

Effet du biocompost associé aux champignons mycorhiziens sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) en Côte d'Ivoire

Germain DROH^{1*}, Kouadio Méliton DJEZOU¹, Mamadou TOURE², Seydou TUO¹, Pauline ZE³
et Assanvo Simon-Pierre N'GUETTA¹

¹Laboratoire de Biotechnologies, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, Unité de Formation et de Recherches en Biosciences, Université Felix Houphouët-Boigny, 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Ecologie et de Développement Durable, Université de Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Inades-Formation Côte d'Ivoire, Cocody Angré - Cité Wedouwel Soleil 2 Villa N° 78, BP 1085 Abidjan 28

(Reçu le 13 Août 2022 ; Accepté le 01 Octobre 2022)

* Correspondance, courriel : drohge7@yahoo.fr

Résumé

L'acidité des sols due à l'utilisation abusive d'intrants chimiques et le déficit pluvial ont entraîné une baisse de la production du maïs dans certaines régions de la Côte d'Ivoire. Pour pallier à ces problèmes, l'utilisation du biocompost et des champignons mycorhiziens à arbuscules est une voie importante de recherche. Cette étude met en évidence l'importance du biocompost et des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) dans la réduction de l'acidité des terres cultivables ainsi que l'amélioration du rendement de maïs (*Zea mays* L.). L'apport du biocompost et des CMA a eu un effet positif sur le pH, le rapport C/N ainsi que la teneur en phosphore assimilable. Au cours de la première année d'expérimentation, le rendement du maïs enregistré dans les parcelles amendées des régions du Gbêkê et du Tchologo a connu une augmentation de 49,14 % et 32,47 % respectivement comparé au rendement enregistré dans les parcelles dites paysannes. Durant la seconde année d'expérimentation, le rendement du maïs enregistré dans les parcelles amendées des régions du Gbêkê et du Tchologo a évolué de 52,63 % et 16,4 % respectivement comparé au rendement enregistré dans les parcelles paysannes. D'après les résultats obtenus, le biocompost et les CMA améliorent la fertilité des sols et le rendement de la culture du maïs. Enfin, l'étude indique que, pour des raisons d'efficience, de disponibilité des moyens et de préservation de l'environnement, une production accrue peut être obtenue par utilisation du biocompost associé CMA.

Mots-clés : *biocompost, champignons mycorhiziens à arbuscules, fertilisant, acidité des sols, Zea mays.*

Abstract

Effect of bio-compost associated with mycorrhizal fungi on maize (*Zea mays* L.) yield in Côte d'Ivoire

Soil acidity due to the excessive use of chemical inputs and the lack of rainfall have led to a drop in maize production in certain regions of Côte d'Ivoire. To overcome these problems, the use of bio-compost and arbuscular mycorrhizal fungi is an important avenue of research. This study highlights the importance of

bio-compost and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in reducing the acidity of cultivated land and improving maize (*Zea mays* L.) yield. The addition of bio-compost and CMA had a positive effect on pH, C/N ratio and assimilable phosphorus content. During the first year of experimentation, the maize yield recorded in the amended plots of the Gbêkê and Tchologo areas increased by 49.14 % and 32.47 % respectively compared to the yield recorded in the so-called peasant plots. During the second year of experimentation, the maize yield recorded in the amended plots of the Gbêkê and Tchologo areas evolved by 52.63 % and 16.4 % respectively compared to the yield recorded in the peasant plots. According to the results obtained, bio-compost and CMA improve soil fertility and the yield of maize cultivation. Finally, the study indicates that, for reasons of efficiency, availability of means and preservation of the environment, increased production can be obtained by using the associated CMA bio-compost.

Keywords : *biocompost, arbuscular mycorrhizal fungi, fertilizer, soil acidity, Zea mays.*

1. Introduction

La production alimentaire en Afrique doit doubler d'ici à 2030 afin de faire face au défi de subvenir aux besoins nutritionnels de sa population en pleine croissance [1]. Selon la FAO, environ 12,5 % de la population mondiale serait sous-alimentée [1]. Le maïs [*Zea mays* (L.)] est la première céréale (41 %) cultivée dans le monde devant le blé (40 %) et le riz (9 %) [2]. Cette céréale est cultivée dans diverses conditions, allant du climat tropical au climat tempéré [3]. Elle constitue une source importante d'alimentation et de revenue pour des populations en Afrique de l'ouest. En Côte d'Ivoire, le maïs intervient dans l'alimentation humaine, animale (volailles, porcs, bovins) et sert de matière première dans plusieurs industries (brasserie, savonnerie et huilerie) [4]. Il constitue également l'aliment de base de nombreuses populations. Sa production nationale d'environ 661 285 tonnes en 2013 est passée à 1 025 000 tonnes en 2017 [1]. Cette production est assurée en majorité par de petits producteurs regroupés en association [5] ou coopératives. Toutefois, la culture du maïs est confrontée à de multiples problèmes tels que la dégradation des sols due à de mauvaises pratiques agricoles et le changement climatique engendrant des irrégularités pluviométriques. Ces irrégularités pluviométriques devenues fréquentes ont une incidence majeure sur le rendement des cultures en général. La majorité des solutions pour améliorer les rendements entraînent la dégradation des terres cultivables, une baisse de la matière organique du sol [6], une érosion de la microflore et de la microfaune tellurique et donc un appauvrissement des terres [7] qui entraînent l'abandon de ces dernières par les producteurs. Face à ce constat, les producteurs utilisent des engrais chimiques et des pesticides à des doses élevées [8] pour améliorer les rendements. Ces pratiques peu respectueuses de l'environnement contribuent à une augmentation de l'acidité du sol, provoque une dégradation de la structure du sol et une perte de la biodiversité tellurique [9, 10]. Compte tenu de l'importance de la culture du maïs, il est nécessaire de mettre au point des pratiques culturales mieux adaptées afin d'améliorer la fertilité des sols cultivables et d'accroître le rendement en toute saison [11]. Plusieurs travaux ont montré le rôle bénéfique des amendements organiques d'origine animale ou végétale et des champignons mycorrhiziens dans l'amélioration des terres et des plantes [10, 12 - 14]. Les champignons mycorrhiziens arbusculaires améliorent l'absorption des éléments minéraux, la nutrition, la croissance et la production des plantes [15 - 18]. Le biocompost a des avantages tels que la réduction des effets de serre par séquestration du carbone et la réduction des intrants chimiques [19]. Il est important de comprendre si l'amélioration de la fertilité des terres est due aux éléments minéraux contenus dans le biocompost ou à des acteurs (micro-organismes) qui participent à la biodégradation de la matière organique en redistribuant les minéraux dans le sol. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet du biocompost associé aux CMA sur le rendement du maïs en milieu paysan.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Les essais ont été mis en place sur 28 parcelles d'une superficie de ¼ d'hectare chacune chez des producteurs locaux de deux régions administratives de Côte d'Ivoire (**Figure 1**). La région du Tchologo (Ferké et Niellé) est située dans la zone de savane sub-soudanienne avec un climat de type soudano-guinéen à deux saisons (une saison sèche et une saison de pluie). La végétation est caractéristique de la savane (arborée, boisée ou arbustive). Située dans la zone dite zone sub-soudanaise de transition, la région de Gbêkê (Bouaké), est une zone de contact forêt – savane qui s'inscrit dans la zone dite zone mésophile [20]. Elle est soumise à un climat tropical subhumide avec une température qui oscillent entre 14 °C et 33 °C et une hygrométrie de 60 % à 70 % [21]. La pluviosité annuelle y oscille entre 1000 et 1600 mm [20]. Cette région connaît également quatre saisons : deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses [22].

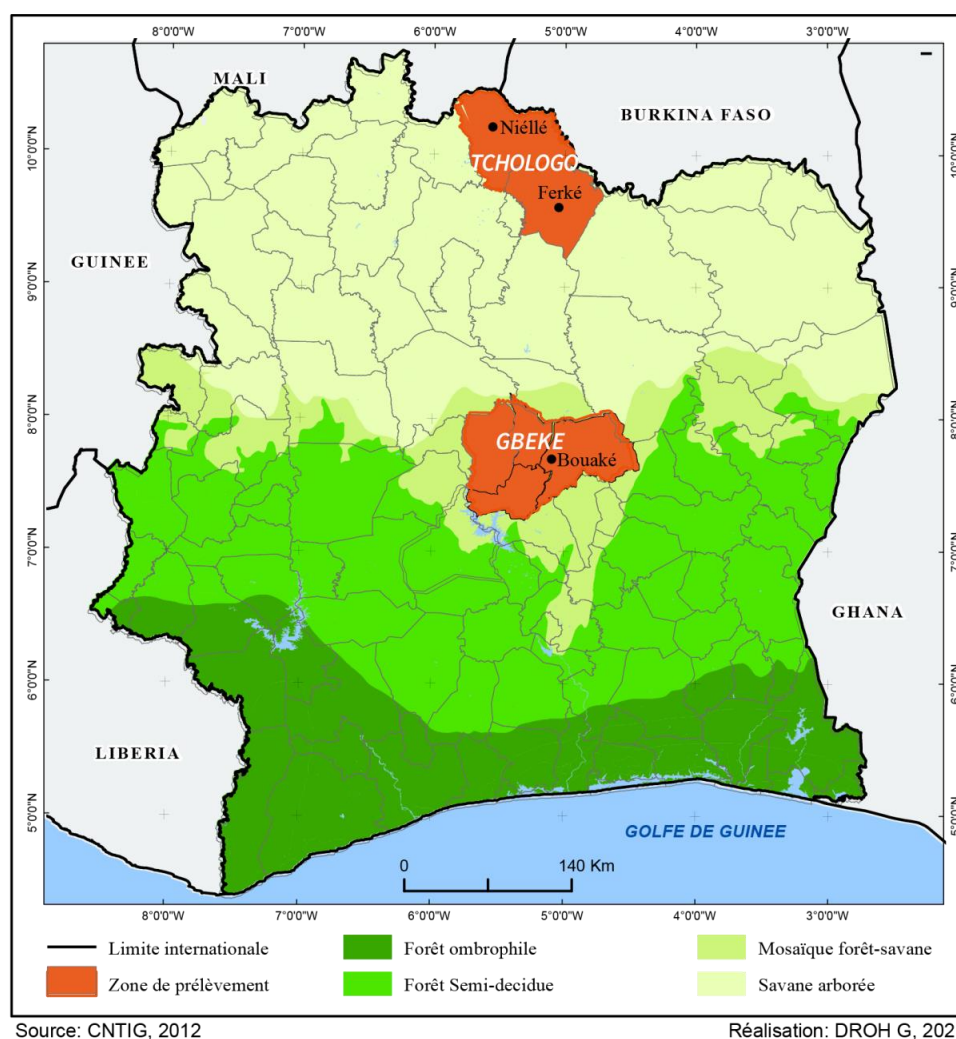


Figure 1 : Localisation des sites d'étude

2-2. Matériel

Le matériel utilisé dans cette étude se subdivise en trois catégories. D'abord, (i) le matériel végétal était composé de semence de maïs GMRP-18 obtenu grâce aux travaux de recherche du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) et vulgarisé par l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural

(ANADER). Cette variété précoce (Cycle de 90 jours) est caractérisée par une résistance à la verse, à la rouille et à la striure et un rendement potentiel de 5 tonnes par hectare [23]. Ensuite, (ii) le matériel fongique qui lui était composé de spores de champignons mycorrhiziens à arbuscules (CMA). Ces spores ont été acquises dans le commerce sous le nom de produit « AGTIV Cultures Spécialisées Poudre » qui est une association de CMA (*Glomus intraradices* et *Glomus mosseae*). Et enfin, (iii) le matériel inorganique composé d'échantillons de sol prélevés sur les différentes parcelles d'expérimentation. La méthode d'inoculation a été l'enrobage des graines lors du semis. Elle a consisté à mélanger uniformément AGTIV® GRANDES CULTURES - Poudre aux semences à raison de 112 mL de produit pour ¼ hectare. Quelques gouttes de lait concentré non sucré ont été ajoutées au mélange pour faciliter l'enrobage. Les semis ont été réalisés entre les mois de Juillet et d'août avec une densité de 66 000 plants par hectare (75 cm entre les lignes, 40 cm entre poquets et 2 à 4 graines par poquet). Deux types de données ont été collectés dans ce travail. Il s'agit d'abord des échantillons de sol et de données liés à la performance de production de maïs. Le biocompost est produit à partir de plusieurs ingrédients naturels. Il s'agit principalement des résidus de récoltes (balle de riz, déchets végétaux émiétés, etc.), de terre argileuse, de bouses de vaches, de fientes de poulet ou d'autres animaux, du charbon concassé, de la cendre de bois, du sucre et de la levure boulangère. Il faut prévoir de l'eau en quantité suffisante dans laquelle est dessous le sucre et la levure. La solution obtenue est utilisée pour humidifier le mélange des autres ingrédients. Ces ingrédients sont mis en tas et en couches successives pour former un andain et ensuite retournés pour mélanger tout en humidifiant avec la solution sucrée de levure. L'andain est mis sous un apatam et recouvert par une bâche. L'andain y restera pendant 15 jours au cours desquels il sera retourné quotidiennement.

2-3. Analyses statistiques

Les données de paramètres physico-chimiques et agronomiques ont été soumises, à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1, à une analyse de variance (ANOVA), au seuil de 5 % pour la comparaison des moyennes [24]. Le Test LSD de Fischer a été utilisé pour la séparation des moyennes et pour la constitution des groupes homogènes.

3. Résultats

3-1. Évaluation des paramètres chimiques des différents sols échantillonnés

Les analyses statistiques montrent un effet « traitement » sur les caractères physico-chimiques des sols. Dans le Gbêkê, le pH des sols (pH = 6,14) ayant reçu du biocompost a connu une amélioration significative (p-value = 0,048) par rapport à celui de la parcelle paysanne (pH= 5,47). Les résultats de l'analyse des paramètres chimiques montrent que les teneurs en C-org, K, Na⁺ et la CEC des sols amendés sont inférieures à celles des parcelles paysannes. Le rapport C/N (C/N= 10,75) des parcelles additionnées de biocompost est supérieur à celui des sols paysans. Par ailleurs, les teneurs en Pass, Ca²⁺, Mg²⁺ sont plus élevées au niveau des parcelles traitées (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Comparaison des paramètres du sol amendé et non amendé dans le Gbêkê

Traitement	pH	COrg	NTot	C/N	PAss	CEC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
BIOCMA	6,14±0,80a	0,85±0,30	0,08±0	10,75±0,90	62,8 ± 14,44	6,20±2,71	1,34±0,40	0,73±0,21	0,09±0,01	0,10±0
PPAYS	5,47±1,12b	0,89±0,31	0,08±0	10,60±1,21	59,73±15,31	6,84±6,30	1,22±0,40	0,71±0,11	0,10±0,01	0,11±0
p-value	0,048 *	0,83ns	0,63ns	0,7ns	0,78ns	0,72ns	0,78ns	0,5ns	0,81ns	0,92ns

NB : Dans une même colonne, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls, STATISTICA 7.1)

Légende : * : Significativité du test ; ns : non significativité du test ; pH: Potentiel d'hydrogène ; C-Org: Carbone organique ; Ntot: Azote total ; C/N: ratio C-Org sur Ntot ; Pass: Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Ca²⁺: Calcium ; Mg²⁺: Magnésium ; K⁺: Potassium ; Na⁺: Sodium

Dans la région du Tchologo, le pH des parcelles amendées (pH = 6,28) a évolué par rapport à celui des parcelles paysannes (pH = 6,15). L'analyse de données des paramètres chimiques des deux types de parcelles soumis à l'expérimentation dans le Tchologo n'a révélé aucune différence statistique (**Tableau 2**). Toutefois, les teneurs en Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Pass et le rapport C/N sont légèrement plus élevées dans les sols traités. Par contre, la teneur en C-org et la CEC des parcelles amendées sont légèrement inférieures aux valeurs enregistrées dans les sols laissés à la pratique paysanne.

Tableau 2 : Comparaison des paramètres du sol amendé et non amendé dans le Tchologo

Traitement	pH	COrg	NTot	C/N	PAss	CEC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
BIOCMA	6,28±0,10	1,34±0,62	0,12±0,05	10,86±0,70	90,06±41,41	9,2±5,80	2,28±10	0,69±0,10	0,10±0	0,13±0
PPAYS	6,15±0,31	1,62±0,60	0,12±0,05	10,62±1,00s	84,89±37,61	9,4±4,40	2,12±11	0,62±0,10	0,10±0	0,11±0
p-value	0,11ns	0,92ns	0,85ns	0,41ns	0,68ns	0,9ns	0,73ns	0,25ns	0,43ns	0,26ns

NB : Dans une même colonne, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (Test de Newman-Keuls, STATISTICA 7.1)

Légende : * : Significativité du test ; ns : non significativité du test ; pH: Potentiel d'hydrogène ; C-Org: Carbone organique ; Ntot: Azote total ; C/N: ratio C-Org sur Ntot ; Pass: Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Ca²⁺: Calcium ; Mg²⁺: Magnésium ; K⁺: Potassium ; Na⁺: Sodium

La comparaison des sols traités au biocompost du Gbêkê et ceux du Tchologo montrent une différence au niveau des paramètres de fertilité des sols. En effet, les teneurs en C-org (C-org = 1,34 %), Ntot (Ntot = 0,12 %), Pass (Pass = 90,07g/kg) et Ca²⁺ (Ca²⁺ = 2,2 Cmol.kg⁻¹) des sols du Tchologo sont significativement différentes des celles des sols traités du Gbêkê (**Tableau 3**). Par ailleurs, aucune différence n'est observée entre les sols de ces deux régions pour les teneurs en Na⁺, K⁺ et la CEC. Le pH (pH = 6,28) des sols du Tchologo sont été légèrement supérieur au pH des sols du Gbêkê. Toutefois, les valeurs du rapport C/N (10,75) et de la teneur en Mg²⁺ (0,76) enregistrées dans le Gbêkê sont supérieures à celles enregistrées dans le Tchologo.

Tableau 3 : Comparaison des paramètres des sols amendés du Gbêkê et du Tchologo

Traitement	pH	COrg	NTot	C/N	PAss	CEC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
GBEKE	6,14±0,81	0,87±0,32b	0,08±0,00b	10,75±0,90	61,13±14b	6,26±2,71	1,27±0,01b	0,76±0,00	0,10±0,00	0,11±0,00
TCHOLOGO	6,28±0,23	1,34±0,61a	0,12±0,00a	10,63±1,00	90,07±41a	9,20±5,80	2,29±1,00a	0,69±0,00	0,11±0,00	0,14±0,01
p-value	0,493ns	9.10 ⁻³ *	4,9.10 ⁻³ *	0,70424ns	7,8.10 ⁻³ *	0,0568ns	1,2.10 ⁻² *	0,32ns	0,07ns	0,328ns

NB : Dans une même colonne, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls, STATISTICA 7.1)

Légende : * : Significativité du test ; ns : non significativité du test ; pH: Potentiel d'hydrogène ; C-Org : Carbone organique ; Ntot: Azote total ; C/N: ratio C-Org sur Ntot ; Pass: Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique ; Ca²⁺: Calcium ; Mg²⁺: Magnésium ; K⁺: Potassium ; Na⁺: Sodium

3-2. Impact du biocompost associé aux champignons mycorhiziens sur le rendement de maïs

Dans le Gbêkê, l'analyse statistique des données de rendement de la première année montre qu'il a une différence significative ($Pr (>F) = 8,66.10^{-3}$) entre le rendement moyen enregistré sur les parcelles amendées et le rendement moyen obtenu sur les parcelles laissées à la pratique paysanne. Le rendement moyen est passé de 1,16 tonnes/hectare obtenu sur les parcelles paysannes à 1,73 tonnes/hectare obtenu sur les sols traités, soit une augmentation de 49,14%. Dans la région du Tchologo, le test statistique a également mis en évidence une différence significative ($Pr (>F) = 2,86.10^{-4}$) entre le rendement obtenu dans les parcelles d'expérimentation. Le rendement moyen (4,25 tonnes/hectare) enregistré dans les parcelles dites paysannes est passé à 5,63 tonnes/hectare dans les parcelles traitées au biocompost et CMA, soit une augmentation de 32,47 % au niveau du rendement. L'analyse effectuée sur l'ensemble des deux régions montre que le Tchologo avec un rendement moyen de 5,63 tonnes/hectare est significativement ($Pr (>F) = 1,95.10^{-3}$) plus productrice que la région du Gbêkê qui a permis un rendement moyen de 1,73 tonnes/hectare sur les parcelles ayant reçu le biocompost.

Tableau 4 : Rendement enregistré au cours de la première année d'expérimentation

Régions	Traitements	Rendement moyen (tonnes/hectare)
		Année 1
GBEKE	BIOCMA	1.73 ^a
	PPAYS	1.16 ^b
	Statistique du test ($Pr (>F)$)	8.66.10 ⁻³ **
TCHOLOGO	BIOCMA	5.63 ^a
	PPAYS	4.25 ^b
	Statistique du test ($Pr (>F)$)	2.86.10 ⁻⁴ ***

NB : Dans une même colonne, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls, STATISTICA 7.1).

Légende : * : Significativité du test ; ns : non significativité du test ; BIOCMA : Parcelles ayant reçu le biocompost et les champignons mycorhiziens à arbuscules ; PPAYS : Parcelles laissées à la pratique culturale paysanne

Les rendements enregistrés au cours de la seconde année d'expérimentation sont en augmentation significative dans la région du Gbêkê ($Pr (>F) = 5,38.10^{-8}$) comparativement à ceux de la première année. Par contre, les rendements des parcelles du Tchologo n'ont connu de différence significative ($Pr (>F) = 0.20$) au cours de la seconde année d'expérimentations (Figure 2). En effet, avec un rendement moyen de 5,63 tonnes/hectare et 4,25 tonnes/hectare respectivement sur les parcelles amendées et les parcelles dites paysannes obtenu en première année, les parcelles de la région du Tchologo ont enregistré des rendements moyens de l'ordre de 4,83 tonnes/hectare et 4,15 tonnes/hectare respectivement sur les parcelles amendées et les paysannes au cours de la seconde année.

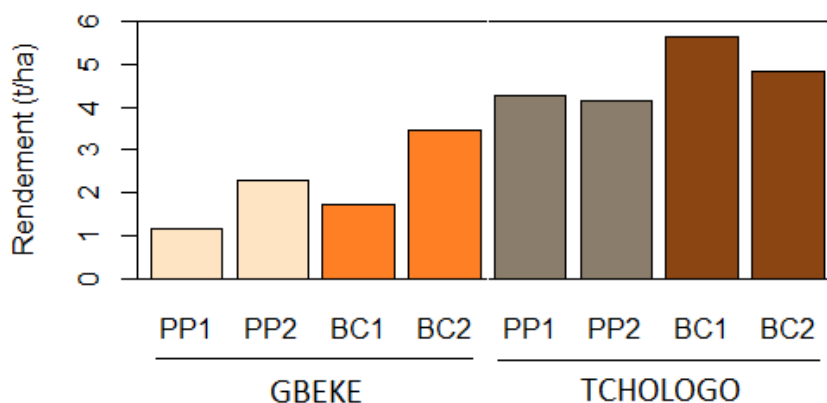


Figure 2 : Rendement moyen des plants de maïs selon la pratique culturale dans chaque site

Légende : PP1 : Pratique paysanne au cours de la 1^{ère} année ; PP2 : Pratique paysanne au cours de la 2^{ème} année ; BC1 : Apport de Biocompost et du CMA au cours de la 1^{ère} année ; BC2 : Apport de Biocompost et du CMA au cours de la 2^{ème} année

Le **Tableau 5** montre qu’au cours de cette deuxième année, il n’a pas été possible de mettre en évidence une différence significative ($Pr (>F) = 0.225$) entre les rendements observés avec les deux types de pratiques culturales dans le Tchologo. Cependant, le rendement moyen de 3,48 tonnes/hectare enregistré sur les parcelles ayant reçu le biocompost et les CMA a été significativement meilleur ($Pr (>F) = 9.23.10^{-4}$) dans le Gbêkê (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Rendement enregistré au cours de la deuxième année d’expérimentation

Régions	Traitements	Rendement moyen (tonnes/hectare)
		Année 2
GBEKE	BIOCMA	3.48
	PPAYS	2.28
	Statistique du test ($Pr (>F)$)	$9.23.10^{-4}$ ***
TCHOLOGO	BIOCMA	4.83
	PPAYS	4.15
	Statistique du test ($Pr (>F)$)	0.225ns

NB : Dans une même colonne, Les moyennes suivies d’une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (Test de Newman-Keuls, STATISTICA 7.1)

Légende : * : Significativité du test ; ns : non significativité du test ; BIOCMA : Parcelles ayant reçu le biocompost et les champignons mycorhiziens à arbuscules ; PPAYS : Parcelles laissées à la pratique culturale paysanne

4. Discussion

En étudiant l’effet bénéfique du biocompost associé aux champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sur la fertilité du sol et la croissance des plants de maïs, il ressort que la pratique culturale innovante améliore les caractéristiques physico-chimiques des sols. Le pH obtenu dans les parcelles ayant reçu du biocompost et des CMA dans les régions du Gbêkê et du Tchologo sont respectivement de 6,14 et 6,28. Ces pH tendent vers la neutralité. Or la basicité d’un sol est un facteur important pour une meilleure absorption racinaire des

éléments nutritifs et un développement de la vie dans le sol [25]. Les teneurs en carbone organique (C-org = 0,87 %) et en cation échangeables (CEC = 6,26 %) obtenues dans les parcelles amendées du Gbêkê et Tchologo sont inférieures à celles obtenues au niveau des parcelles dites paysannes. De plus, ces valeurs enregistrées témoignent d'une décomposition facile et d'une meilleure infiltration des éléments minéraux issus du biocompost dans le sol [26]. Les teneurs en azote obtenues dans les parcelles amendées et celles dites paysannes des régions du Gbêkê et du Tchologo n'ont connu aucune augmentation. Par contre, les valeurs du rapport C/N enregistrées dans ces parcelles amendées au biocompost associé aux CMA sont en augmentation par rapport aux parcelles dites paysannes. Ce rapport C/N renseigne sur la vitesse de minéralisation et, les faibles valeurs de ce rapport pourrait se traduire par une minéralisation rapide de l'azote et par conséquent sa disponibilité dans le sol [27]. Comparer aux sols paysans, les sols amendés au biocompost et aux CMA ont connu une bonne activité biologique. Le phosphore est un élément minéral important assurant la bonne croissance et le développement des plantes [27, 28]. Les teneurs en phosphore de l'ordre de 62,8 g/kg de sol et de 90,06 g/kg de sol respectivement enregistrés dans les parcelles amendées du Gbêkê et Tchologo sont supérieures à celles enregistrées dans les parcelles dites paysannes. Ces fortes teneurs s'expliquent par le fait que la minéralisation s'est faite au fil du temps [30]. La minéralisation du biocompost favoriserait une disponibilité en phosphore assimilable dans les sols. Ainsi, les fortes teneurs de phosphore enregistrées dans les parcelles amendées du Gbêkê et Tchologo sont dues à l'activité des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA). En effet, les CMA régulent l'absorption des éléments minéraux surtout la nutrition phosphatée chez les plantes [30, 31]. Les CMA via leurs mycéliums accèdent aux pools de phosphore en hydrolysant le phosphore organique en phosphore inorganique pour le transférer directement aux plantes [31, 32]. L'enrichissement du biocompost par les CMA a contribué à une biodégradation de la matière organique ainsi qu'à une bonne gestion des ressources.

Ce résultat montre que les CMA influencent la fertilité des sols [34]. Les teneurs de phosphore enregistrées dans les parcelles amendées sont plus étroitement liées aux propriétés intrinsèques des sols [6]. Pour ce qui est des teneurs en Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}), Potassium (K^+), les valeurs enregistrées dans les parcelles biocompostées et mycorhizées des régions du Gbêkê et du Tchologo n'ont connu aucune augmentation significative. Ces teneurs sont inférieures aux valeurs seuils. Les données de rendement obtenues montrent que le biocompost associé aux CMA améliore les performances des cultures. Les meilleurs rendements sont enregistrés dans les parcelles amendées des régions du Gbêkê et Tchologo durant les deux années d'expérimentation. L'augmentation du rendement se justifie par une amélioration des propriétés physico-chimiques du sol liées à la disponibilité des éléments minéraux libérés par décomposition du biocompost. Au cours de la première année d'expérimentation, le rendement des parcelles amendées de biocompost et CMA des régions du Gbêkê et Tchologo a connu une augmentation de façon significative. Dans le Gbêkê, le rendement est passé de 1,16 tonnes/hectare dans les parcelles paysannes à 1,73 tonnes/hectare dans les parcelles amendées soit une augmentation de 49,14 %. Dans la région du Tchologo, le rendement est passé de 4,25 tonnes/hectare dans les parcelles paysannes à 5,63 tonnes/hectare dans les parcelles amendées, soit une augmentation de 32,47 %. Durant la seconde année d'expérimentation, les rendements des parcelles amendées des régions du Gbêkê et Tchologo ont connu une augmentation. Le rendement obtenu dans le Gbêkê est passé de 2,28 tonnes/hectare dans les parcelles paysannes à 3,48 tonnes/hectare dans les parcelles amendées, soit une augmentation de 52,63 %. Dans la région du Tchologo, le rendement enregistré est passé de 4,15 tonnes/hectare dans les parcelles dites paysannes à 4,83 tonnes/hectare dans les parcelles amendées soit une augmentation de 16,4 %. Durant les deux années d'expérimentation, le rendement enregistré dans la région du Tchologo est supérieur à celui enregistré dans la région du Gbêkê. Cette observation indique que les sols de la région du Tchologo ont connu une bonne amélioration après apport de biocompost et CMA. Des résultats similaires ont été obtenus sur la culture du maïs par certains auteurs [34, 35] après utilisation, de la fumure organique constituée de fiente de poulet et de la bouse de bovin séchée

respectivement. De plus, une amélioration du rendement et des paramètres agro-morphologiques de la tomate, du chou et du concombre est obtenue par d'autres auteurs [36, 37] après utilisation du vermicompost à base de coques de cacao. De ces résultats, il en ressort que l'utilisation des engrais organiques affecte significativement les caractéristiques physico-chimiques des sols, les paramètres agro-morphologiques et le rendement des cultures [38, 39]. Les engrais organiques favorisent la libération rapide des éléments minéraux dans le sol pour le compte des cultures. Par ailleurs, les faibles rendements enregistrés dans les parcelles paysannes pourraient être attribués à une pauvreté en éléments nutritifs et une acidité relativement élevée des sols. Pour accroître la production agricole en milieu paysan, il est important d'apporter aux sols, différents types de matières organiques enrichies en micro-organismes tels les CMA. Ainsi, la disponibilité des éléments nutritifs des sols se verra accrue. La rareté des pluies a négativement affecté le rendement au cours de la seconde année d'expérimentation. Il a été observé que pendant les périodes d'absence de pluies, les plantes adoptent plusieurs stratégies leur permettant de maintenir leur potentiel hydrique. Il s'agit entre autres de la fermeture des stomates afin de réduire la surface transpirante. Cependant, cette stratégie permet donc de réduire l'activité photosynthétique qui impact alors le rendement des cultures et plusieurs paramètres agro-morphologiques et de croissance [40, 41]. Ce déficit hydrique peut également entraîner une perte énorme des cultures soit 20 à 25 % du rendement [43]. L'effet de la rareté des pluies sur le rendement a été observé dans cette étude de façon différente selon le type de pratique culturale. Le rendement enregistré dans les parcelles amendées et paysannes de la région du Tchologo a connu une baisse de 14,21 % et 2,25 % respectivement. Par contre le rendement enregistré dans les parcelles amendées et paysannes de la région du Gbêkê a connu une évolution de 101,15 % et 96,55 %. Ceci confirme que les sols du Tchologo ont connu une baisse au niveau du rendement. Cette faiblesse de rendement enregistré dans la région du Tchologo s'explique par le fait que les zones de savanes sont plus sensibles à la rareté des pluies. L'importance de la sécheresse sur le rendement dépend du stade auquel il survient et de sa durée. Le biocompost associé aux CMA malgré la rareté des pluies, a protégé le rendement. D'après ces résultats, les meilleurs rendements ont été enregistrés dans les parcelles amendées de biocompost et CMA. L'apport de biocompost et CMA serait un moyen important de restaurer la fertilité des sols, d'améliorer la croissance et les performances des cultures.

5. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du biocompost associé aux CMA sur les propriétés physico-chimiques du sol et rendement des plants de maïs. Cette étude a fourni des résultats satisfaisants. Les résultats montrent que l'apport du biocompost et de champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) améliore le pH, la teneur en phosphore et en azote des sols. L'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol se traduit par une disponibilité d'éléments nutritifs due à la décomposition du compost. Cette pratique innovante a amélioré de façon significative le rendement. Au cours de la première année d'expérimentation, le rendement enregistré dans les parcelles amendées des régions du Tchologo et du Gbêkê a évolué de 32,47 % et 49,14 % respectivement. Dans la seconde année d'expérimentation, le rendement enregistré dans le Tchologo et le Gbêkê a connu une évolution de 16,4 % et 52,63 % respectivement. L'apport du biocompost et de CMA accroît le stock d'éléments nutritifs disponibles dans le sol contribuant à améliorer la nutrition minérale des plants de maïs. La rareté des pluies a négativement influencé les rendements du maïs de façon significative dans la région du Tchologo. Cependant, les rendements enregistrés sur les parcelles amendées étaient supérieurs à celles enregistrées sur les parcelles dites paysannes. Le biocompost associé aux CMA a permis malgré le déficit hydrique d'obtenir un rendement acceptable. Il en ressort que l'utilisation du biocompost associé aux CMA est une alternative judicieuse aux problèmes de fertilité des sols et de changements climatiques. Il faut donc penser aux techniques de protection des cultures, des terres en limitant

l'utilisation des fertilisants et pesticides chimiques tout en adoptant des pratiques écologiquement soutenables qui se traduisent par une réduction des coûts de la production. Pour des études futures, il serait très intéressant d'évaluer son efficacité sur plusieurs saisons, de tester son rôle protecteur post-récolte et de quantifier l'apport nutritionnel des plants cultivés sur un sol amendé de biocompost et de CMA.

Références

- [1] - FAO, "Données de l'alimentation et de l'agriculture," (2017), www.fao.org - Consulté le 01/09/2019
- [2] - L. AKANVOU, R. AKANVOU and K. TOTO, "Effets des variétés de maïs et de légumineuses dans la lutte contre *Striga hermontica* en zone de savane en Côte d'Ivoire," *Agron. Africaine*, 18 (1) (2009) 13 - 21, doi: 10.4314/aga.v18i1.1675
- [3] - M. E.-T. HOOPEN and A. MAÏGA, Production et transformation du maïs, CTA et ISF. Douala-Bassa, (2012) 29 p.
- [4] - J.-P. K. TSHIABUKOLE, "Growth response of different species of *Ziziphus* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi," *Fruits*, 72 (3) (2017) 174 - 181, doi: 10.17660/th2017/72.3.7
- [5] - P. S. BOONE, J. CHARLES and R. L. WANZIE, "Évaluation sous régionale de la chaîne de valeurs du maïs, rapport technique ATP n°1. Bethesda, MD : projet ATP, Abt Associates Inc.," MISTOWA, (2008) 73 p.
- [6] - K. C. MULAJI, "Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo)," UNIVERSITE DE LIEGE, (2011) 191 p.
- [7] - L. CECILLON, "Quels indicateurs pour évaluer la qualité de sols forestiers soumis à des contraintes environnementales fortes ?," Sciences de la Terre. Université Joseph-Fourier - Grenoble I. France, (2008) 215 p.
- [8] - N. MICHEL, L. FRANÇOIS, G. ZACHARIE, O. NOUFOU and P. MICHEL, "Les pratiques culturales traditionnelles appauvrissent les sols en zone des savanes du Tchad," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (4) (2010) 871 - 881
- [9] - A. M. TANO, "Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud-Ouest ivoirien," Thèse de doctorat d'économie, UMR Dynamiques Rurales, Université Toulouse 2 Le Mirail, France, (2012) 261 p.
- [10] - G. DROH, K. M. DJEZOU, K. A. B. KOUASSI, A.-B. KOUASSI and K. TIECOURA, "Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Spores in Maize (*Zea mays* L.) Plantations in Côte d'Ivoire," *Am. J. Agric. For.*, 10 (5) (2022) 170 - 180, doi: 10.11648/j.ajaf.20221005.14
- [11] - N. D. COULIBALY, L. FONDIO, M. F. N'GBESSO and B. DOUMBIA, "Evaluation des performances agronomiques de quinze nouvelles lignées de tomate en station au centre de la Côte d'Ivoire," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (3) (2019) 1565 - 1581, doi: 10.4314/ijbcs.v13i3.29
- [12] - H. HARO, K. B. SANON, C. LE ROUX, R. DUPONNOIS and A. S. TRAORÉ, "Improvement of cowpea productivity by rhizobial and mycorrhizal inoculation in Burkina Faso," *Symbiosis*, 74 (2) (2018) 107 - 120, doi: 10.1007/s13199-017-0478-3
- [13] - L. BABOY, K. KIDINDA, T. TSHIPAMA, J. TOMBO and I. TSHIJIKA, "Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d'Afrique subsaharienne : caractérisation des déchets urbains à Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières," *Afrique Sci.*, 11 (2) (2015) 76 - 84
- [14] - L. KASONGO *et al.*, "Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo," *J. Appl. Biosci.*, 63 (1) (2013) 4727 - 4735, doi: 10.4314/jab.v63i1.87247

- [15] - H. HARO and K. B. SANON, "Réponse du sésame (*Sesamum indicum L.*) à l'inoculation mycorhizienne avec des souches des champignons mycorhiziens arbusculaires indigènes du Burkina Faso," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (2) (2020) 417 - 423, doi: 10.4314/ijbcs.v14i2.9
- [16] - R. DUPONNOIS, Y. PRIN, E. BAUDOIN, A. GALIANA and B. DREYFUS, "Les champignons mycorhiziens : une composante majeure dans les processus biologiques régissant la stabilité et la productivité des écosystèmes forestiers tropicaux," (2010) 421 - 440
- [17] - A. N. MALONDA, T. M. NZOLA-MESO, A. M. MANGA and M. C. YANDJU, "Effet des champignons mycorhiziens Arbusculaires sur le phosphore des sols tropicaux et implication dans la biosynthèse du caroténoïde du manioc," *J. Appl. Biosci.*, 135 (1) (2019) 13750 - 13765, doi: 10.4314/jab.v135i1.2
- [18] - A. DESTINOBLE, "Effet de la symbiose mycorhizienne arbusculaire sur la composition minérale du poireau cultivé en présence de carbonate de calcium," Mémoire de Thèse, Université de Laval, Québec, Canada, (2017) 72 p.
- [19] - S. HOUOT *et al.*, "Valeur agronomique et impacts environnementaux de compost d'origine urbaine : variation avec la nature du compost," *AGREDE, Doss. l'environnement l'INRA*, 25 (2004) 107 - 123
- [20] - Y. BROU, F. AKINDES and S. BIGOT, "La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles," *Cah. Agric.*, 14 (6) (2005) 533 - 540, doi: 10.13140/2.1.5174.3368
- [21] - K. AHOSSANE, "République de Côte d'Ivoire: Seconde Communication Nationale sous la convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques," 9 mars 2010 à Abidjan (Côte d'Ivoire), (2010) 217 p., [Online]. Available: <http://unfccc.int/resourcement/docs/natc/cotnc2.pdf>
- [22] - B. GOULA, K. BROU, T. BROU, I. SAVANE, F. VAMORYBA and S. BERNARD, "Estimation des pluies exceptionnelles journalières en zone tropicale: cas de la Côte d'Ivoire par comparaison des lois Lognormale et de Gumbel," *J. des Sci. Hydrol.*, 52 (1) (2007) 49 - 67
- [23] - M. YAPI and K. DE, "Fiche technicoéconomique du Maïs." Direction d'Appui aux filières Agricoles Septembre 2017, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2017) 5 p.
- [24] - P. DAGNELIE, "La planification des expériences : choix des traitements et dispositif expérimental," *J. la société française Stat.*, 141 (2000) 5 - 29, doi: 10.1002/0471667196.ess7017
- [25] - M. OGNALAGA, P. I. O. ODJOGUI, J. M. LEKAMBOU and R. N. POLIGUIOLIGUI, "Effet des écumes de canne à sucre , de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata (L .)* King R . M . & H . E . Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa L .*)," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (5) (2015) 2507 - 2519
- [26] - E. C. ENUJEKE, "Asian Journal of Agriculture and Rural Development Response of Grain Weight of Maize to Variety, Organic Manure and Inorganic Fertilizer in Asaba Area of Delta State," *Asian J. Agric. Rural Dev. J.*, 3 (5) (2013) 234 - 248
- [27] - A. H. T. BIEKRE, B. T. TIE and D. O. DOGBO, "Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (1) (2018) 596 - 609, doi: 10.4314/ijbcs.v12i1.45
- [28] - M. MUTETWA, M. SHOKO and T. MTAITA, "The effect of superphosphate and plant density on mini-tuber production from True Potato Seed (TPS)," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (4) (2011) 1328 - 1333, doi: 10.4314/ijbcs.v4i4.63067
- [29] - H. FANKEM *et al.*, "Biodiversity of the phosphate solubilizing microorganisms (PSMs) population from the rice rhizosphere soils of the two agro-ecological zones of Cameroon," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (5) (2016) 2284 - 2299, doi: 10.4314/ijbcs.v9i5.3
- [30] - G. NEILSEN, E. HOGUE, D. NEILSEN and B. ZEBARTH, "Evaluation of organic wastes as soil amendments for cultivation of carrot and chard on irrigated sandy soils," *Can. J. Soil Sci.*, 78 (1) (1998) 217 - 225

- [31] - H. HARO *et al.*, "Réponse à l'inoculation mycorhizienne de quatre variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivées au Burkina Faso et au Sénégal," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (5) (2012) 2097 - 2112, doi: 10.4314/ijbcs.v6i5.18
- [32] - G. FENG, F. S. ZHANG, X. L. LI, C. Y. TIAN, C. TANG and Z. RENGEL, "Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots.," *Mycorrhiza*, 12 (4) (2002) 185 - 190, doi: 10.1007/s00572-002-0170-0
- [33] - R.-C. LE BAYON and R. MILLERET, "Effects of earthworms on phosphorus dynamics - A review," *Dyn. Soil, Dyn. Plant. Glob. Sci. Books*, 3 (2) (2009) 21 - 27
- [34] - A. P. K. GOMGNIMBOU, A. A. BANDAOGO, C. KALIFA, A. SANON, S. OUATTARA and H. B. NACRO, "Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (4) (2019) 2041 - 2052, doi: 10.4314/ijbcs.v13i4.11
- [35] - S. BAKAYOKO, A. H. D. ABOBI, Z. KONATE and N. TOURE, "Effet comparés de la bourse de bovins séchée et de la sciure de bois sur la croissance et le rendement du maïs *Zea mays* L.," *Agron. Africaine*, 3 (8) (2019) 63 - 72
- [36] - V. HIEN, M. N. EHOUMAN, M. TOURE and S. TIHO, "Effets du vermicompost à base de coques de cacao et de graminées sur quelques paramètres agronomiques de la tomate (*Solanum lycopersicum*), du concombre (*Cucumis sativus*) et chou (*Brassica oleracea*) à Yamoussoukro," *J. Appl. Biosci.*, 126 (1) (2018) 12707 - 12716, doi: 10.4314/jab.v126i1.8
- [37] - S. S. COULIBALY *et al.*, "Vermicompost as an Alternative to Inorganic Fertilizer to Improve Okra Productivity in Cote d'Ivoire," *Open J. Soil Sci.*, 11 (01) (2021) 1 - 12, doi: 10.4236/ojss.2021.111001
- [38] - G. F. FÉLIX *et al.*, "Ramial wood amendments (*Ptilostigma reticulatum*) mitigate degradation of tropical soils but do not replenish nutrient exports," *L. Degrad. Dev.*, 29 (8) (2018) 2694 - 2706, doi: 10.1002/ldr.3033
- [39] - S. SOULAMA, W. B. KABORE, D. BAMBARA, M. BEMBAMBA and E. HIEN, "Évaluation de la qualité de composts à base de biomasses feuillées de deux espèces agroforestières à Cassou, Centre-Ouest, Burkina Faso," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (9) (2020) 3297 - 3307, doi: 10.4314/ijbcs.v14i9.26
- [40] - A. HAROU, F. HAMIDOU and Y. BAKASSO, "Performances morpho-physiologiques et agronomiques du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walpers] en conditions du déficit hydrique," *J. Appl. Biosci.*, 128 (1) (2019) 12874 - 12882, doi: 10.4314/jab.v128i1.1
- [41] - O. A. MOUSSA, I. H. BIL-ASSANOU, A. SOULE, MAHAMANE and M. MAHAMANE, Ali; Saadou, Mahamane et Zaman-Allah, "Relation entre le rendement et ses composantes en condition de déficit hydrique chez le maïs (*Zea mays* L.)," *Afrique Sci.*, 16(1) (2020) 21 - 29
- [42] - L. A. C. SIENE, M. DOUMBOUYA, M. S. TRAORE, M. CONDE, T. V. F. N'GUETTIA and M. KONE, "Effet de quatre types de fertilisants sur la croissance et la productivité de deux géotypes de maïs (*Zea mays* L.) en cas d'un semis tardif à Korhogo au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (1) (2020) 55 - 68, doi: 10.4314/ijbcs.v14i1.6