; Michael , 2021). Dans cette couche de terre on compte environ 10 millions à un milliard de bactéries et 100 à 10 000 champignons et 100 à 10 000 algues par gramme de sol fournissant plusieurs services écologiques (Albiach et *al.* , 2000 ; Raynaud et Nunan,2014 ; Uysal et *al.* ,2015 ;Michael , 2021) .

Les biofertilisants d'origine microbienne, également appelés inoculants microbiens, sont des produits organiques à effet permanent contenant des micro-organismes spécifiques, qui proviennent des racines et des zones racinaires des plantes (Bumandalai et Tserennadmid,2019 ;Nosheen et *al.*,2021).

Ces bioinoculants colonisent la rhizosphère et les tissus végétaux améliorant ainsi la fertilité du sol, la survie des semis, la croissance du système racinaire et aérien de la plante,le rendement des cultures de 10 à 40 %, réduisent le temps de floraison, protègent la plante contre les parasites et les maladies et dégradent les substances nocives pour l'environnement (Raghuwanshi,2012 ; Kawalekar,2013;Youssef et Eissa ,2014 ; Michael , 2021) .

Ils sont regroupés en différents types sur la base de leurs fonctions et de leur mode d'action. Les biofertilisants couramment utilisés sont les fixateurs d'azote ,les solubilisateurs de potassium, les solubilisateurs de phosphore et les rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR) , oxydants le soufre et solubilisants le zinc (Mahdi et *al.*, 2010).

2.1.1. Les bio fertilisants à base de microorganismes fixateurs d'azote

L'azote est le facteur nutritionnel très limitant pour la croissance et le développement des plantes (Gupta et al., 2012).

2.1.1.1. Les bio fertilisants à base des algues bleus et verts (cyanobactéries) fixateurs d'azote.

Les cyanobactéries fixatrices d'azote sont un groupe diversifié de procaryotes comprenant les genres *Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Aulosira* et *Lyngbya* spp, impliquées dans la fixation et la réduction de 20-30 Kg/ha d'azote atmosphérique en ammoniac (Mishra et al., 2004 ; Sharma et al., 2011 ; Singh et al., 2016 ; Michael, 2021).

L'application des cyanobactéries dans une variété de biomes et d'environnement terrestre comme bio fertilisants est possible, utile et économique (Bothe, 2010 ; Chittora et al., 2020)

Elles favorisent la production de vitamine B, des hormones végétales comme les auxines, l'acide indole acétique et l'acide gibbérellique, améliorent les propriétés du sol, la germination des graines, la croissance des pousses et des racines, augmentent le rendement des cultures de 10-15% lorsqu'elles sont appliquées à raison de 10 Kg/ha (Venkataraman, 1981 ; Mishra et al., 2004 ; Essa et al., 2015 ; Singh et al., 2016 ; Hasan, 2020).

2.1.1.2. Les bio fertilisants à base des bactéries fixatrices d'azote

Les bactéries du sol peuvent être des cocci (sphère, 0,5 µm), des bacilles (bâtonnet, 0,5-0,3 µm) ou des spirales (1-100 µm) (Nosheen et al., 2021).

Les bactéries fixatrices d'azote augmentent la teneur en azote du sol en fixant l'azote atmosphérique inerte qui contient environ 80 % de l'azote à l'état libre et le rendre disponible sous forme organique utilisable pour les plantes (Reed et al., 2011; Nosheen et al., 2021).

La fixation de l'azote peut fournir 300 à 400 kg de N/ha/an et augmenter le rendement des cultures de 10 à 50 % (Nosheen et al., 2021).

Les bactéries du genre *Rhizobium* qui appartient à la famille des *Rhizobiaceae* incluant les genres *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* et *Mesorhizobium* spp sont utilisées en pratiques agricoles comme alternative d'engrais chimiques, elles assurent une quantité suffisante d'azote en fixant jusqu'à 300 kg de N/ha/an pour différentes légumineuses et des non-légumineuses, inhibent plusieurs agents pathogènes, maintiennent la fertilité du sol tout en augmentant le rendement des cultures (Choudhury et Kennedy, 2004 ; Datta et al., 2015 ; Rubio-Canalejas et al., 2016 ; Meena et al., 2017 ; Arora et al., 2017 ; Mabrouk et al., 2018).

Ces bactéries infectent la racine de la légumineuse et forment des nodules, à l'intérieur desquelles elles réduisent l'azote moléculaire en ammoniac, qui est utilisé par la plante pour

produire des protéines, des vitamines et d'autres composés contenant de l'azote (Flores-Félix et al.,2013).

Elles améliorent la croissance des non-légumineuses en induisant des changements dans la morphologie des racines et la physiologie de la croissance en augmentant la hauteur des plantes, le taux de la germination des graines, le taux de chlorophylle des feuilles (Sara et al.,2013 ; Sammauria et al., 2020 ; Nosheen et al.,2021).

Les bactéries qui appartiennent à la famille des *Azotobacteriaceae* comme *A. chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. insignis*, *A. beijerinckii*, *A. macrocytogenes* vivent librement dans les sols alcalins et certains sols acides et sont utilisées comme des bio fertilisants pour toutes les cultures grâce à leurs capacité de fixation d'azote (Revillas et al.,2000 ; Sahoo et al., 2014 ;Nosheen et al.,2021).

Elles produisent également des vitamines comme la thiamine et la riboflavine, des composés antifongiques et des antibiotiques qui inhibent la croissance de plusieurs champignons pathogènes dans la zone racinaire aidant ainsi à prévenir la mortalité des semis (Revillas et al., 2000 ;Bhosale et al., 2013 ; Wani et al., 2016)

Le principal facteur limitant la prolifération des bactéries du genre *Azotobacter* est la présence d'une quantité réduite de matière organique dans les sols (Sammauria et al., 2020;Menendez et al., 2017).

L'inoculation des plants ou l'incorporation d'*A. chroococcum* dans le rhizosphère augmente le rendement, la croissance et la germination des semis du concombre et de la tomate, la teneur en sucre de 10-15% et le rendement de 25-50 tonnes/hectares de la canne à sucre en fixant près de 30 kgN/an (Eklund, 1970 ;Dutta et Singh ,2002 ; Wani et al., 2013 ;Romero-Perdomo et al., 2017 ; Nosheen et al.,2021).

La bacterie du genre *Azospirillum sp* forme le plus souvent une association symbiotique avec les plantes ,fixe jusqu'à 20-40 kg N/ha dans les plantes non légumineuses (Isawa et al., 2009).

L'inoculation de cette bactérie améliore la germination des graines inoculés, le rendement des cultures (Skonieski et al., 2017 ; Leite et al., 2019 ; Galindo et al.,2020 ; Oliveira et al., 2018)

Azospirillum brasilense synthétise l'acide phénylacétique (PAA), une molécule semblable à l'auxine ayant une activité antimicrobienne (Somers et al.,2005).

la co-inoculation d'*A. lipoferum* et de *B. megaterium* fournit une nutrition équilibrée en azote et en phosphore à la plante et produit un rendement plus élevé que l'inoculation avec *Azospirillum* seulement (El-Komy,2005).

Anabaena Azollae est une bactérie symbiotique associée à la fougère *Azolla* sp et utilisée comme biofertilisant dans de nombreux pays pour fixer l'azote atmosphérique, principalement dans le riz (Fan,1992 ; Tekle-Haimanot et Doku,1995 ; Qiu et Yu,2003 ; Bocchi et al.,2010 ; Yadav et al.,2014).

Les feuilles d'*Azolla* contiennent 4 à 5% d'azote par poids sec et 0,2-0,4% par poids humide), se décomposent rapidement et fournissent l'azote à la plante et le système *Azolla-Anabaena* apporte 1,1 kg de N/ha/jour et fourni 20 à 40 kg de N/ha à la culture de riz 20-25 jours (Setiawati et al.,2018).

Un autre avantage de l'utilisation de ce biofertilisant est sa capacité de tolérance aux métaux ; il peut donc être appliqué dans les zones polluées par les métaux lourds (Akhtar et al.,2020)

2.1.2. Biofertilisants à base des bactéries solubilisatrices du phosphore

Les bactéries solubilisent de 1 à 50 %, tandis que les champignons solubilisent de 0,1 à 0,5 % du phosphore insoluble (Sharma et al., 2013) .

La présence de bactéries dans le sol dépend des propriétés physiques et chimiques du sol, de la matière organique et de la teneur en phosphore, ainsi que des activités culturales (Nosheen et al.,2021).

Plusieurs bactéries et champignons solubilisent les formes insolubles du phosphore tel que HPO_4 et $H_2 PO_4$ dans le sol en formes solubles par la production des acides organiques ayant des groupes hydroxyle et carboxyle qui chélatent le cation P et réduisent également le pH du sol dissolvant ainsi le phosphate lié et le rendent disponible aux plantes (Antoun,2012 ; Itelima et al.,2018 ;Kalayu,2019 ; Prabhu et al., 2019 ; Nosheen et al.,2021).

Ces micro-organismes utilisent également le mécanisme d'extrusion de protons pour solubiliser le phosphate (Park et al.,2009 ; Patel et Goswami,2020).

Elles fournissent le phosphate ainsi que d'autres oligo-éléments, comme le Fe et le Zn, ce qui favorise la croissance des plantes, synthétisent certains enzymes contre des agents pathogènes, protégeant ainsi la plante des maladies (Nosheen et al.,2021)..

Parmi eux les bacteries *B .subtilis*, *P. striata*, *B. polymyxa* ,*Micrococcus sp* *Agrobacterium sp*, *Aereobacter sp*, *Enterobacter sp* ,*Flavobacterium sp* et les champignons *Penicillium spp*,*Aspergillus awamori*,*Trichoderma sp* (Board, 2004 ; Anand et al.,2016 ;Nosheen et al.,2021).

Dans une étude récente, le solubilisateur de phosphore *Aspergillus niger* a été évalué pour son efficacité en tant que biofertilisant ; il a augmenté de manière significative la hauteur des plantes, la taille des fruits, la longueur/largeur des feuilles et le nombre de fruits par plante par rapport aux plantes non traitées. Cependant, les plantes co-inoculées avec

L'*Azotobacter* fixant l'azote et *A. niger* solubilisant le phosphore ont montré une meilleure performance que celles traitées avec chaque biofertilisant seul (Din et al., 2019).

L'application de la souche *Pseudomonas fluorescens* dans des sols acides du Cameroun a amélioré de manière significative la longueur des pousses, le rendement en grains, le poids sec des plantes et la teneur en phosphore des graines de maïs (Henri et al., 2008).

Certains champignons forment des associations mycorhiziennes

2.1.3. Biofertilisants à base des champignons solubilisateurs et mobilisateurs du phosphore

Les mycorhizes vésiculo-arbusculaires est l'association symbiotique entre certains champignons phycomycètes et les racines des angiospermes, elles colonisent les racines d'environ 80 % des familles de plantes (Douds et al., 2000 ; Mahdi et al., 2010 ; Bücking et al., 2012 ; Sadhana, 2014 ; DeLuca et al., 2019).

Les six genres de champignons forment des associations mycorhiziennes sont *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Entrophospora* et *Scutellospora spp* (Sullia, 1991 ; Chang et Yang, 2009).

Les champignons mycorhiziens arbusculaires pénètrent dans les racines et augmentent leur surface, stimulent les processus métaboliques et l'absorption des nutriments en sécrétant des enzymes et des acides organiques, confèrent aux plantes une résistance contre le stress biotique et abiotique des plantes et mobilisent et transfèrent les nutriments moins mobiles (S, Ca, Mg, Zn et Cu) et les formes immobiles du phosphore vers le cortex racinaire des plantes (Chang et Yang, 2009 ; Brahma Prakash et Sahu, 2012 ; Abbasi et al., 2015 ; Dwivedi et al., 2015 ; Pathak et al., 2017 ; Suthar et al., 2017 ; Rai et al., 2020).

Les hyphes de ces champignons absorbent le phosphore insoluble et le transforment en forme solubilisée, qui est absorbée par la plante et, en retour, la plante fournit un abri et d'autres nutriments aux champignons. Dans des conditions optimales, elles ont le potentiel de solubiliser/mobiliser environ 30-50 kg P₂O₅ /ha, ce qui permet d'augmenter le rendement des cultures de 10-20% (Mahdi et al., 2010 ; Asoegwu et al., 2020).

Le traitement par co-inoculation des champignons mycorhiziens arbusculaires, *Glomus fasciculatum* avec *Bradyrhizobium sp.*, *Pseudomonas striata* ou *Penicillium variable*, a augmenté de manière significative l'absorption des nutriments et le rendement des plantes (Khan et al., 2007).

2.1.4. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisateurs et mobilisateurs du potassium

Le potassium (K) est le deuxième élément nutritif le plus abondant et le plus important

pour les plantes après le nitrogène et le phosphore. Bien que le K soit un élément abondant dans le sol, seuls 1 à 2 % sont disponibles pour les plantes, tandis que le reste est présent sous forme de K minéral qui ne peut être absorbé par les plantes. Par conséquent, un réapprovisionnement continu en K de la solution du sol est nécessaire (Meena et al.,2014)

Il joue un rôle vital dans la croissance et le développement des plantes. S'il n'est pas fourni en quantité suffisante, les plantes poussent lentement, ont des racines peu développées, produisent de petites graines et de faibles rendements (Williams et Pittman,2010 ;Prajapati et Modi,2012).

Les microorganismes solubilisateurs de potassium est important pour assurer l'approvisionnement régulier en potassium des plantes cultivées. Ils ont également un impact positif sur la disponibilité d'autres nutriments essentiels dans le sol, et jouent donc un rôle important dans le maintien de la fertilité et la durabilité du sol (Bahadur et al.,2016).

Plusieurs souches bactériennes et fongiques comme *Arthrobacter* spp ,*Bacillus* spp, *B. edaphicus* ,*B. mucilaginosus*, *B. circulanscan* ,*Aspergillus niger*. *Arthrobacter* spp., *Cladosporium*, et *Sphingomonas aminobacter* utilisent divers mécanismes, y compris la production d'acides, la chélation, l'acidolyse, la complexolyse et les réactions d'échange pour solubiliser le potassium insoluble en formes solubles à partir de sources organiques et inorganiques (Xiafang et Weiyi, 2002 ;Sugumaran et al.,2007 ; Etesami et al.,2017;Sindhu et al.,2016 ; Ahmad et al.,2016 ; Etesami et al., 2017 ; Jha,2017) .

L'inoculation de *B. mucilaginosus* dans le sol améliore la disponibilité du K et du P et la teneur en huile et la biomasse de l'arachide de 35,4 % et 25 %, respectivement, (Sugumaran et al.,2007).

Bacillus pseudomycoïdes solubilisant le potassium a amélioré l'absorption de K par les théiers dans un sol traité avec des déchets de mica (Pramanik et al.,2019)

Une autre souche *Bacillus cereus* a augmenté de manière significative la hauteur des plantes, le poids sec des pousses et le nombre de branches de 15%, 26% et 27%, respectivement (Ali et al.,2021)

2.1.5.Biofertilisants à base des microorganismes oxydants le soufre

Le soufre est un micro-élément nécessaire aux plantes et jouant un rôle clé dans l'amélioration de certaines propriétés biologiques et physiques du sol tel que le ph ,il augmente la capacité des cultures à absorber l'azote ,le phosphore et autres micronutriments (El-Halfawi,2010)

Les bactéries *Thiobacillus* spp. ; *Thiobacillus thioparous* et *T. thiooxidans* peuvent oxyder le soufre en sulfates utilisables par les plantes (Vidyalakshmi et al.,2009 ;Itelima et al.,2018 ;Riaz et al.,2020)

L'inoculation de *Thiobacillus* sp augmente l'oxydation du soufre élémentaire, ce qui entraîne une augmentation de la disponibilité des sulfates dans le sol et par conséquent une augmentation de la croissance des plantes (Pourbabae et al.,2020)

Les composés du soufre, surtout sous forme réduite, polluent considérablement l'environnement. Les bactéries oxydant le soufre jouent également un rôle important dans la protection de l'environnement en éliminant biologiquement la pollution par le soufre.(Pokorna et Zabranska,2015)

2.1.6. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisant le zinc

Le zinc est l'un des micronutriments essentiels requis à des concentrations relativement faibles (5-100 mg/kg) dans les tissus pour la croissance et la reproduction des plantes. sa carence en zinc chez les plantes entraîne un retard de croissance des pousses, une réduction de la taille des feuilles, une chlorose, une sensibilité accrue à la lumière, à la chaleur et aux infections fongiques, et affecte le rendement des grains, le développement des racines, la formation du pollen, l'absorption et le transport de l'eau (Tavallali et al.,2010 ;Kamran et al.,2017).

La lutte contre la carence en zinc par l'emploi des inoculants microbiens comme les champignons mycorrhiziens arbusculaires ,*Saccharomyces* spp. et plusieurs genres de rhizobactéries tels que *Pseudomonas* spp. et *Bacillus* spp. capables de solubiliser la forme complexe du zinc dans le sol par des ligands chélatés et des systèmes oxydoréducteurs devient une priorité (Graham,2008 ; Kumar et al.,2019 ; Hussain et al.,2018 ;Kamran et al.,2017 ;Naz et al.,2016)

Les bactéries solubilisant le Zn produisent également des phytochromes, des antibiotiques, des vitamines et des substances antifongiques (Goteti et al.,2013).

Une amélioration de la croissance et le rendement des plants de riz inoculés avec une combinaison appropriée de souches bactériennes solubilisant le Zn a été enregistré (*Burkholderia* spp. et *Acinetobacter* spp.) (Vaid et al.,2014).

L'emploi des bio fertilisants contenant des bactéries solubilisant le Zn améliorent le rendement de maïs (Hussain et al.,2020).

2.1.7. Biofertilisants à base de rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR)

Un groupe de bactéries libres de la rhizosphère qui colonisent les racines des plantes et

exercer un effet bénéfique sur la croissance des plantes est appelé PGPR ou rhizobactéries (Beneduzi et al.,2012).

Les rhizobactéries comprennent des membres de plusieurs genres, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Acinetobacter*, *Actinoplanes*, *Bacillus*, *Frankia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, *Xanthomonas*, *Enterobacter*, *Cellulomonas*, *Serratia*, *Flavobacterium*, *Thiobacillus* (Yadav et al.,2017).

Elles contribuent à la fertilité du sol par minéralisation et décomposition de la matière organique, la tolérance au stress biotique et abiotique (sécheresse, salinité), l'amélioration de la germination des graines, la production des hormones (Auxines, AIA, l'éthylène, gibbérellines) qui favorisent la croissance des racines, améliorant ainsi la disponibilité des nutriments la croissance, le rendement et le développement des cultures (Mayak et al.,2004 ; De Vasconcellos et Cardoso,2009 ; Nezarat et Gholami,2009 ;Bharti et al.,2013 ; Almaghrabi et al.,2014 ; Timmusk et al., 2014 ; Islam et al.,2016 ; Kumari et al.,2016 ;Verma et al.,2016 ; Vurukonda et al.,2016 ;Barnawal et al.,2017 ;Jang et al.,2017 ;Tahir et al.,2017 ; Backer et al., 2018 ; Niu et al.,2018 ; Ilyas et al .,2020).

Ils contribuent dans la modulation des métabolites secondaires des plantes et la biorémediation des métaux lourds et des polluants (Sayyed et al.,2015 ; Ordookhani et al.,2011 ; Pandey et al.,2013 ; Khan et Bano,2016 ; Patel et al.,2016).

2.2.Les bio fertilisants d'origine animale et végétale et aquatique

Les déchets naturels provenant des plantes (matériel végétal frais/séché), des animaux (fumiers) les algues et le vermicompost peuvent être employés pour la fabrication des bio fertilisants organiques (Zhai et al .,2009; Deore et al ., 2010 ; Kavipriya et al ., 2011 ;Mirecki et al .,2011 ;Kim et al .,2015 ; Nabti et al ., 2017 ;Nxumalo et al ., 2019 ; Ronga et al ., 2019 ;Michael ,2021).

2.2.1.Les fumiers

Les fumiers sont le produit de la fermentation d'un mélange de pailles plus ou moins piétinés et de déjection animale qui permet un recyclage efficace des éléments minéraux plus concentré et plus assimilable que dans les résidus de départ. Le fumier le plus courant en Afrique, appelé poudrette de parc, est récolté dans les parcs où les animaux sont gardés la nuit, sans apport de paille. C'est un mélange de terre et des fèces non fermentés. Il contient moins de 50% de matière organique et sa composition est variable suivant la proportion de la terre (Nxumalo et al ., 2019).

2.2.2.Le vermicompost

Le vermicompost est un produit biologique utilisé comme amendement humique et résultant du processus de fermentation lente ou décomposition de la matière organique animale et végétale par les vers de terre (Bernal et al ., 1998 ;Jannoura et Bruns, 2014).

2.2.3.Les algues

Les algues contribuant énormément à la fertilité des sols, la lutte biologique contre les ravageurs, la remise en état des sols et le traitement et des eaux usées (Uysal et al ., 2015 ; Michael ,2021).

Parmi les algues largement utilisées comme engrais organique les algues marines *Ascophyllum nodosum* et *Rhodophyta* spp riches en potassium et les micro algues vertes augmentant la teneur en humus et fabriquant un mucilage améliorant la texture des sols (Marathe et Chaudhari ,1975 ;Michael , 2021) .

2.2.4. Les engrais verts

Un engrais vert est une culture destinée à être enfouie, à l'état vert sur place par un labour, insérés dans les programmes de rotation en tant qu'inter-culture pour améliorer la structure du sol et sa fertilité ,elle peut comporter une ou plusieurs espèces de plantes (Pousset, 2011).

1. Description de la plante.

La fève ou *Vicia faba* Lest une plante herbacée annuelle avec des chromosomes plus larges et moins nombreux comparativement aux autres espèces du genre *Vicia* (espèce diploïde ($2n = 12$ ou $n = 6$ chromosomes, autres espèces souvent: $n = 7$) (Lawes et al., 1983 ; Peron, 2006).

La plante de fève est composée de :

1.1. Racines : sont pivotantes, puissantes et de taille importante allant jusqu'à 1m de profondeur, avec une forte ramification secondaires et des nodosités abondantes dans les premiers centimètres du sol (Laumonier ,1979). (Figure1).



Figure 1. Racines de la fève (Photo personnelle, 2023)

1.2. Tige : est rugueuse et dressée non ramifiée, se dressant sur plus de 1 mètre de hauteur pour certaines variétés (Peron, 2006). (Figure 2)



Figure 2. Tige de la fève (Photo personnelle, 2023)

1.3. Les feuilles : elles sont alternes, composées et pennées, elles sont constituées par 2 à 4 paires de folioles amples et ovale d'un vert glauque ou grisâtre (Chaux et Foury, 1994). (Figure 3).



Figure 3. Feuilles de la fève (Photo personnelle,2023)

1.4. Les fleurs : sont du type papilionacées, blanc ou faiblement violacées et porte sur chaque aile une macule noir avec une inflorescence en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne situées à l'aisselle des feuilles (Maoui et *al.*, 1990 ;Chaux et Foury, 1994).(Figure 4).



Figure 4. Fleurs de la fève (Photo personnelle,2023)

1.5. Les fruits : sont des grandes gousses vertes, épaisses, contenant 4 à 8 graines (Chaux et Foury, 1994). (Figure 5).



Figure 5. fruits de la fève (Photo personnelle,2023)

1.6. Les graines : sont les plus volumineuses de toutes les espèces légumières, charnues et vert tendre à l'état immature, puis d'un brun-rouge à maturité elles prennent une forme aplatie à contour arrondi (Chaux et Foury, 1994). (Figure 6).



Figure 6.Graines de la fève (Photo personnelle,2023)

2. Position systématique

Selon Dajoz(2000) la fève est classée comme suit :

Règne.....	Végétal
Sous-règne.....	Cormophyte
Embranchement.....	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe.....	Dialypétales
Série.....	Caliciformes
Ordre.....	Rosales
Famille.....	Fabacées

Sous-famille Papilionacées
Genre Vicia
Espèce..... *Vicia faba* L. (1753)

3. Origine

La fève, *Vicia faba* L., est cultivée sur tous les continents mais elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen Orient (Peron, 2006, Mathon, 1985).

A partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long Nil jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde (Mathon, 1985).

Elle est considérée comme l'une des plus vieilles espèces légumières cultivées, des restes de cette culture ont été trouvés à Palestine et qui remontent à 6000 ans (Cuberoj, 2011).

4. Intérêts de la fève

4.1. Intérêt agronomique

La fève présente de nombreux avantages, sa place de légumineuse dans la rotation est essentielle (fixation d'azote de l'air).

Selon Hamadache (2003), la fève a la capacité de fixer l'azote de l'air grâce aux bactéries qui contiennent les nodosités de ses racines, par conséquent la plante n'a pas besoin des apports d'engrais et permet donc de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre et de gaz acidifiants. Elle est capable d'étouffer les mauvaises herbes, la fève se prête bien à la culture biologique.

4.2. Intérêt alimentaire

V. faba est riche en énergie, elle constitue une source non négligeable de protéines végétales. Les fèves sont cultivées pour être consommées fraîches lorsque les graines sont vertes, ou sèches. Elle est aussi considérée comme alternative aux protéines animales pour les pays en voie de développement (Maatougui, 1996).

Cette légumineuse a une teneur en protéine élevée de l'ordre de 300g /kg, c'est une excellente source de fibre soluble et insoluble, de glucide complexe, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, magnésium, le cuivre et fer et le zinc) (Gordon, 2004).

5. Exigences de la culture de la fève

5.1. Exigences agronomiques

5.1.1. Préparation du sol

Avant le semis, un labour d'été de 30 à 35cm de profondeur suivi d'un désherbage doivent être réalisés. Il est recommandé de procéder à un labour dans le but de travailler profondément le sol, d'éliminer les obstacles structuraux et assurer une bonne infiltration des

eaux de pluies, et un meilleur développement du système racinaire. Laisser le sol aérer en profondeur, pour favoriser le fonctionnement des rhizobiums fixateurs d'azote, qui ont besoin de l'azote contenu dans l'air (Alioua, 2000)

il est déconseillé de faire revenir la fève avant 4 ou 5 ans sur la même parcelle. De même, les autres légumineuses (pois chiche, lentille, haricot...) sont également déconseillées en raison du risque de développement des maladies, des ravageurs et autres parasites (Maoui et al., 1990).

5.1.2. Installation de la culture

D'après Laumonier (1979), le semis de fève doit s'effectuer à partir du mois d'octobre à la fin du mois de février et début mars ; selon les zones agro climatiques et les variétés de la fève. Les semis précoces sont préconisés pour les zones côtières (Ait abdellah et al., 1996) et les semis tardifs, pour les plaines intérieures et les zones de montagnes, souffrant de la sécheresse printanière ainsi que des déprédateurs comme les pucerons notamment le puceron noir *Aphisfabae*.

5.1.3. Fertilisation

La fève qui est une légumineuse est économe en azote, mais exige des apports d'engrais riche en phosphores et potasse. L'apport de la fumure phospho-potassiques dépend des précédents, des teneurs de ces éléments dans le sol (environ 30 kg pour l'acide phosphorique et 100 à 150kg pour la potasse par hectare) (Alioua, 2000).

5.1.4. Soins culturaux

Il est recommandé de biner, arroser et sarcler régulièrement, quand la plante atteint 15 cm de hauteur, car cette opération permet de maîtriser les mauvaises herbes, d'améliorer la structure du sol et d'économiser l'eau. Le binage est conseillé, car comparé au hersage il permet d'intervenir sur une période de temps nettement plus importante, donc sera plus préférable l'osque de nombreuses vivaces sont présentes (Alioua, 2000).

5.2. Exigences pédoclimatiques

Les exigences pédoclimatiques de la culture de fève sont :

5.2.1 Sol

La fève préfère un sol profond argilo-sableux, calcaire, riche en potassium avec un pH optimum égal à 7,1, pas trop humide (Peron, 2006).

5.2.2 Climat

5.2.2 .1. Température

La germination a lieu à une température de sol de 5°C et la température optimale de la végétation se situe entre 15°C et 25°C, mais elle résiste bien au froid (jusqu'à -3 et -4°C) (Chaux, 1971 ; Matthews et Marcellos, 2003).

Elle ne supporte pas les fortes chaleurs; qui lui sont néfastes (arrêt de croissance, chlorose) et peuvent même anéantir complètement sa végétation (Chaux et Foury, 1994).

5.2.2.2. Lumière

La fève se comporte comme une plante de jour long, cela se traduit par une exigence importante en luminosité, la tige s'allonge et les nœuds se forment rapidement en cas de forte intensité lumineuse (Bedjaoui, 2000).

5.2.2.3. L'Humidité et l'eau.

La fève est sensible à la sécheresse et très exigeante en humidité surtout pendant les périodes de son développement (cycle végétatif et floraison). La culture de la fève peut être pratiquée dans les zones à pluviométries annuelles de 450 à 500 mm (Chaux et Foury, 1994).



MATERIEL
ET
METHODES

Matériel et Méthodes

1. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (Vermicompost) sur la culture de fève (Variété Muchaniel)

Pour tester l'effet de thé de vermicompost préparé préalablement en tant que engrais liquide sur la culture de fève plusieurs doses préparés (figure 7) sont mentionnées dans le Tableau 1 sont appliquées par voies foliaire (figure 8) et racinaire (figure 9). 5 répétitions pour chaque type d'application et cinq répétitions arrosées avec de l'eau distillée et considérées comme témoins.

Plusieurs paramètres après l'application de ces différentes doses sont mesurés, incluant le poids de gousse, longueur de la tige et nombre de feuilles.

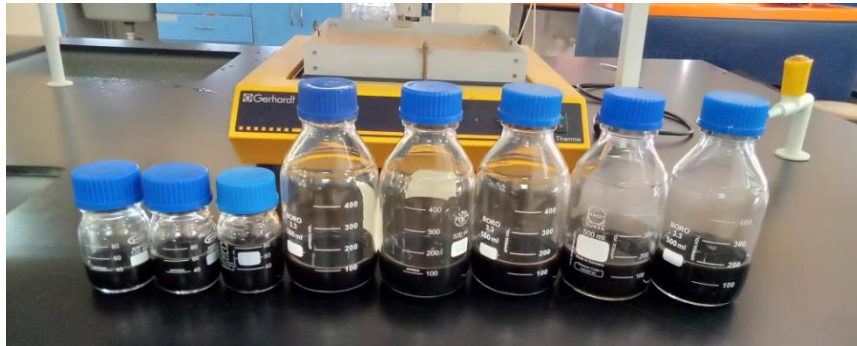


Figure 7. Préparation des doses



Figure 8. Application foliaire



Figure 9. Application racinaire.

Matériel et méthodes

Tableau 1. Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire.

Application foliaire (ml/L)	Application racinaire (ml/L)	Application foliaire (ml/L) + Application racinaire (ml/L)
10	10	10+10
15	15	10+15
20	20	10+20
25	25	10+25
30	30	10+30
35	35	10+35
40	40	10+40
45	45	10+45
		15+10
		15+15
		15+20
		15+25
		15+30
		15+35
		15+40
		15+45
		20+10
		20+15
		20+20
		20+25
		20+30
		20+35
		20+40
		20+45
		25+10
		25+15
		25+20
		25+25
		25+30
		25+35
		25+40
		25+45
		30+10
		30+15
		30+20
		30+25
		30+30
		30+35
		30+40
		30+45
		35+10
		35+15
		35+20
		35+25
		35+30
		35+35
		35+40
		35+45
		40+10
		40+15
		40+20
		40+25
		40+30
		40+35
		40+40
		40+45
		45+10
		45+15
		45+20
		45+25
		45+30
		45+35
		45+40 45+45

2. Analyse des données statistiques.

L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey (HSD) (avec un intervalle de confiance de 95%) ont été effectués afin de comparer et classer en groupes homogènes les valeurs enregistrés des paramètres étudiés. Toutes les analyses de données statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel XLSTAT 2019 (Addinsoft, 2019. XLSTAT Statistical Data Analysis Solution, Paris, France).



RESULTATS
ET
DISCUSSION

Résultats et discussion

1. Résultats

Les résultats d'application de thé de vermicompost à différents doses et modes d'application montrent qu'ils améliorent le poids des gousses, la longueur des plants et le nombre de feuilles des plants de fève.

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 % avec un poids maximale de gousses de 54,082g, une longueur maximale de plants de 156,8cm et un nombre de feuilles maximale de 117,2 feuilles /plant figures (10,11,12)

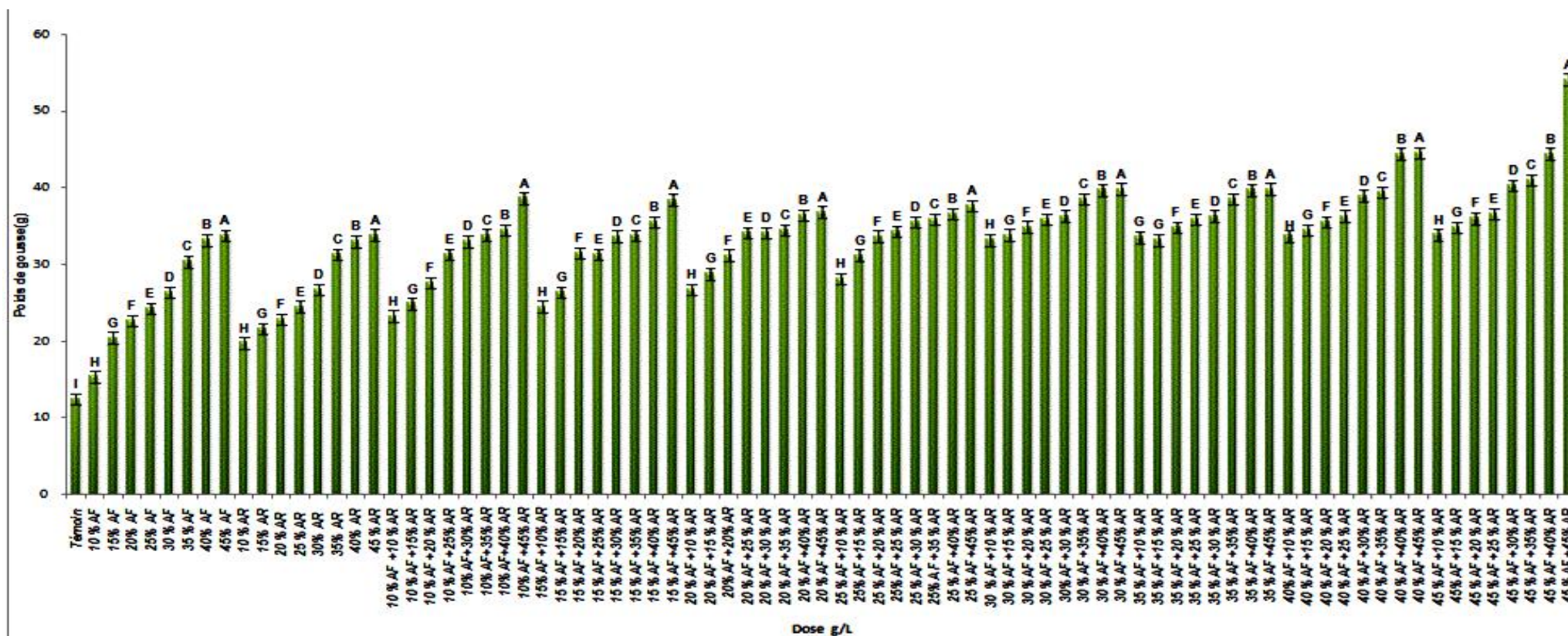


Figure 10. Effet de l'application de thé vermicompost sur le poids de gousses de fève (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

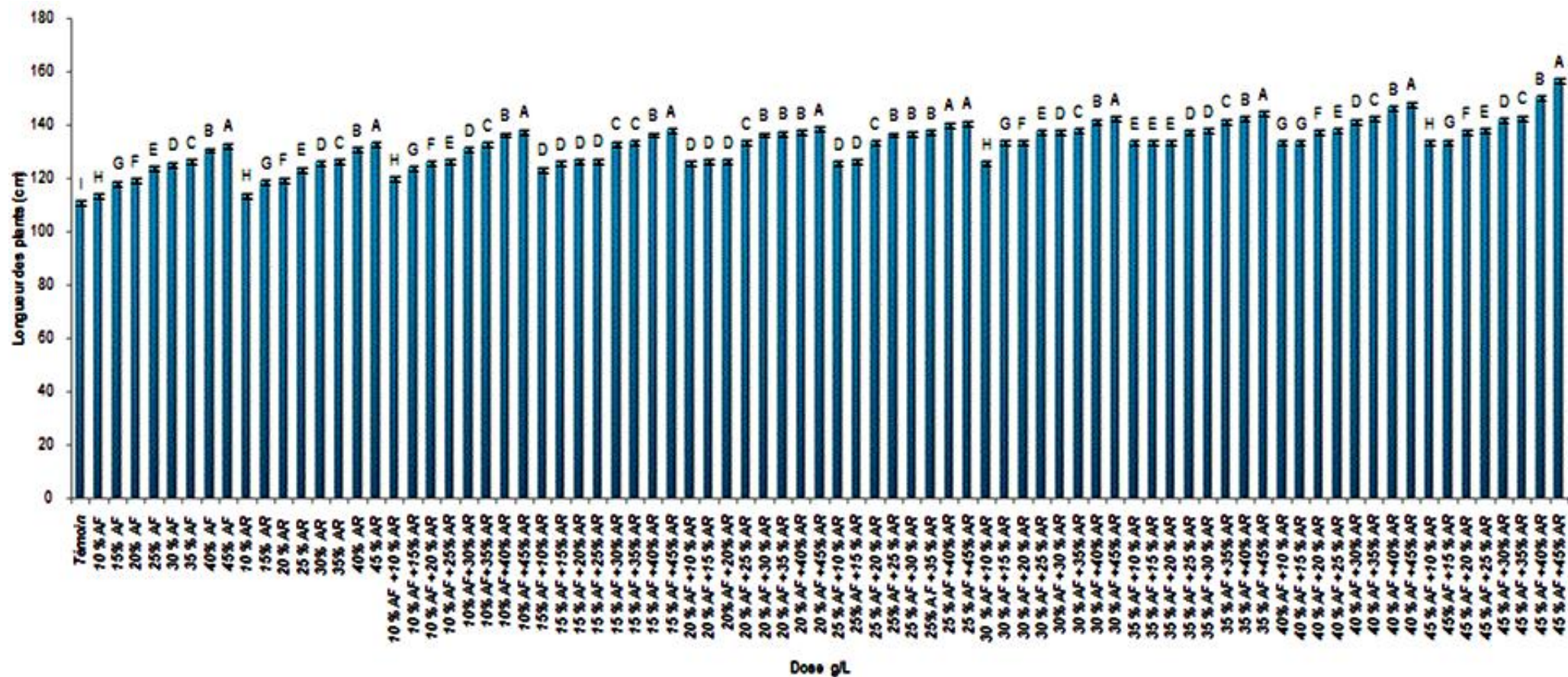


Figure 11. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de fève (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

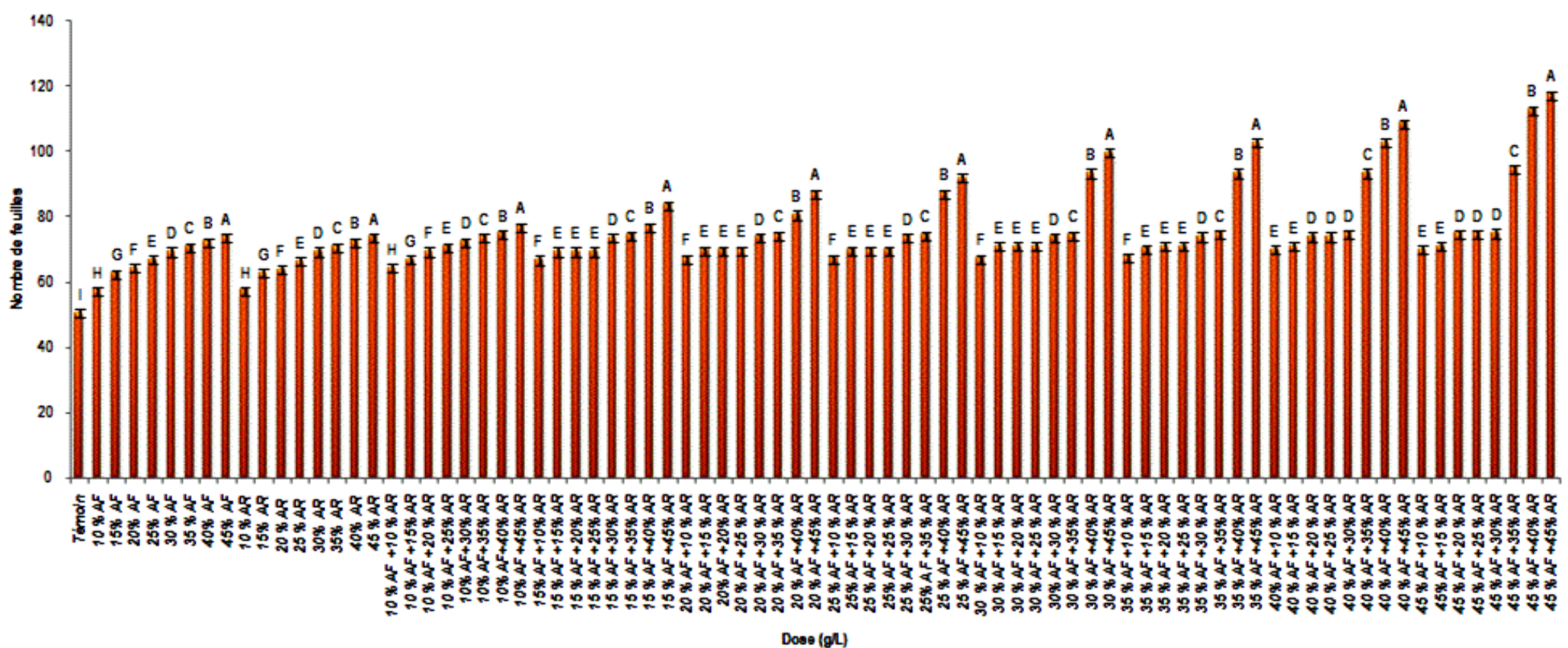


Figure 12. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de fève (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

Pour l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey (HSD) (avec un intervalle de confiance de 95%) les lettres majuscules indiquent une différence significative entre les valeurs du rendement (au niveau de signification de 0,05).

2. Discussion

Les bio fertilisants sont des produits riches en éléments minéraux nutritifs, ont des effets positifs sur l'activité biologique du sol, la croissance, le développement des plantes, sur le contrôle des maladies et des ravageurs des plantes (Reganold, 1995 ; Rivera et al., 2012 ; Bozsik, 1996 ; Dabrowski et al., 2007 ; Godlewska et al., 2019 ; Abdalla, 2013 ; Hayat, 2018).

Les bio stimulants foliaires organiques sont des substances provenant de différentes sources biologiques et pouvant lorsqu'ils sont appliqués en petites quantités d'améliorer la croissance, le développement l'absorption et l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs par les plantes (Calvo et al., 2014).

Parmi ces biofertilisants qui peuvent être utilisés par application foliaire (biostimulant) ou racinaire le thé de vermicompost qui est un liquide organique riche en nutriments produit à partir de la décomposition des matières organiques par des vers de terre (Edwards et Arancon, 2004). Il est utilisé comme fertilisant pour les plantes car il contient une grande quantité de micro-organismes bénéfiques, de nutriments et d'enzymes qui favorisent la croissance des plantes et améliorent la santé du sol (Atiyeh et al., 2001).

Des études ont montré que l'utilisation du thé de vermicompost peut augmenter la production de cultures, améliorer la qualité des fruits et légumes et réduire les maladies des plantes (Kavitha et Kumar, 2013).

De plus, le thé de vermicompost est écologique car il est produit à partir de matières organiques recyclées. Il est donc considéré comme un fertilisant durable et respectueux de l'environnement.

Les éléments nutritifs contenu dans ce biofertilisant sont divisés en deux groupes en fonction de la quantité demandée par les plantes, les macro-éléments demandés à des niveaux relativement élevés comme l'azote qui est un élément disponible sous forme des ions de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+), fortement assimilé par la plante (5 à 70mg/g de matière sèche) et fondamental pour la formation des acides aminées nécessaires pour la formation du protoplasme et la division cellulaire, des protéines, des vitamines, du chlorophylle nécessaire pour la photosynthèse, des enzymes, des nucléotides, des acides nucléiques. Le phosphore qui est un élément peu mobile dans le sol, disponible sous forme d'ions ortho phosphaté (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), représente de 1 à 5 % de la matière sèche de la plante et joue un rôle majeur au stockage et transfert d'énergie (ADP, ATP) nécessaire au transport et à l'absorption des ions dans les processus de photosynthèse et de respiration, à la

Résultats et discussion

formation des nucléotides, des acides nucléiques des coenzymes, des phospholipides intervenant dans le pouvoir germinatif des semences, la croissance et le développement des racines, l'initiation florale, la formation des grains et des fruits, développement et maturation des fruits. Le potassium disponible pour les plantes sous forme d'ion K^+ , Il joue un rôle de régulateur des fonctions vitales de la plante comme la synthèse des protéines, la croissance des cellules, la photosynthèse en maintenant l'équilibre des charges électriques sur le site de production d'ATP, la résistance aux maladies, au froid et à la sécheresse par la constitution de parois cellulaires résistantes, la régulation de la transpiration, la circulation de la sève ascendante dans le xylème et descendante dans le phloème, le transfert des assimilats (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules), régulation de l'utilisation de l'eau par la plante par le contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates. Le magnésium qui est un élément nutritif disponible sous forme d'ion Mg^{2+} , très important pendant toutes les phases de développement des plantes où il est absorbé en quantités considérables, il rentre dans la constitution du noyau, la formation des pigments comme le carotène, les xanthophylles et le chlorophylle, la synthèse des protéines et des acides nucléiques, des sucres et de l'amidon, il aide à l'assimilation et la migration du phosphore et des sucres dans la plante, l'augmentation de la teneur en vitamines A et C et la résistance aux sécheresses et aux maladies cryptogamiques et le calcium qui est un élément immobile, disponible sous forme d'ion Ca^{2+} , Il intervient dans le transfert des glucides, le développement des parois cellulaires et des racines, la synthèse des protéines, des enzymes et de vitamines, la résistance aux maladies (Uchida, 2000 ; Ronen, 2007 ; Hamdani, 2020).

Les micro-éléments ne sont nécessaires qu'à l'état de traces, parmi eux le zinc qui est un micronutriment disponible sous forme d'ion Zn^{+2} avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm, il entre dans la synthèse de l'ARN et des protéines, des enzymes déshydrogénases nécessaires pour la formation des acides aminés, du tryptophane qui est un précurseur d'auxine, du tryptophane nécessaire à la formation de l'acide indole acétique. Le bore disponible sous forme de borate H_3BO_3 avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm, il joue un rôle important dans la croissance des méristèmes et des racines, la migration des glucides, la synthèse des acides nucléiques, des protéines, des hormones végétales et de la lignine, la formation des graines et des parois cellulaires, favorise la floraison et la maturité des fruits. Le cuivre disponible sous forme d'ion Cu^{+2} avec une concentration moyenne dans les tissus de 3 à 10 ppm, Il est requis dans les processus de photosynthèse, reproduction, respiration des plantes, transport des glucides et des protéines et dans la synthèse de la lignine, chlorophylle et des pigments, Il sert aussi à intensification de la

Résultats et discussion

saveur et la couleur ,la teneur en sucres des fruits et des légumes et la couleur des fleurs .et le Fer qui est un micro-élément immobile disponible pour sous forme de Fe^{2+} ou Fe^{3+} avec une concentration moyenne dans les tissus de 100 ppm ,contribuant à la pigmentation et à la respiration des feuilles, la formation et le maintien de la chlorophylle, la formation et l'activation des enzymes (Uchida ,2000 ;Ronen,2007 ;Hamdani,2020).



CONCLUSION

Conclusion

Dans ce travail, nous avons pu mettre en évidence l'effet de certains bio fertilisants (thé de vermicompost) sur la culture de fève.

Les résultats d'application de thé de vermicompost à différents doses et modes d'application montrent qu'ils améliorent le poids des gousses, la longueur des plants et le nombre de feuilles des plants de fève.

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 %. avec un poids maximale de gousses de 54,082g, une longueur maximale de plants de 156,8cm et un nombre de feuilles maximale de 117,2 feuilles /plant.

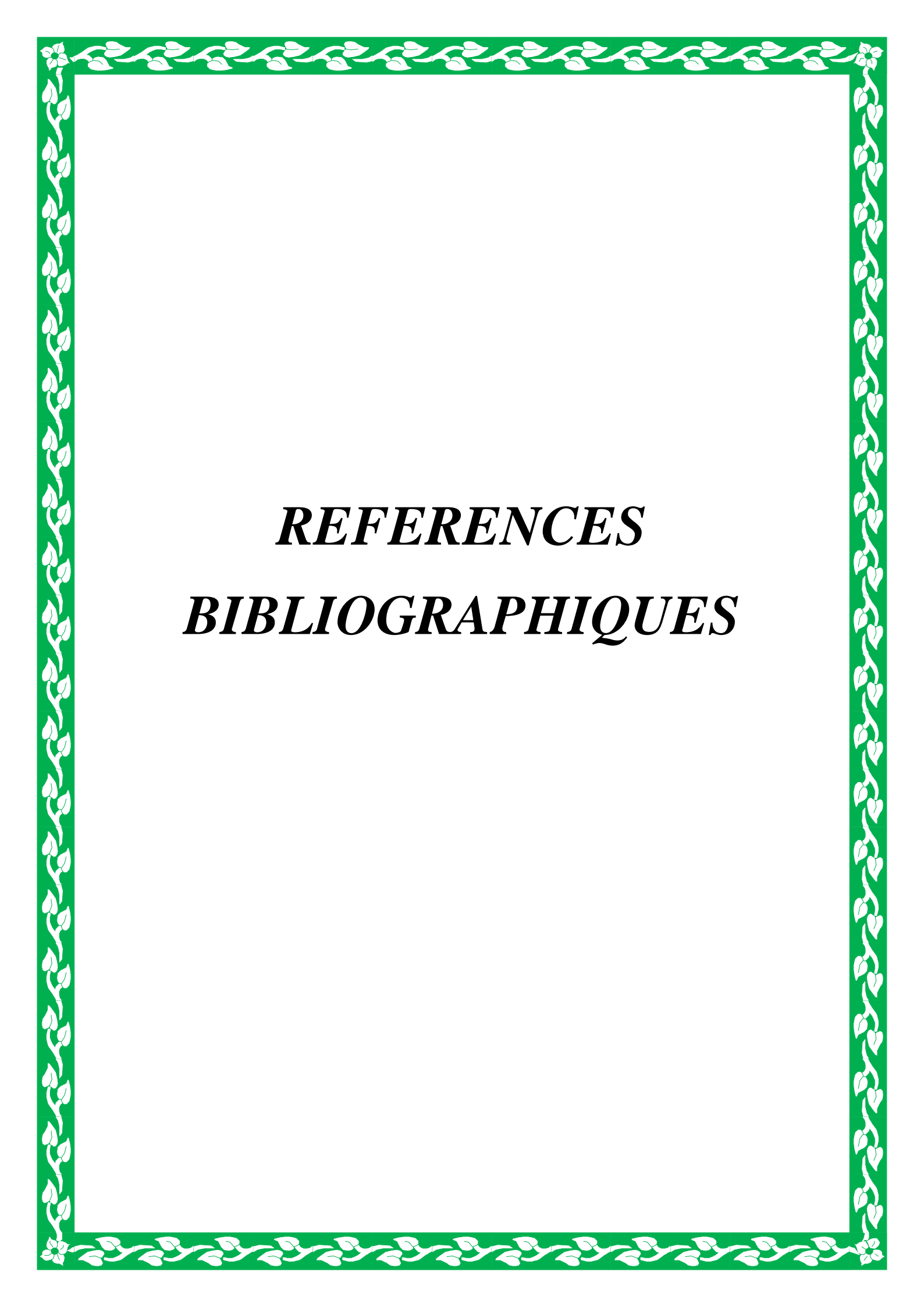
Ces résultats montrent que le thé de vermicompost constitue une bonne alternative aux engrais chimiques.

Il est recommandé dans les prochaines études de :

-Cibler autres cultures.

-essayer d'améliorer la qualité de thé de vermicompost par sa combinaison avec autres bio fertilisants

-essayer autre doses pour les applications foliaires et racinaires.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbasi H., Akhtar A., Sharf R., 2015.** Vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi: A tool for sustainable agriculture. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, **5**: 40-49. doi: 10.3923/ajpnft.2015.40.49.
- Abdalla M.M., 2013.** The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, **5**: 42-49. doi: 10.5897/ijppb2012.026.
- Ahmad M., Nadeem S.M., Naveed M., Zahir Z.A., 2016.** Potassium-solubilizing bacteria and their application in agriculture. *Potassium Solubilizing Microorganisms in Sustainable Agriculture and Biotechnology* ., 293-313. doi: 10.1007/978-81-322-2776-2_21
- Aipa J., Michael P.S., 2018.** Poultry manure application and fallow improves peanut production in a sandy soil. *Agriculture Journal*., **4**:68-75. doi: 10.5281/zenodo.1188086.
- Aipa J., Michael P.S., 2019.** Different land use system improves soil fertility status of a sandy soil and increases the yield of rice under rain-fed wet tropical lowland conditions in Papua New Guinea. *International Journal of Agricultural and Environmental Research*., **5**:19-27. doi:10.5281/zenodo.2654572.
- Ait Abdellah F., Hamadache A et Belloula B., 1996.** Effet de l'environnement, de la date de semis et désherbage sur le rendement en graine et ses composants chez la fève (*Vicia faba* L). *Céréaliculture*. N°.29 :15-18.
- Akhtar M., Sarwar N., Ashraf A., Ejaz A., Ali S., Rizwan M., Science S., . 2020.** Beneficial role of *Azolla* sp. in paddy soils and their use as bioremediators in polluted aqueous environments: Implications and future perspectives. *Archives of Agronomy and soil science*, 1–14. doi :10.1080/03650340.2020.1786885
- Alaoui S., 2000.** Référentiel pour la conduite technique de la fève *Vicia faba*
- Albiach R., Canet R., Pomares F., Ingelmo F., 2000.** Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*., **75**:43-48. doi: 10.1016/s0960-8524(00)00030-4.
- Ali A.M., Awad M.Y., Hegab S.A., Gawad A.M.A.E., Eissa M.A. 2021.** Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. *Journal of Plant Nutrition*., **44**: 411-420. doi :10.1080/01904167.2020.1822399
- Almaghrabi O.A., Abdelmoneim T., Albishri H.M., Moussa T.A., 2014.** Enhancement of maize growth using some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) under laboratory conditions. *Life Science Journal* ., **11**: 764-772.

- Anand K., Kumari B., Mallick M., 2016.** Phosphate solubilizing microbes: An effective and alternative approach as biofertilizers. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.*,**8**: 37-40.
- Antoun H., 2012.** Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. *Procedia Engineering.*,**46**:62-67.
- Apaolaza V., Hartmann P., D'Souza C., Lopez C.M., 2018.** Eat organic-feel good? The relationship between organic food consumption, health concern and subjective wellbeing. *Food Quality and Preference* .,**63**:51-62 .doi :10.1016/j.foodqual.2017.07.011.
- Arora N.K., Verma M., Mishra J.,2017.** Rhizobial bioformulations: Past, present and future. In:Mehnaz S. (eds) .*Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to Bioremediation Microorganisms for Sustainability*,Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, volume 2;pp: 69-99.
- Asoegwu C.R., Awuchi C.G., Nelson K., Orji C.G., Nwosu O.U., Egbufor U.C., Awuchi C.G.,2020.**A Review on the Role of Biofertilizers in reducing soil pollution and increasing soil nutrients. *Himalayan Journal of Agriculture.*,**1**: 34-38.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D.,2001.** Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
- Backer R., Rokem J.S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian., S., Smith D.L., 2018.** Plant growth promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science* ., **9**: 1473.doi :10.3389/fpls.2018.01473 .
- Bahadur I., Maurya B.R., Kumar A., Meena V.S., Raghuwanshi R., 2016.**Towards the soil sustainability and potassium-solubilizing microorganisms. In: Meena V., Maurya B.,Verma J.,Meena R. (eds).*Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*, Springer, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 255-266.
- Barnawal D., Bharti N., Pandey S.S., Pandey A., Chanotiya C.S., Kalra, A.2017.** Plant growth-promoting rhizobacteria enhance wheat salt and drought stress tolerance by altering endogenous phytohormone levels and TaCTR1/TaDREB2 expression. *Journal of Plant Physiology.*, **161**: 502-514. doi: 10.1111/ppl.12614.
- Baswana K.S.,Rana M.K. 2007.**Effect of organic sources and bio- fertilizers on growth and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.). *Haryana Journal of Horticultural Sciences.*,**36 (3/4)**: 326-330.

- Bedjaoui, H., 2000.** Réponse de quelques variétés de fève à l'infestation artificielle par les pucerons noirs: *Aphis craccivora* et *Aphis fabae* (Homoptera, aphididae) dans les régions de Biskra et de Batna. *Mémoire Ing. Agro., Univ. Batna.*107.
- Behera S ., Jyotirmayee B., U Mandal., A Mishra., Mohanty P., Mahalik G.,2022.**Effect of Organic Fertilizer on Growth, Yield and Quality of *Pisum sativum* L.A Review. *Ecology, Environment and Conservation.*,**28** : 233-241.doi: 10.3923/sjsres.2020.327.335.
- Belyaeva O.N., Haynes R.J., 2009.**Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green waste with coal fly ash *.Bioresource Technology.*,**100**:5203-5209. doi: 10.1016/j.biortech.2009.05.032.
- Beneduzi A.,Ambrosini A., Passaglia L.M., 2012.** Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology .*, **35**:1044-1051.doi: 10.1590/s1415-47572012000600020.
- Benfatto D., Matteo R., Di Franco F., San Lio R.M., Ugolini L., Lazzeri L., 2015.** The use of bio-based liquid formulations in pest control of citrus groves.*Industrial Crops and Products .*,**75**:42-47 .doi: 10.1016/j.indcrop.2015.05.039.
- Bernal M.P., Paredes C., Sánchez-Monedero M.A., Cegarra J.1998.**Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology.*,**63**:91-99.doi :10.1016/S0960-8524(97)00084-9.
- Bharti N., Yadav D., Barnawal D., Maji D., Kalra A.,2013.***Exiguobacterium oxidotolerans*, a halotolerant plant growth promoting *rhizobacteria*, improves yield and content of secondary metabolites in *Bacopa monnieri* (L.) Pennell under primary and secondary salt stress.*World Journal of Microbiology & Biotechnology.*, **29**: 379-387. doi :10.1007/s11274-012-1192-1
- Bhosale H., Kadam T., Bobade A.,2013.**Identification and production of *zotobacter vinelandii* and its antifungal activity against *Fusarium oxysporum*. *Journal of Environmental Biology.*,**34**: 177-182.
- Board N., 2004.** The Complete Technology Book on Bio-Fertilizer and Organic Farming; National Institute of Industrial Research, Delhi, India,620 p.
- Bocchi S., Malgioglio A., 2010.** *Azolla-Anabaena* as a biofertilizer for rice paddy fields in the Po Valley, a temperate rice area in Northern Italy.*International Journal of Agronomy.*, 1-5.doi:10.1155/2010/152158.
- Bothe H., Schmitz O., Yates M.G., Newton W., 2010.**Nitrogen fixation and hydrogen metabolism in cyanobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews.*,**74**: 529-551.doi :10.1128/MMBR.00033-10.

- Bouard, P., Charon, Y., Corbin, D., Michaut, L., Ruetschmann, C., Vade, S., Veron, G., 1992.** Traité pratique de jardinage. Ed. Clause jardin, France, 854p.
- Bozsik A., 1996.** Studies on aphicidal efficiency of different stinging nettle extracts. *Anz.Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* ., **69**:21-22 .doi: 10.1007/BF01905863.
- Brahmaprakash G., Sahu P.K., 2012.** Biofertilizers for sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science.*, **92**:37-62.
- Bücking H., Liepold E., Ambilwade P., 2012.** The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. *Plant Science* ,**4**: 108-132. doi:10.5772/52570.
- Bulgarelli D., Schlaeppi K., Spaepen S., Van Themaat E.V.L., Schulze-Lefert P., 2013.** Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology.*, **64**:807-838. doi :10.1146/annurev-arplant-050312-120106.
- Bumandalai O., Tserennadmid R. 2019.** Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. *international Journal of Aquatic Biology.*, **7**: 95-99. doi: 10.22034/ijab.v7i2.582
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W., 2014.** Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil.*, **383**(1-2), 3-41. doi:10.1007/s11104-014-2131-8
- Centre d'expertise en analyse environnementale du québec, 2003.** Détermination de la matière organique par incinération : méthode de perte de feu (PAF), MA. 1010 – PAF 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 9 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du québec, 2014.** Détermination du pH : méthode électrométrique, MA. 100 – pH 1.1, Rév. 3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, 11 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du québec, 2015.** Détermination de la conductivité : méthode électrométrique, MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 9 p.
- Chang, C.H., Yang S.S., 2009.** Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation. *Bioresource Technology.*, **100**: 1648-1658. doi: 10.1016/j.biortech.2008.09.009
- Chaux C. Foury C., 1994.** Production légumières, légumineuses potagères légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier F75384 paris cedex 08, pp3-15.

- Chaux, C., 1971.** Production légumière "Légumineuses potagères". Ed J-B Baillièrre, Paris, 409p.
- Chaux, C., Foury, C.L., 1994.** Production légumière: Légumineuses potagères, Légumes fruits. Tome III, Ed: TEC. et DOC, Lavoisier, 563p.
- Chittora D., Meena M., Barupal T., Swapnil P., Sharma K., 2020.** Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture.*Biochemistry and Biophysics Reports* ., **22**:100737.doi :10.1016/j.bbrep.2020.100737.
- Choudhury A., Kennedy I., 2004.**Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Biology and Fertility of Soils*.,**39**:219-227. doi :10.1007/s00374-003-0706-2
- Cookson W.R., Murphy D.V., Roper M.2008.**Characterising the relationships between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient.*Soil Biology and Biochemistry*.,**40**:763-777. doi :10.1016/j.soilbio.2007.10.011.
- Cuberoj, I., 2011.** The faba bean: a historic perspective. *Grain Legume* 56: 5-7
- Ćustić H. M., Horvatić M., Pecina M., 2009.**Nitrogen Fertilization Influences Protein Nutritional Quality in Red Head Chicory.*Journal of Plant Nutrition*.,**32(4)**: 598-609. 10.1080/01904160802714987.
- Dabrowski Z.T., Sereczynska U., 2007.** Characterisation of the Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus Urticae* Koch, Acari: Tetranychidae)Response to Aqueous Extracts from Selected Plant Species. *Journal of Plant Protection Research*.,**47**: 113-124.
- Dajoz R., 2000.** Éléments d'écologies .Ed. Bordas paris, 5ème Edition, 540p.
- Datta A., Singh R.K., Tabassum S., 2015.**Isolation, characterization and growth of Rhizobium strains under optimum conditions for effective biofertilizer production.*International Journal of Pharmaceutical Sciences*.,**32**: 199-208.
- Davis D.R., 2009.** Declining fruit and vegetable nutrient composition: What is the evidence? *Hort Science*., **44**: 15-19.doi :10.21273/HORTSCI.44.1.15.
- De Vasconcellos R.L.F., Cardoso E.J.B.N., 2009.**Rhizospheric *streptomycetes* as potential biocontrol agents of *Fusarium* and *Armillaria* pine rot and as PGPR for *Pinus taeda*.*Biocontrol*.,**54**: 807-816. doi :10.1007/s10526-009-9226-9.
- DeLuca T., Pingree M., Gao S., 2019.**Assessing soil biological health in forest soils. In Busse M., Giardina C. P., Morris D. M., Debbie S (eds).Developments in Soil Science; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, Volume 36; pp: 397-426.

- Deore G.B., Limaye A.S., Shinde B.M., Laware S.L., 2010.**Effect of Novel Organic Liquid Fertilizer on Growth and Yield in Chilli (*Capsicum annum* L.).*Asian journal of experimental biological sciences.*,**1**: 15-19.doi :10.13005/bbra/2434.
- Din M., Nelofer R., Salman M., Khan F.H., Khan A., Ahmad M., Jalil F., Din J.U., KhanM.,2019.** Production of nitrogen fixing *Azotobacter* (SR-4) and phosphorus solubilizing *Aspergillus niger* and their evaluation on *Lagenaria siceraria* and *Abelmoschus esculentus*. *Biotechnology Reports* .,**22**, e00323. doi :10.1016/j.btre.2019.e00323.
- Douds D.D., Gadkar V., Adholeya A., 2000.** In: Mukerji K.G.,Chamola B.P., Singh J. (eds) .Mass production of VAM fungus biofertilizer. In Mycorrhizal Biology; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 197-215.
- Dutta S. ,Singh M.S., 2002.** Mustard and Rapeseed response to *Azotobacter* .*Indian Journal Hill Farming* .,**15**: 44-46 .
- Dwivedi S., Sangeeta G.R., Gopal R., 2015.** Role of mycorrhizae as biofertilizer and bioprotectant.*International Journal of Pharmacy and Biological Sciences.*, **6**: 1014-1026.doi:10.3389/ffunb.2022.723892.
- Edwards, C.A. and Arancon, N.Q. (2004).** Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press.
- Ekholm P., Reinivuo H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Hellstrom, J., Ovaskainen M.L. 2007.**Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland.*Journal of Food Composition and Analysis* ., **20**: 487-495. doi :10.1016/j.jfca.2007.02.007
- Eklund E., 1970** .Secondary effects of some *Pseudomonads* in the rhizosphere of peat grown cucumber plant. *Suppl. Acta Agriculturae Scandinavica.*, **3**: 613.
- El-Halfawi M., Ibrahim S., Kandil H., Niculita M., Rusu C., 2010.**Influence of elemental sulphur, organic matter, sulfur oxidizing bacteria and cabronite alone or in combination on cowpea plants and the used soil. *Factori Procese Pedogenetice Zona Temperatã 9 S. nouã*, 13–29.
- El-Komy H., 2005.**Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for successful phosphorus and nitrogen nutrition of wheat plants.*FoodTechnology and Biotechnology* ., **43**: 19-27.
- Essa A.M., Ibrahim W.M., Mahmud R.M., ElKassim N.A.,2015.**Potential impact of cyanobacterial exudates on seed germination and antioxidant enzymes of crop plant seedlings.*International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*,**4**:1010-1024.

- Etesami H., Emami S., Alikhani H.A., 2017.** Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects A review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**17**:897-911.doi:10.4067/S0718-95162017000400005 .
- Fan C., 1992.**The Biological Nitrogen Fixation Systems Adopted in Rice Paddy Fields in China. In: Hong G.F. (eds) . The Nitrogen Fixation and Its Research in China; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 423-437.
- Flores-Félix J.D., Menéndez E., Rivera L.P., Marcos-García M., Martínez-Hidalgo P.,Mateos P.F., Martínez-Molina E.,Velázquez M.D.L.E., García-Fraile P., Rivas R., 2013.**Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops.*Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**176**: 876-882. doi :10.1002/jpln.201300116.
- Foury, C., 1990.**Productions légumières: Légumineuses potagères. In : Techniques agricoles, production végétal. Paris, Fascicule n°2160e : 1-5.
- Galindo F.S., Teixeira Filho M.C.M., Buzetti S., Rodrigues W.L., Fernandes G.C., Boleta E.H.M., Neto M.B.,De Azambuja Pereira, M.R.; Rosa, P.A.L.; Pereira, Í.T.2020.**Influence of *Azospirillum brasilense* associated with silicon and nitrogen fertilization on macronutrient contents in corn.*Open Agriculture.*, **5**: 126-137.doi:10.1515/opag-2020-0013
- Garmendia A., Raigón M. D., Marques O., Ferriol M., Royo J., Merle H.,2018.** Effects of nettle slurry (*Urtica dioica* L.) used as foliar fertilizer on potato (*Solanum tuberosum* L.) yield and plant growth .*Peer J.*, **6**:e4729; doi: 10.7717/peerj.4729.
- Godlewska K., Biesiada A., Michalak I., Pacyga P. 2019.** The Effect of Plant-Derived Biostimulants on White Head Cabbage Seedlings Grown under Controlled Conditions.*Sustainability.*,**11(19)**:5317. doi:10.3390/su11195317
- Godlewska K., Biesiada A., Michalak I., Pacyga P. 2020.** The Effect of Botanical Extracts Obtained through Ultrasound-Assisted Extraction on White Head Cabbage (*Brassica Oleracea* L. Var. Capitata L.) Seedlings Grown under Controlled Conditions. *Sustainability*, **12**, 1871.,**12(5)**:1871. doi :10.3390/su12051871.
- Gordon M. M., 2004.** Haricots sec: Situation Prospectives et Agroalimentaire. Canada. p.1-7.
- Goteti P.K.; Emmanuel, L.D.A., Desai, S., Shaik, M.H.A.,2013.**Prospective zinc solubilising bacteria for enhanced nutrient uptake and growth promotion in maize (*Zea mays* L.).*International Journal of Microbiology*, 1–7. doi :10.1155/2013/869697

- Graham R.D., 2008.** Micronutrient deficiencies in crops and their global significance. In Alloway, B.J. (eds). *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 41-61.
- Guiry M.D., 2012.** How many species of algae are there?. *Journal of Phycology.*, 48:1057-1063. doi: 10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x .
- Gupta G., Panwar J., Akhtar M.S., Jha P.N., 2012.** Endophytic nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer. In: Lichtfouse E. (eds). *Sustainable Agriculture Reviews*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp. 183-221.
- Hamadache A., 2003.** La féverole. Institut. Technique. Gr. Cult (T.T.G.C), 13p.
- Hamdani F. Z, 2020.** Nutrition minérale et maladies physiologiques des plantes Première édition Al-Kafi Publishing, Distribution & Translation, Algérie. 84 pp.
- Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. 2015.** Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME Journal.*, 9:1177-1194. doi :10.1038/ismej.2014.210.
- Hasan M.A., 2020.** Cyanobacteria from Rice Field and Comparative Study of Their Performances as Biofertilizer on Rice Plants. *Journal of Global Biosciences.*, 9:8078-8087. doi :10.1016/j.bbrep.2020.100737
- Hassan S., Mathesius U., 2012.** The role of flavonoids in root–rhizosphere signaling: Opportunities and challenges for improving plant–microbe interactions. *Journal of Experimental Botany.*, 63:3429-3444. doi: 10.1093/jxb/err430.
- Hayat S., Ahmad H., Ali M., Hayat K., Khan M.A., Cheng Z.H. 2018.** Aqueous garlic extract as a plant biostimulant enhances physiology, improves crop quality and metabolite abundance, and primes the defense responses of receiver plants. *Applied Sciences.*, 8(9):1505. doi: 10.3390/app8091505.
- Henri F., Laurette N.N., Annette D., John Q., Wolfgang M., Franccedil E., Dieudonne N., 2008.** Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. *African Journal of Microbiology Research.*, 2:171-178. doi :10.5897/AJMR.9000660.
- Hoyle F.C., Murphy D.V., 2006.** Seasonal changes in microbial function and diversity associated with stubble retention versus burning. *Australian Journal of Soil Research.*, 44:407-423. doi: 10.1071/sr05183.
- Hussain A., Zahir Z.A., Asghar H.N., Ahmad M., Jamil M., Naveed M., Akhtar M.F.U.Z. 2018.** Zinc solubilizing bacteria for zinc biofortification in cereals: A step toward

sustainable nutritional security. In: Meena V. (eds) Role of Rhizospheric Microbes in Soil; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 203-227.

-Hussain A., Zahir Z.A., Ditta A., Tahir M.U., Ahmad M., Mumtaz M.Z., Hayat K., Hussain, S. 2020. Production and implication of bio-activated organic fertilizer enriched with zinc-solubilizing bacteria to boost up maize (*Zea mays* L.) production and biofortification under two cropping seasons. *Agronomy* ., **10**, 39. doi :10.3390/agronomy10010039.

-Ilyas N., Mumtaz K., Akhtar N., Yasmin H., Sayyed R., Khan W., Enshasy H.A.E., Dailin D.J., Elsayed E.A., Ali Z. 2020. Exopolysaccharides Producing Bacteria for the Amelioration of Drought Stress in Wheat. *J Sustain.*, **12**, 8876. doi :10.3390/su12218876.

-Isawa T., Yasuda M., Awazaki H., Minamisawa K., Shinozaki S., Nakashita H. 2009. *Azospirillum* sp. strain B510 enhances rice growth and yield. *Microbes and environments.*, **25**(1):58-61. doi: 10.1264/jsme2.me09174.

-Islam S., Akanda A.M., Prova A., Islam M.T., Hossain M.M., 2016. Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from cucumber rhizosphere and their effect on plant growth promotion and disease suppression. *Frontiers in Microbiology.*, **6**: 1360.

-Itelima J., Bang W., Onyimba I., Oj E., 2018. A review: Biofertilizer; a key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *Journal of Microbiology and Biotechnology Reports.*, **2**: 22-28. doi:10.26765/drjafs.2018.4815.

-Jaipaul S.S., Dixit A.K., Sharma A.K., 2011. Growth and yield of capsicum (*Capsicum annum*) and garden pea (*Pisum sativum*) as influenced by organic manures and biofertilizers. *Indian Journal of Agricultural Sciences* ., **81**(7): 637-42.

-Jang J.H., Woo S.Y., Kim S.H., Khaine I., Kwak M.J., Lee H.K., Lee T.Y., Lee W.Y., 2017. Effects of increased soil fertility and plant growth-promoting rhizobacteria inoculation on biomass yield, energy value, and physiological response of poplar in short-rotation coppices in a reclaimed tideland: A case study in the Saemangeum area of Korea. *Journal of Biomass* ., **107**: 29-38. doi:10.1016/j.biombioe.2017.09.005.

-Jannoura R., Joergensen R.G., Bruns C. 2014. Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions. *European Journal of Agronomy.*, **52**: 259-270. doi: 10.1016/j.eja.2013.09.001.

-Jha Y., 2017. Potassium mobilizing bacteria: Enhance potassium intake in paddy to regulate membrane permeability and accumulate carbohydrates under salinity stress. *Brazilian Journal of Biological Sciences* ., **4**:333-344. doi: 10.21472/bjbs.040812

- Kalayu G.,2019.** Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 1-7. doi :10.1155/2019/4917256
- Kamran S., Shahid I., Baig D.N., Rizwan M., Malik K.A., Mehnaz S., 2017.**Contribution of zinc solubilizing bacteria in growth promotion and zinc content of wheat.*Frontiers in Microbiology.*,**8**: 2593.doi :10.3389/fmicb.2017.02593
- Kavipriya R., Dhanalakshmi P.K., Jayashree S., Thangaraju N., 2011.** Seaweed extract as a biostimulant for legume crop, green gram.*Journal of Ecobiotechnology.*,**3**: 16-19.doi: 10.1515/chem-2015-0132
- Kavitha, B. and Kumar, R.,2013.** Vermicompost tea: an effective tool for sustainable agriculture-a review. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 1(1), 1-5.
- Kekane S.S., Chavan R.P., Shinde D.N., Patil C.L., Sagar S.S.,2015.** A review on physico-chemical properties of soil.*International Journal of Chemical Studies.*, **3(4)**: 29-32.
- Khan M.S., Zaidi A.,Wani P.A., 2007.** Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture A review. *Agronomy for Sustainable Development.*,**27**:29-43. doi:10.1051/agro:2006011
- Khan N., Bano A., 2016.**Role of plant growth promoting *rhizobacteria* and Ag-nano particle in the bioremediation of heavy metals and maize growth under municipal wastewater irrigation.*International Journal of Phytoremediation.*, **18**: 211-221. doi: 10.1080/15226514.2015.1064352.
- Kim M.J., Shim C.K., Kim Y.K., Hong, S.J., Park J.H., Han E.J., Kim J.H., Kim S.C.2015.**Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *Plant Pathology journal* ., **31**: 259-268.doi: 10.5423/ppj.oa.02.2015.0024
- Kizilkaya R., 2009.** Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils *.Journal of Environmental Biology.*, **30**:73-82.
- Kumar A., Dewangan S., Lawate P., Bahadur I., Prajapati S., 2019.**Zinc-Solubilizing Bacteria: A Boon for Sustainable Agriculture. In:Sayyed R.,Arora N.,Reddy M. (eds) . *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 139-155.
- Kumar S., Sharma M. K. 2015.**Effect of zinc and farmyard manure on yield and nutrient content of Vegetable Pea (*Pisum sativum* L.).*Progressive Horticulture.*,**47 (1)**: 112-115.doi : 10.5958/2249-5258.2015.00019.6

- Kumari B., Mallick M., Hora A.,2016**,Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential for development of sustainable agriculture. *Bioexploitation of sustainable agriculture*.1-19.
- Larney F.J., Janzen H.H, Olson A.F.,2011**.Residual effects of one-time manure, crop residue and fertilizer amendments on a desurfaced soil.*Canadian Journal of Soil Science*.,**91**:1029-1043. doi : 10.4141/cjss10065.
- Laumonier R., 1979** .Cultures légumières et maraichères, Encyclopédie agricole. Tome III. Ed. J-B Bailliere, paris.226p
- Laumonier, R., 1979**. Cultures légumières et maraichères. T III, Ed. TEC et DOC, Lavoisier, 124p
- Lawes, D. A., Bond, D. A., Poulsen, M. H., 1983**.Classification, Origin, Breeding methods and objectives, the Fabae bean.Ed. Hebblethwaite, Betherworth, London, 74p.
- Leguen, J., Duc, G., 1992**. La Fèverole, amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et variétés de sélection. Ed. INRA, Paris, 203p.
- Leite R.D.C., Dos Santos J.G.,Silva E.L., Alves C.R., Hungria M., Leite R.D.C., Dos SantosA.C., 2019**.Productivity increase, reduction of nitrogen fertiliser use and drought-stress mitigation by inoculation of Marandu grass (*Urochloa brizantha*) with *Azospirillum brasilense*.*Crop and Pasture Science* ., **70(1)**: 61-67.doi: 10.1071/cp18105.
- Ljubović S.,2015**. Impact of various herbal extracts on yield of lettuce (*Lactuca sativa*). Sixth International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 15–18; Kovacevic D., Ed. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture: Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp: 1118-1126.
- Lori M., Synnaczik S., Mäder P., De Deyn G., Gattinger A., 2017**.Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. *PloS one*. **12 (7)**: e0180442.doi : 10.1371/journal.pone.0180442.
- Lori M.B., 2010**.Shamsuddin,Z.*Rhizobium*asacropenhancerandbiofertilizerforincreasedcerealproduction. *African Journal of Biotechnology*.,**9(37)**:6001-6009.
- MaatouguiM.E.H., 1996**. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of fababeans. Ed. Actes, Rabat (Maroc).202p.
- Mabrouk Y., Hemissi I., Salem I.B., Mejri S., Saidi M., Belhadj O. 2018**.Potential of rhizobia in improving nitrogen fixation and yields of legumes.*Symbiosis*: 107-122. doi: 10.5772/intechopen.73495.

- Mahdi S.S., Hassan G., Samoon S., Rather H., Dar S.A., Zehra B., 2010. Bio-fertilizers in organic agriculture. *Journal of Phytology.*, 2: 42-54.
- Maoui, Say B, Elhadj B, Frikh A. et Girard C., 1990. La culture de la féverole en tunisie .Ed.I.N.R.A.T.O.N.H., AGROPOL. et I.T.C.F.16p
- Marathe K.V., Chaudhari P.R.1975. An example of algae as pioneers in the lithosphere and their role in rock corrosion. *Journal of Ecology.*, 63:65-70. doi :10.2307/2258842
- Mathiew C., Pielain F., 1998. Analyse physique des sols: Méthodes choisies. Ed. TEC. &DOC.Paris, 275 p.
- Mathon C.C., 1985. Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'Université de Poitiers.17p.
- Matthews, P. Marcellos H., 2003. Fababeau, Agriculture factsheet. Ed. NSW Agriculture, 12p.
- Mayak S., Tirosch T., Glick B.R., 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* ., 42: 565-572. doi: 10.1016/j.plaphy.2004.05.009.
- Meena V.S., Maurya B., Verma J.P., 2014. Does a rhizospheric microorganism enhance K⁺ availability in agricultural soils? *Microbiological Research.*, 169: 337-347. doi :10.1016/j.micres.2013.09.003
- Meena V.S., Mishra P.K., Bisht J.K., Pattanayak A. 2017. Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Applications in Crop Production and Protection; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; Volume 2,356p.
- Melero S., Madejón E., Ruiz J.C., Herencia J.F.2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization. *European Journal of Agronomy.*, 26:327-334. doi:10.1016/j.eja.2006.11.004.
- Menendez E., Garcia-Fraile P., 2017. Plant probiotic bacteria: Solutions to feed the world. *AIMS Microbiology*, 3, 502. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.502
- Michael P.S, Fitzpatrick W.R., Reid J.R., 2015. The importance of organic matter on amelioration of acid sulfate soils with sulfuric horizons. *Geoderma.*, 225:42-49. doi: 10.1016/j.geoderma.2015.023
- Michael P.S., 2015. Effects of organic amendments and plants on the chemistry of acid sulfate soils under aerobic and anaerobic conditions. *Journal and Proceedings of Royal Society of New South Wales.*, 148:185-349. doi: 10.13140/rg.2.1.2761.9048.

- Michael P.S.,2021.**Role of organic fertilizers in the management of nutrient deficiency, acidity, and toxicity in acid soils a review. *Journal of Global Agriculture and Ecology.*,**12(3)**: 19-30.
- Michael P.S.2019.** Roles of *Leucaena leucocephala* on sandy loam soil pH, bulk density, water-holding capacity and carbon stock under humid lowland tropical climatic conditions. *Bulgarian Journal of Soil Science.*,**4**:33-45. doi: 10.5281/zenodo.3250845
- Mirecki N., Wehinger T.W., Repiřc P.,2011.** Additional fertilizers and soil improvers. In: Mirecki, N.,Wehinger, T., Repiřc, P(Eds). Manual for Organic Production, Biotehniřki Fakultet: Podgorica, Montenegro, pp: 26-34.
- Mishra U., Pabbi S., 2004.** Cyanobacteria: A potential biofertilizer for rice. *Resonance.*,**9**:6-10. doi :10.3389/fmicb.2016.00529.
- Mordođan N., Hakerlerler H. , Ceylan S. , Aydın S.,Yađmur B., Aksoy U.,2013.**effect of organic fertilization on figleaf nutrients and fruit quality, *Journal of Plant Nutrition.*, **36(7)**:1128-1137, doi:10.1080/01904167.2013.780611
- Murphy D.V., Sparling G.P., Fillery I.R.P.1998.** Stratification of microbial biomass C and N and gross N mineralization with soil depth in two contrasting Western Australian Agricultural soils.*Australian Journal of Soil Research.*,**36**:45-55. doi: 10.1071/s97045
- Nabti E., Jha B., Hartmann A., 2017.** Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer.*International Journal of Environmental Science and Technology.*,**14**: 1119-1134. doi: 10.1007/s13762-016-1202-1.
- National Research Council.** Ecological aspects of development in the humid tropics. 1079 Washington, D.C.: National Academy of Sciences; 1982.
- Naz I., Ahmad H., Khokhar S.N., Khan K.,Shah A.H. 2016.**Impact of zinc solubilizing bacteria on zinc contents of wheat.*American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* ., **16**: 449-454.doi: 10.5829/idosi.aejaes.2016.16.3.12886
- Nezarat S., Gholami A., 2009.**Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving seed germination, seedling growth and yield of maize. *Pakistan Journal of Biological Sciences* .,**12**: 26. doi: 10.3923/pjbs.2009.26.32.
- Nikolić T.,2013.** Systematic Botany ,diversity and Evolution of Plantsin Novoselić D., Alfa d.d (eds), Zagreb, Croatia,pp: 639–642.
- Niu X., Song L., Xiao Y., Ge W., 2018.**Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. *Frontiers in Microbiology.*,**8**, 2580. doi:10.3389/fmicb.2017.02580.

- Nosheen S., Ajmal I., Song Y., 2021.** Microbes as Biofertilizers, a Potential Approach for Sustainable Crop Production. *Sustainability* .,13,1868. doi:10.3390.
- Nxumalo K.A., Masarirambi M.T., Wahome P.K., Zwane M., Fadiran A.O., 2019.** Effects of Organic Fertilizers on Growth, Yield and Nutritional Content of Snow Peas (*Pisum sativum* var. *saccharatum*). *Uneswa Journal of Agriculture.*, **20** : 22-28.
- Nygaard Sorensen, J.; Thorup-Kristensen, K. 2011.** Plant-based fertilizers for organic vegetable production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**174**: 321-332. doi :10.1002/jpln.200900321.
- Oliveira I.J., Fontes J.R.A., Pereira B.F.F., Muniz A.W., 2018.** Inoculation with *Azospirillum brasiliense* increases maize yield. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture.*,**5**:1-9. doi :10.1186/s40538-018-0118-z.
- Omahen M., 1985.** My Bio-Garden Work (in croatian), Ljubljana, Slovenia, pp: 52-53.
- Ordookhani K., Sharafzadeh S., Zare M., 2011.** Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of sweet basil. *Advances in Environmental Biology.*, **5**:672-677.
- Pandey S., Ghosh P.K., Ghosh S., De T.K., Maiti T.K., 2013.** Role of heavy metal resistant *Ochrobactrum* sp. and *Bacillus* spp. Strains in bioremediation of a rice cultivar and their PGPR like activities. *Journal of Microbiology.*,**51**:11-17. doi: 10.1007/s12275-013-2330-7.
- Parikh S.J., James B.R., 2012.** Soil: The foundation of agriculture. *Natural Education Knowledge.*,**3**: 2.
- Park K.H., Lee C.Y., Son H.J., 2009.** Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities. *Letters in Applied Microbiology* ,**49**: 222-228. doi: 10.1111/j.1472-765X.2009.02642.x.
- Patel D., Goswami D., 2020.** Phosphorus Solubilization and Mobilization: Mechanisms, Current Developments, and Future Challenge. In Yadav A., Rastegari A., Yadav N., Kour D (eds). *Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 1-20.
- Patel P., Shaikh S., Sayyed R., 2016.** Dynamism of PGPR in bioremediation and plant growth promotion in heavy metal contaminated soil. *Indian Journal of Experimental Biology* ., **54.**, 286-290.
- Pathak D., Kumar M., Rani K., 2017.** Biofertilizer application in horticultural crops. In *Microorganisms for Green Revolution*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 215-227.
- Peron J.Y., 2006.** Production légumières. Lavoisier 2^{ème} Ed. 613p

- Petard J.,1993.**Les méthodes d'analyse, Analyses de sols,Tome 1 ,ORSTOM, Nouméa ,192 p.
- Peterson R., Jensen P. 1988.** Uptake and transport of nitrogen, phosphorus and potassium in tomato supplied with nettle water and nutrient solution. *Plant and Soil.*,**107**: 189-196. doi:10.1007/bf02370546
- Peterson R., Jensen P., 1985.** Effects of nettle water on growth and mineral nutrition of plants. I. composition and properties of nettle water.*Biological Agriculture & Horticulture.*, **2(4)**:303-314. doi: 10.1080/01448765.1985.9754444.
- Peterson R., Jensen P., 1986.** Effects of nettle (*Urtica dioica*) water on growth and mineral nutrition of plants: II. Pot-culture and water-culture experiments.*Biological Agriculture & Horticulture.*, **4(1)**: 7-18. doi: 10.1080/01448765.1986.9754482.
- Pichtel J.R., Dick W.A., Sutton P.,1994.** Comparison of amendments and management practices for long-term reclamation of abandoned mine lands.*Journal of Environmental Quality.*,**23**:766-772. doi :10.2134/jeq1994.00472425002300040022x
- Pindi P.K., 2012.**Liquid Microbial Consortium- A Potential Tool for Sustainable Soil Health.*Journal of Fertilizers and Pesticides.*,**3**: 124. doi: 10.4172/2155-6202.1000124
- Pourbabaee A.A., Koohbori Dinekaboodi S., Seyed Hosseini H.M., Alikhani H.A., Emami S., 2020.**Potential application of selected sulfur-oxidizing bacteria and different sources of sulfur in plant growth promotion under different moisture conditions., *Communications in Soil Science and Plant Analysis* ., **51**: 735-745. doi :10.1080/00103624.2020.1729377.
- Pousset J., 2011.**Engrais verts et fertilité des sols ,Principes agronomiques, Pratiques agricoles , Productions végétales et grandes cultures, Agriproduction, Editions France Agricole, 3^{eme} édition,France,398pp.
- Prabhu N., Borkar S., Garg S., 2019.**Phosphate solubilization by microorganisms: Overview, mechanisms, applications and advances. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* ., 161-176.doi: 10.1016/b978-0-12-817497-5.00011-2
- Prajapati K., Modi H., 2012.**The importance of potassium in plant growth-a review.*Indian Journal of Plant Sciences.*,**1**: 177-186.
- Pramanik P., Goswami A., Ghosh S., Kalita C., 2019.** An indigenous strain of potassium-solubilizing bacteria *Bacillus pseudomycolides* enhanced potassium uptake in tea plants by increasing potassium availability in the mica waste-treated soil of North-east India. *Journal of Applied Microbiology* ., **126**: 215-222. doi.org/10.1111/jam.14130.

- Qiu Y.L., Yu J., 2003.** *Azolla* a model organism for plant genomic studies. *Journal of Genomics, Proteomics and Bioinformatics.*, **1**: 15-25. doi: 10.1016/S1672-0229(03)01004-0
- Raghuwanshi, R., 2012.** Opportunities and challenges to sustainable agriculture in India. *Nebio* ., **3**: 78-86.
- Rai S., Shukla N., 2020.** Biofertilizer: An Alternative of Synthetic Fertilizers. *Journal of Plant Archives* ., **20**: 1374-1379.
- Ramakrishnan B., Maddela N.R., Venkateswarlu K., Megharaj M., 2021.** Organic farming: Does it contribute to contaminant-free produce and ensure food safety?. *Science of the Total Environment* ., **769**. 145079. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145079.
- Ramesh P., Singh M., Roa A.S. 2005.** Organic Farming: Its relevance to the Indian Context. *Current Science*. **88** (4) : 561-568. doi :10.1093/fqsafe/fyaa018.
- Raynaud, X., Nunan N., 2014.** Spatial ecology of bacteria at the microscale in soil. *PLoS ONE*, **9**, e87217. doi: 10.1371/journal.pone.0087217.g001.
- Reed S.C., Cleveland C.C., Townsend A.R., 2011.** Functional ecology of free-living nitrogen fixation: A contemporary perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*., **42**: 489-512. doi :0.1146/annurev-ecolsys-102710-145034.
- Reganold J.P. Wachter J.M., 2016.** Organic Agriculture in the Twenty First Century. *Nature Plants*. **2**(2):1-8. doi :10.1038/nplants.2015.221
- Reganold J.P., 1995.** Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems: A review. *American Journal of Alternative Agriculture*., **10**(1): 36-45. doi:10.1017/S088918930000610X.
- Revillas J., Rodelas B., Pozo C., Martínez-Toledo M., González-López J., 2000.** Production of B-group vitamins by two *Azotobacter* strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology*., **89**: 486-493. doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.01139.x.
- Riaz U., Mehdi S.M., Iqbal S., Khalid H.I., Qadir A.A., Anum W., Ahmad, M., Murtaza G., 2020.** Bio-fertilizers: Eco-Friendly approach for plant and soil environment. In .Hakeem, K., Bhat R., Qadri H. (eds). *Bioremediation and Biotechnology*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp:189-213.
- Rivera M.C., Wright E.R., Salice S., Fabrizio M.C. 2012.** Effect of plant preparations on lettuce yield. *Acta Horticulturae*., **933**: 173-179. doi :10.17660/actahortic.2012.933.20.
- Romero-Perdomo F., Abril J., Camelo M., Moreno-Galván A., Pastrana I., Rojas-Tapias D., Bonilla R., 2017.** *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial

- biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, **49**: 377-383. doi :10.1016/j.ram.2017.04.006
- Ronen E.,2007.**Micro-elements in agriculture micro-elements in agriculture the importance of micro-elements. *Practical Hydroponics &Greenhouses .*, **39** :40-48
- Ronga D., Biazzi E., Paratu K., Carminati D.,Carminati E., Tava A., 2019.** Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions.*Agronomy.*,**9(4)**:192. doi : 10.3390/agronomy9040192.
- Roos E., Mie A., Wivstad M., Salomon E., Johansson B., Gunnarsson S., Wallenbeck A., Hoffmann R., Nilsson U., Sundberg C., Watson C.A. 2018.** Risks and opportunities of increasing yields in organic farming.A review.*Agronomy for Sustainable Development.*,**38** (2): 1-21.doi : 10.1007/s13593-018-0489-3.
- Rousk J, Brookes P.C., Bååth E.,2009.**Contrasting soil pH effects on fungal and bacterial growth suggest functional redundancy in carbon mineralization. *Applied Environmental Microbiology.*,**75**:1589-1596. doi: 10.1128/aem.02775-08.
- Rubio-Canalejas A., Celador-Lera L., Cruz-González X., Menéndez E., Rivas R., 2016** .*Rhizobium* as potential biofertilizer of *Eruca Sativa*. In Radicetti E (eds). Biological Nitrogen Fixation and Beneficial Plant-Microbe Interaction; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 213-220.
- Sadhana B., 2014.** Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) as a biofertilizer-a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*,**3**: 384-400.doi :10.3389/fmicb.2015.01559.
- Sahoo R.K., Ansari M.W., Dangar T.K., Mohanty S., Tuteja N. 2014.** Phenotypic and molecular characterisation of efficient nitrogenfixing *Azotobacter* strains from rice fields for crop improvement. *Protoplasma.*,**251**: 511-523. doi: 10.1007/s00709-013-0547-2.
- Sammauria R., Kumawat S., Kumawat P., Singh J., Jatwa T.K., 2020.** Microbial inoculants: Potential tool for sustainability of agricultural production systems.*Archives of Microbiology*,**202**: 677-693. doi:10.1007/s00203-019-01795-w.
- Saouli, N., 2005.** Recueil de fiches techniques. Ed. ITIDAS. Biskra, 160p.
- Sara S., Morad M., Reza C.M., 2013.** Effects of seed inoculation by *Rhizobium* strains on chlorophyll content and protein percentage in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Biosciences .*, **3**: 1-8. doi : 10.12692/ijb/3.3.1-8.
- Sayyed R., Patel P., Shaikh S., 2015.** Plant growth promotion and root colonization by EPS producing *Enterobacter* sp. RZS5 under heavy metal contaminated soil.*Indian Journal of Experimental Biology.*,**53**: 116-123

- Setiawati M.R., Damayani M., Herdiyantoro D., Suryatmana P., Anggraini D., Khumairah F.H., 2018.** The application dosage of *Azolla pinnata* in fresh and powder form as organic fertilizer on soil chemical properties, growth and yield of rice plant. *AIP Conf. Proc.*, 1927, 030017.
- Sharma N.K., Tiwari S.P., Tripathi K., Rai A.K., 2011.**Sustainability and cyanobacteria (blue-green algae): Facts and challenges. *Journal of Applied Phycology.*, **23**: 1059-1081. doi:10.1007/s10811-010-9626-3
- Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A., 2013.** Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus*, **2**: 587. doi:10.1186/2193-1801-2-587.
- Simpson H., Pedini P.,1985.** Brackish Water aquaculture in the tropics: The problem of acid sulfate soil environment. *Applied Geochemistry.*,**19**:1837-1853. doi : 10.1016/j.geodrs.2021.e00467.
- Sindhu S., Parmar P., Phour M., Sehrawat A.,2016.**Potassium-solubilizing microorganisms (KSMs) and its effect on plant growth improvement. In .Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R. (eds). Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 171-185.
- Singh J.S., Kumar A., Rai A.N., Singh D.P., 2016.** Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability.*Frontiers in Microbiology.*,**7**: 529.
- Skonieski F.R., Viégas J., Martin T.N., Nörnberg J.L., Meinerz G.R., Tonin, T.J.,Bernhard P., Frata M.T. 2017.**Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality.*Brazilian Journal of Animal Science* .,**46**: 722-730.doi :10.1590/S1806-92902017000900003.
- Somers E., Ptacek D., Gysegom P., Srinivasan M., Vanderleyden J. 2005.***Azospirillum brasilense* produces the auxin-like phenylacetic acid by using the key enzyme for indole-3-acetic acid biosynthesis.*Applied and Environmental Microbiology* .,**71(4)**:1803-1810.doi: 10.1128/AEM.71.4.1803-1810.2005.
- Sorensen J.N., Thorup-Kristensen K., 2011.**Plant-based fertilizers for organic vegetable production.*Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**174(2)**:321-332. doi 10.1002/jpln.200900321.
- Stepanović B., Radanović D., Turšić I., Nemčević N., Ivanec J., Uzgoj.,2009.**Medicinal and Aromatic Herbs; Jan Spider: Pitomačca, Croatia(in bosnian)pp: 145-148.

- Sugumaran P., Janarthanam B.,2007.**Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agriculture and Soil Science.*,**3**: 350-355.doi :10.1016/j.aaspro.2016.02.134
- Sullia S.,1991.**Use of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) as biofertilizer for horticultural plants in developing countries. In:Prakash J., Pierik R.L.M. (eds). *Horticulture New Technologies and Applications*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 49-53.
- Surekha F.E., Cantrell C.L., Duke S.O.,2009.**Natural products in crop protection.*Bioorganic & Medicinal Chemistry .*, **17**: 4022-4034. doi: 10.1016/j.bmc.2009.01.046.
- Surekha K., Jhansilakshmi V., Somasekhar N., Latha P.C., Kumar R.M., Rani N. S., Rao K.V., Viraktamath B.C., 2010.**Status of Organic Farming and Research Experiences in Rice.*Journal of Rice Research.*,**3 (1)**:23-35.
- Suthar H., Hingurao K., Vaghashiya J., Parmar J., 2017.** Fermentation: A process for biofertilizer production. In :Panpatte D., Jhala Y., Vyas R., Shelat, H. (eds). *Microorganisms for Green Revolution*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 229-252.
- Tahir H.A., Gu Q., Wu H., Raza W., Hanif A., Wu L., Colman M.V., Gao X.,2017.**Plant growth promotion by volatile organic compounds produced by *Bacillus subtilis* SYST2.*Frontiers in Microbiology.*, **8**: 171. doi :10.3389/fmicb.2017.00171.
- Tale K. S., Ingole S.,2015.**A Review on Role of Physico-Chemical Properties in Soil Quality.*Chemical Science Review and Letters.*,**4(13)**:57-66.
- Tavallali D., Zabranska J., 2015.**Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology.*Biotechnology Advances.*,**33**: 1246-1259.doi:10.1016/j.biotechadv.2015.02.007
- Tavallali V., Rahemi M., Eshghi S., Kholdebarin B., Ramezani A.,2010.**Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. ‘Badami’) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture.*,**34**: 349-359.doi: 10.3906/tar-0905-10
- Tekle-Haimanot, A., Doku E., 1995.**Comparison of *Azolla mexicana* and N and P fertilization on paddy taro (*Colocasia esculenta*) yield.*Tropical Agriculture London Trinidad.*, **72**, 70.
- Thomas L.,Singh I.,2019.** Microbial Biofertilizers : Types et applications. In: Giri B .,Prasad R.,Wu Q.S.,Varma A. (eds).*Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* ;Springer:Berlin/Heidelberg,Germany;pp:1-19.
- Timmusk S., Abd El-Daim I.A., Copolovici L., Tanilas T., Kännaste A., Behers L., Nevo E., Seisenbaeva G., Stenström E., Niinemets Ü., 2014.** Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: Enhanced biomass production

and reduced emissions of stress volatiles. *PLoS ONE.*, **9**: e96086. doi :10.1371/journal.pone.0096086.

-Uchida R., 2000.Essential Nutrients for Plant Growth:Nutrient Functions and Deficiency Symptoms.In: Silva J. A.,Uchida R (eds).Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils,Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa;pp: 31-55.

-Umesha S., Singh P.K.,Singh R.P., 2018. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. In Singh R. L., Mondal S. (eds). .Biotechnology for Sustainable Agriculture;Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp:185-205.

-Uysal O., Ozge F., Ekinci K.,2015.Evaluation of microalgae as microbial fertilizer. *European Journal of Sustainable Development.*,**4**:77-82. doi: 10.4161/psb.22655 .

-Vaid S.K., Kumar B., Sharma A., Shukla A., Srivastava P., 2014.Effect of Zn solubilizing bacteria on growth promotion and Zn nutrition of rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**14**: 889-910.

-Venkataraman G.S., 1981.Blue-Green Algae for Rice Production: A Manual for Its Promotion; Food & Agriculture Organisation of the united nations, Rome, Italy, 99p.

-Verma P., Yadav A.N., Khannam K.S., Kumar S., Saxena A.K., Suman A.,2016. Molecular diversity and multifarious plant growth promoting attributes of Bacilli associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) rhizosphere from six diverse agro-ecological zones of India. *Journal of Basic Microbiology.*,**56**: 44-58. doi: 10.1002/jobm.201500459.

-Vidyalakshmi R., Paranthaman R., Bhakyaraj R., 2009. Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition- A Review.*World Journal of Agricultural Sciences.*,**5**: 270-278.

-Vurukonda S.S.K.P., Vardharajula S., Shrivastava M., SKZ A., 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria.*Journal of Microbiology Research .*,**184**: 13-24. doi: 10.1016/j.micres.2015.12.003.

-Wani S.A., Chand S., Ali T., 2013. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: An overview. *Current Agriculture Research Journal .*,**1**: 35-38. doi:10.12944/CARJ.1.1.04.

-Wani S.A., Chand S., Wani M.A., Ramzan M., Hakeem K.R. 2016. *Azotobacter chroococcum* A potential biofertilizer in Hakeem K.R., Akhtar J., Sabir M(eds).agriculture: An overviewin :Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives;Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp:333-348.

-Williams L., Pittman J., 2010. Cell Biology of Metals and Nutrients, Plant Cell Monographs; Springer: Berlin, Germany, pp: 95-117.

- Xiafang S., Weiyi H., 2002.**Mechanism of potassium release from feldspar affected by the sprain Nbt of silicate bacterium. *Acta Pedologica Sinica* ., **39**:863-871.
- Xu J.M., Tang C., Chen Z.L. 2006.**The role of plant residues in pH change of acid 1156 soils differing in initial pH.*Soil Biology & Biochemistry.*, **38**:709-719.
- Yadav A., Verma P., Singh B., Chauahan V., 2017.** Plant growth promoting bacteria: Biodiversity and multifunctional attributes for sustainable agriculture. *Advances in Biotechnology & Microbiology.*, 5: 1-16.doi: 10.19080/aibm.2017.05.555671
- Yadav R., Abraham G., Singh Y., Singh P., 2014.**Advancements in the utilization of *Azolla Anabaena* system in relation to sustainable agricultural practices.*Proceedings of the Indian National Science Academy.*,**80**: 301-316.doi: 10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55108
- Yadav S., Singh S., Gupta C.,2022.** Environmental benign synthesis of some novel biologically active 7 hydroxy and methyl coumarin derivaties.*Current Research in Green and Sustainable Chemistry.*,**5** : 100260.doi :10.1016/j.crgsc.2022.100260.
- Youssef Eissa J.S.,2013.**Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture.*Journal of Bioinnovation.*,**2**:73-78.
- Youssef M., Eissa M., 2014.**Biofertilizers and their role in management of plant parasitic nematodes.A review.*Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research.*,**5**: 1-6.
- Zhai Z., Ehret D.L., Forge T., Helmer T., Lin W., Dorais M., Papadopoulos A.P.2009.**Organic Fertilizers for Greenhouse: Productivity and Microbiology. *HortScience.*,**44**: 800-809.

Résumé

Le présent travail a pour objet l'étude de l'effet de thé de vermicompost sur la culture de la fève.

Plusieurs doses de thé de vermicompost sont appliquées aux plants de fève et nous avons constaté une amélioration de poids des gousses, la longueur des plants et le nombre des feuilles de la culture.

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 %. Avec un poids maximale de gousses de 54,082g, une longueur maximale de plants de 156,8cm et un nombre de feuilles maximale de 117,2 feuilles /plant.

Mots clés :Thé de vermicompost,La feve

ملخص

العمل الحالي يهدف إلى دراسة تأثير شاي الفرميكبوست على زراعة الفول. تم تطبيق جرعات متعددة على نباتات الفول ولوحظ تحسن في وزن الباقلاء، طول النباتات، وعدد أوراق الفول.

تم تسجيل أفضل النتائج لهذه الثلاثة معاملات عند تطبيق شاي الفرميكبوست على الأوراق والجذور بنسبة 45%. بوزن أقصى للبقلاء يبلغ 54,082غرام و أقصى طول لنباتات الفول يبلغ 156,8 سم وعدد اوراق اقصى يبلغ 117,2 ورقة للنبنة الواحدة

الكلمات المفتاحية:شاي الفرميكبوست، الفول

Abstract

The present work aims to study the effect of vermicompost tea on the cultivation of fava beans.

Several doses of vermicompost tea were applied to fava bean plants, and we observed an improvement in pod yield, plant length, and number of leaves in the crop.

The best results for these three parameters were recorded with foliar and root application of vermicompost tea at 45%. With a maximum pod weight of 54.082g, a maximum plant length of 156.8cm, and a maximum number of leaves per plant of 117.2 leaves.

Keywords: Vermicompost tea, Fava bean