



Contribution à l'étude de la gestion intégrée de la fertilité du sol pour la culture de maïs (*Zea mays*) dans la Région de Mbuji-Mayi, RDC.

Nkongolo Mulambuila Michel, Mutombo Tshibamba Jean Michel, Cibanda Mutombo Justin, Muka Mulamba Pierrot, Masengu Tshibuyi Thèrese, Tshibangu Kabongo Grégoire

Université Officielle de Mbuji-Mayi, Faculté des Sciences Agronomiques, Mbuji-Mayi, Kasai-Oriental, RD. Congo.

Contact: +243815060834; email: michel.nkongolo2005@gmail.com; jeanmichelmutombo@gmail.com

Original submitted in on 14th January 2016. Published online at www.m.elewa.org on 31st March 2016
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v99i1.7>

RÉSUMÉ

Dans la plupart de régions tropicales, les céréales jouent le rôle de denrées alimentaires de base, cependant elles font face au niveau faible de la fertilité du sol, déficient en azote et phosphore de cette partie du monde. Alors que ces éléments minéraux ont une part importante dans la nutrition de la culture des céréales, en contribuant ainsi à leur développement et à l'augmentation de leur rendement. Le maïs, denrée alimentaire de base pour les habitants du Kasai-Oriental en général et de la ville de Mbuji-Mayi en particulier, mais sa production est faible, cet état de chose, influence la fluctuation de son prix sur le marché.

Objectif : Cette étude a comme objectifs de comparer : (1) la fumure minérale (DAP+Urée) à la fumure organique (*Tithonia diversifolia*), (2) les deux fumures (minérale et organique) à la fumure intégrée (Association de DAP+Urée avec le *Tithonia diversifolia*) et (3) déterminer si la fumure intégrée induit un rendement élevé plus que les autres fumures. L'expérimentation a été conduite sous un dispositif expérimental en split-plot avec les variétés de maïs constituant le facteur principal (variété QPM3 et Salongo). Les fumures constituaient le facteur secondaire, formulées en 4 traitements avec trois répétitions.

Méthodologie et résultats : A l'issue de cet essai, les résultats enregistrés se présentent comme suit : (1) avec la variété de maïs QPM3, la fumure intégrée (DAP+Urée et *Tithonia*) donne le rendement de 3,17 t.ha⁻¹ comparativement à 2,65 t.ha⁻¹, 1,98 t.ha⁻¹ et 1,32 t.ha⁻¹ respectivement avec les fumures de *Tithonia diversifolia*, le DAP+Urée et le témoin. (2) Avec la variété Salongo 2, la fumure intégrée induit le rendement de 2,84 t.ha⁻¹ comparativement à 1,92 t.ha⁻¹, 1,78 t.ha⁻¹, et 1,37 t.ha⁻¹, respectivement avec les fumures de *Tithonia diversifolia*, le DAP+Urée et le témoin.

Conclusion et application des résultats : Ainsi donc, la fumure (*Tithonia* et DAP + Urée) est à recommander aux producteurs du maïs de la région de Mbuji-Mayi, dans la mesure où ils peuvent se procurer les engrais minéraux (DAP + Urée) en quantité plus réduite associée à la matière organique de *Tithonia diversifolia* pour une bonne production locale de cette denrée de base.

Mots clés : Gestion, intégrée, fertilité, sol, maïs, Mbuji-Mayi, RDC

Contribution to the study of the integrated management of soil fertility for the maize crop (*Zea mays*) in the Mbuji-Mayi Region, DRC

SUMMARY

In most tropical areas, cereals act as the food base, however, they face the low soil fertility, deficient in nitrogen and phosphorus. These minerals have an important part in the nutrition of cereal cultivation, thus contributing to their development and increasing their efficiency. Corn, the staple food for the people of Kasai Oriental, city of Mbuji-Mayi, has low production, which influences the fluctuation of its price on the market.

Objective: The study's objectives are to compare: (1) the mineral fertilizer (DAP + Urea) with organic manure (*Tithonia diversifolia*), (2) the two fertilizers (mineral and organic) for integrated fertilizer (DAP + Urea Association with *Tithonia diversifolia* a) and (3) whether the integrated fertilizer induces a high yield more than other fertilizers. The experiment was conducted under split-plot with corn varieties constituting the main factor (variety QPM3 and Salongo). The fertilizers were the secondary factor, made in 4 treatments with three repetitions.

Methodology and results: After this test, the results recorded are as follows: (1) with the variety of corn QPM3, integrated fertilizer (Urea + DAP and *Tithonia*) gives yield of 3.17 t ha⁻¹ compared to 2.65 t ha⁻¹, 1.98 t ha⁻¹ and 1.32 t ha⁻¹ respectively with the manure *Tithonia diversifolia*, DAP + Urea and the witness. (2) With the variety Salongo 2, integrated fertilizer induced yield of 2.84 t ha⁻¹ compared to 1.92 t ha⁻¹, 1.78 t ha⁻¹ and 1.37 t ha⁻¹, respectively with manure *Tithonia diversifolia*, DAP + Urea and the witness.

Conclusion and application of results: So fertilization (*Tithonia* and DAP + Urea) is recommended to producers of corn Mbuji-Mayi region, since they can buy mineral fertilizers (DAP + Urea) and smaller quantities for a good local production this staple.

Keywords : Management, integrated, fertility, soil, corn, Mbuji Mayi, DRC

INTRODUCTION

Dans la plupart de régions tropicales, les céréales jouent le rôle de denrées alimentaires de base, pourtant elles font face au niveau faible de la fertilité du sol, déficient en azote et phosphore de cette partie du monde. Alors que ces éléments minéraux ont une part importante dans la nutrition de la culture des céréales, contribuant ainsi à leur développement et à l'augmentation de leur rendement. Le maïs, denrée alimentaire de base dans la partie méridionale de la République Démocratique du Congo, correspondant à la Province du Kasai-Oriental, n'échappe pas à cette contrainte caractéristique de régions tropicales. Celle-ci demeure un facteur majeur, à la base de la faible production locale de cette denrée. Ainsi, le maïs, denrée alimentaire de base dans la région de Mbuji-Mayi, connaît une forte fluctuation sur le marché, le prix de cette denrée, ne fait que galoper, à cause de l'insuffisance de la production locale due essentiellement au niveau faible de

fertilité du sol (FAO, 1986). Pour une bonne gestion de la fertilité des sols tropicaux, plusieurs systèmes ont été mis au point parmi lesquels, nous pouvons citer, l'utilisation des fumures organiques végétales avec essentiellement les légumineuses (Ikerra et al., 2007 ; Kimani et al., 2007 ; Mafuka et al., 2007). Il a été démontré que ce type de fumures joue un rôle important dans le maintien du bilan azoté et des propriétés du sol (Dommergues et al., 1999). Actuellement, la nouvelle approche de la gestion de la fertilité des sols, préconise la diversification des sources d'éléments nutritifs, chacune avec les avantages qu'elle offre (Kayuki and Wartman, 2001 ; Kimetu, 2001 ; Defoer et al., 2000 ; Hihors ; T. and Toulmin 2000). Plusieurs travaux ont été réalisés sur la fumure organique avec le *Tithonia Diversifolia*, les résultats sont satisfaisants. Au Kenya, les résultats enregistrés ont montré que cette espèce végétale est supérieure à d'autres

matières organiques communes utilisées comme sources d'azote pour la culture du Maïs (Noordwijk, 2004). En plus, il apparaît une synergie entre le *Tithonia Diversifolia* combiné aux fertilisants inorganiques (Gachengo et al., 1999). Le *Tithonia diversifolia* est bien connu en République Démocratique du Congo, où il est utilisé comme plante ornementale. On le trouve le long des routes, dans les régions de savanes de Kinshasa, du Kasai, de Bas – Congo et Bandundu (Paulwels, 1993.). En République Démocratique du Congo, à cause de la crise alimentaire que connaissent certaines provinces, la population vit dans une malnutrition aiguë. La lutte contre ce fléau est devenue prioritaire. Il vient d'être mis au

point une variété de maïs riche en protéine (Anonyme, 2012 ; Villegas et al., 1992, cité par Millan Carilo, 2004). La production de cette variété de maïs est à encourager et vulgariser. Un essai a été réalisé sur le site de l'Université Officielle de Mbujimayi mettant à l'épreuve trois fumures : la fumure minérale (le DAP + Urée), la fumure organique (*Tithonia diversifolia*) et une fumure intégrée (l'association de DAP + urée avec le *Tithonia Diversifolia*) sur la culture du maïs (Var. Mudishi 3 et Salongo 2) dans les conditions édapho-climatique de Mbujimayi de manière à déterminer si la fumure intégrée a un impact positif sur la culture du maïs plus que les deux autres.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cadre physique : Cet essai a été menée dans la ville de Mbujimayi chef lieu de la province du Kasai – Oriental, précisément sur le jardin de l'Université Officielle de Mbujimayi (U.O.M.), des coordonnées géographiques S 06° 06.845, E 023° 36. 020 et altitude 609m dans le quartier Kansele, commune de la Muya. La ville de Mbujimayi se trouve dans la région de convergences intertropicales qui est celle de basses pressions ; car elle est située à 666 Km de l'Équateur. Son espace s'étend entre 6°5' et 6°10' de latitude Sud et 23°27' de longitude Est. La ville de Mbujimayi est située sur le plateau du Kasai de 500– 1000 m d'altitude. Il pleut beaucoup (environs 1500 mm de pluie) : la saison de pluies dure huit mois, de Janvier à Avril, puis de Septembre à Décembre. La saison sèche dure quatre mois, de Mai à Août. Les températures diurnes et nocturnes sont respectivement de près de 30°, la moyenne étant de 25°C. Le sol de la Région de Mbujimayi est constitué de 80 % de sable et de 7 à 15 % d'argile. C'est donc un sol sablonneux à structure meuble ; l'épaisseur de cette couche peut aller au-delà de 1 m, d'où il s'agit d'un sol favorable à l'infiltration. Les analyses du sol du champ expérimental donnent : le pH moyen de l'ordre de 6,7.

- La teneur moyenne en azote est de 178 Kg/ha faible par rapport au besoin de la culture du maïs qui est de 240 Kg/ha.

La teneur moyenne en phosphore est de 25 kg/ha faible par rapport au besoin de la même culture du Maïs qui est de 90 Kg/ha.

- La teneur en potassium est de 85,5 Kg faible par rapport au besoin de la même culture qui est de 270 Kg/ha.

La végétation sur les Hinterlands ou en pleine ville de Mbujimayi, est constituée des arbres fruitiers, d'arbres ornementaux, de pelouses et des herbes diverses. La végétation sur les hinterlands ou en pleine ville de Mbujimayi, est constituée des arbres fruitiers, d'arbres ornementaux, de pelouses et des herbes diverses. Le relief dominant de la ville de Mbujimayi est le plateau, mais il devient accidenté ça et là à cause des ravins du fait de manque des canaux d'évacuation et de mauvais drainage des eaux.

Matériel : Le matériel biologique qui a été utilisé dans cet essai, était constitué de semences de deux variétés de maïs à savoir : QPM (Mudishi 3) et Salongo 2. A ce matériel, il faut ajouter le petit outillage de travaux manuels de défrichage et d'installation d'un champ notamment houe, machette, corde, décamètre et une balance pour effectuer de pesées. Comme matériel fertilisant, il a été fait usage dans cet essai, de la fumure minérale de DAP + Urée, et de la fumure organique de *Tithonia diversifolia*.

Méthodes

Dispositif expérimental : L'essai a été installé selon un dispositif expérimental en split-plot dont les variétés constituaient le facteur principal et les fumures étaient le facteur secondaire. Le dispositif comprenait ainsi trois blocs avec quatre parcelles chacun. La superficie de chaque parcelle était de 6 m² (2 m x 3 m) pour 209 m² de superficie totale avec 1 m entre les blocs et 0,5 m entre les parcelles.

Facteur Principal (variétés)

Variété 1 : QPM (Mudishi 3)

Variété 2 : Salongo 2.

Facteur Secondaire (Fumures)

To : Témoin

T1 : DAP + Urée

T2 : Tithonia

T3 : Tithonia et DAP + Urée

Itinéraire technique

- Préparation du terrain : Elle a consisté dans le défrichage, suivi de la délimitation du terrain, du labour à la houe sur une profondeur de 25 cm. Le hersage a servi à l'ameublissement du sol, il a été effectué au moyen d'un râteau. Tous ces travaux ont été réalisés du 23 au 26 Septembre 2013.

- Enfouissement de la matière organique : L'opération d'enfouissement de la matière organique a été effectuée le 27/09/2013. Une balance a été utilisée pour le pesage des feuilles de *Tithonia diversifolia* et la bêche pour enfouir les feuilles. Ces feuilles ont été enfouies à 30 cm de profondeur dans les parcelles prévues pour ce traitement : T2 avec 6 kg de Tithonia à raison de 1 kg/m² et T3 avec 3 Kg de Tithonia à raison de 0,5 kg/m². Après enfouissement, deux semaines se sont écoulées avant de faire le semis pour faciliter une bonne décomposition de cette matière organique.

- Épandage d'engrais minéraux : L'épandage du Diammonium de Phosphate (DAP) en localisation a eu

lieu le 02/11/2013, soit 21 jours après le semis, à raison de 2 grammes par plant de maïs, soit 540 grammes par superficie utile et 100 kg/ha.

L'urée a été épandue le 23/11/2013, soit 42 jours après le semis, à raison de 2 grammes par plant de maïs, soit 540 grammes par superficie utile et 100 Kg/Ha.

Le semis : Le semis est intervenu le 12/10/2013 aux écartements de 75 cm x 50 cm à raison de deux grains par poquet.

Le regarnissage des vides : Il a été procédé au regarnissage de vides le 19/10/2013 pour atteindre un taux de levée de 100 %.

Le sarclo-binage : Ces deux opérations combinées ont été effectuées à l'aide d'une houe en date du 31/10/2013 et du 25/11/2013.

Récolte : L'opération de la récolte a eu lieu après le prélèvement de tous les paramètres végétatifs le 13/01/2014.

Observations réalisés : Elles ont porté sur les paramètres végétatifs à savoir : le taux de levée (%), le diamètre au collet (mm), la hauteur des plants (mm), longueur de feuilles (cm) et le nombre de feuilles.

Les observations ont aussi porté sur les paramètres de production comme : le nombre de rangées par épi, le nombre de grains par rangées, le poids de 100 graines, le rendement parcellaire (kg) et le rendement à l'hectare.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 1 : Effets des fumures sur les paramètres végétatifs de la culture du maïs

Variétés	Fertilisants	Taux de levée (%)	Diamètre au Colet (mm)	Hauteur de plants (mm)	Longueur de feuille (cm)	Nombre
V1	To (Témoin)	73,03 ab	3,7 c	126,33 c	101,57 c	
	T1 (DAP+Urée)	65b	4,36 b	158 b	103,63 bc	
	T2 (Tithonia)	85,4 a	5a	156,33 b	107 ab	
Moyenne	T3 (DAP + Urée et Tithonia)	75 ab	4,9 a	157,33 b	110,10 a	
V2	To (Témoin)	73,11 a	4,44 a	149,50 a	105,58 a	
	T1 (DAP+Urée)	76,03 ab	3,83 c	157,67 b	101,40 c	
	T2 (Tithonia)	78,13 ab	4,36 b	145,67 a	105,70 b	
	T3 (DAP + Urée, Tithonia)	81,27 ab	4,83 a	204 a	110,33 a	
Moyenne		80,20 ab	4,8 a	204,67 a	110,47 a	
		78,91 a	4,45 a	140,50 a	106,98 a	
C.V (%)		21,93	2,91	3,22	1,87	

Les moyennes suivies d'une même lettre dans les colonnes, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % de probabilité selon le test LSD.

Tableau 2 : Effets des fumures utilisées sur les paramètres de production de la culture du maïs

Variétés	Fertilisants	Nombre de rangées par épi	Nombre de grains par rangée	Poids de 100 Graines	Rendement parcellaire (Kg)	Rendement à l'hectare (T)
V1	To (Témoïn)	13 b	38,67 ab	31,37 ab	0,79 b	1,32 b
	T1 (DAP+Urée)	14 ab	33,67 b	32,23 ab	1,19 b	1,98 ab
	T2 (Tithonia)	15 a	37,4 a	33,10 a	1,59 a	2,65 a
	T3 (DAP + Urée et Tithonia)		33,13 a	33,13 a	1,00 a	3,17 a
Moyenne		15 a	36,63 a	32,46 a	1,37 a	2,28 a
V2	To (Témoïn)	14 ab	35,33 b	28,10 c	0,82 b	1,37 b
	T1 (DAP+Urée)	14 ab	42,27 a	29,13 bc	1,07 b	1,78 ab
	T2 (Tithonia)	15 a	36,57 cd	29,83 b	0,77 a	1,92 a
	T3 (DAP + Urée, Tithonia)	15 a	38,7 ab	29,46 b	1,70 a	2,84 a
Moyenne		14 a	38,22 a	29,13 b	1,10 a	1,83 a
C.V (%)		5,17	9,30	2,85	9,04	10,56

Les moyennes suivies d'une même lettre dans les colonnes ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % de probabilité selon le test LSD.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux variétés pour les deux types de paramètres (végétatifs et de production). A l'exception de la hauteur de plants pour les paramètres végétatifs et du poids de 100 grains pour les paramètres de production. La différence entre les deux variétés est significative, la variété Salongo 2 donne des plants avec une hauteur plus grande que les plants de la variété Mudishi 3. La variété Mudishi 3 donne des grains avec un poids supérieur aux grains de la variété Salongo 2. Pour les autres paramètres les deux variétés se sont

comportées de la même manière. Au niveau de fumures, l'Association DAP + Urée et le *Tithonia diversifolia* (fumure intégrée) donne des moyennes plus élevées que les autres fumures qu'il s'agisse de paramètres végétatifs ou de paramètres de production dans les deux variétés. Le *Tithonia diversifolia* vient en seconde position dans le classement de ces fumures, donnant des moyennes plus élevées que les deux autres fumures pour les paramètres végétatifs tout comme pour les paramètres de production

DISCUSSION

Les deux variétés de maïs (Mudishi 3 et Salongo 2) se sont comportées de la même manière à l'exception de la hauteur de plants pour les paramètres végétatifs et du poids de 100 grains pour les paramètres de production. La différence entre la variété Mudishi 3 et les autres variétés, réside essentiellement dans la richesse de la 1^{ère} en protéines spécifiquement la lysine et le tryptophane (acides aminés essentiels) (Bressani, 1991). Cependant, la variété MUDISHI présente à peu près les mêmes caractéristiques que les autres variétés (Vivek et al., 2008, p. National Research Council, 1988, Bjarnason et Vasal, 1992). Toutes ces considérations expliqueraient les résultats obtenus. En ce qui concerne la hauteur de plants, la sélection de variétés

à hauteur moins élevée est la tendance actuelle dans les travaux d'amélioration, elle s'inscrit dans les moyens de lutte contre la verse. Cette stratégie pourrait bien expliquer que la variété Salongo ait les plants avec une grande hauteur que les plants de la Mudishi 3 (Tshilenge, 2014). En ce qui concerne les fumures, l'association (Tithonia et le DAP+ Urée) donne de valeurs plus élevée que les autres fumures, il s'agit de la fumure intégrée, une approche actuellement recommandée, ayant fait ses preuves dans d'autres régions tropicales (Kimani et al., 2007). Quant au *Tithonia diversifolia* il s'est révélé comme une bonne fumure organique sur la productivité du maïs au Kenya (Jama et al., 2000). Ainsi, les résultats confirment ceux

enregistrés au Kenya et dans les autres régions sous

les tropiques.

CONCLUSION

Cette étude était intitulée : Contribution à la gestion intégrée de la fertilité du sol pour la culture du maïs (*Zea mays*) dans la Région de Mbujimayi (Partie méridionale de la RD.Congo). Elle a eu pour objectifs :

(1) Déterminer si la fumure intégrée (Tithonia et DAP + Urée) donne un rendement plus élevé que les autres fumures sur la culture du maïs, (2) Comparer la variété Mudishi 3 et la variété Salongo. A l'issue de l'expérimentation qui a été conduite selon le dispositif en split plot, les résultats ci-après ont été enregistrés :

- l'association (Tithonia et DAP + Urée) donne le rendement de 3,17 Tonnes / Ha comparativement à 2,65 tonnes / Ha, 1,98 tonnes / ha et 1,32 tonnes / ha respectivement avec le Tithonia, le DAP + Urée et le témoin par rapport à la variété Mudishi 3.

- Elle donne aussi le rendement de 2,84 tonnes / ha comparativement à 1,92 Tonnes/ha, 1,78 tonnes et 1,37 tonnes/Ha, respectivement avec le Tithonia, le

DAP + Uré et le témoin par rapport à la variété Salongo.

Donc, l'association (Tithonia et DAP + Urée) donne un rendement plus élevé que les autres fumures. La variété MUDISHI se comporte globalement de la même manière que la variété Salongo 2 à l'exception de sa richesse en protéines (lysine et tryptophane). Ainsi donc, la fumure (Tithonia et DAP + Urée) est à recommander aux producteurs du maïs de la région de Mbujimayi, dans la mesure où ils peuvent se procurer les engrais minéraux (DAP + Urée) en quantité plus réduite pour une bonne production locale de cette denrée de base. Sinon, ils peuvent bien se contenter de la fumure organique avec le *Tithonia diversifolia*. A cause de sa richesse en lysine et tryptophane, acides aminés essentiels dont les autres variétés présentent une déficience, la culture de la variété QPM 3 et doit être recommandée et ceci s'inscrit dans la lutte contre la malnutrition qui sévit dans la Région de Mbujimayi

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme, 2012 : Service National de Semences (SENASA) en collaboration avec le projet CTB / MINAGRIDER, Appui au secteur semencier ;

Bressani, R., 1991 : Nutritional value of high – lysine maize in humans. In : Cereals food Word 36 : 806 – 811 ;

Defoer T., Kante S., Hilhorst T., and de Groote, H. (eds) 2008, Managing soil fertility. A resource Guide for participatory Learning and Action Research Royal Tropical Institute, Amsterdam

Dommergues Y.R, Duhoux E. and Hoang G. 1999 : Arbres fixateurs d'azote : caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux, ED. Espace 34, p. 99 ;

FAO, 1986 : « Les cultures vivrières » in bon usage des engrais minéraux, Kinshasa

Hilhorst T. and Toulmin C., 2000 : Integrated Soil Fertility Management. Policy and Best practice Document No. 7. Ministry of Foreign Affairs. The Hague, Netherlands

Ikerra S.T, SEMU E., et MRENA J.P 2007 : Combining *Tithonia diversifolia* and minjingu phosphate rock for improvement of P availability and maize grain yield on a chronic acrisol in

Morogoro, Tanzania. In: Bationo A., Waswa B. Kihara J. et Kimetu J. (eds) 2007. Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities, Springer, the Netherlands, pp333-344.

Karunditu M.W., Mugendi D.N, Kung'u J et Vanlauwe B., 2007 Fertilizer nitrogen recovery as affected by soil organic matter status in two sites in Kenya. In : Bationo A., Waswa B.; Kihara J. et Kimetu J. (eds) 2007. Advances in Integrated soil, Fertility Management in Sub Saharian African : Challenges and opportunities, Springer, the Netherlands, pp. 537 – 545

Kayuki C. and Wartman C.S, 2001 : Plant Materials for Soil, Fertility. Management in Sub Humid Tropical Areas. Agronomy Journal 93 (4) : 929 – 935 ;

Kimani S.K, Esilaba A.O., Odera M.M, Kimenye L., Vanlauwe B. et Bationo A., 2007. Effects of organic and mineral sources of nutrients in maize yields in three districts of central Kenya. In : Bationo A., Waswa B., Kihara J. et Kimetu J. (eds) 2007. Advances in Intergrated soil fertility Management in Subsaharan Africa :

- Challenges and Opportunities, Springer, The Netherlands pp. 353 – 357 ;
- Kimetu J.M, 2001: Détermination of Nitrogen Fertilizer Equivalent for Organic Materials Based on quality and Maize Performance at Kabete, Kenya. A thesis submitted to Kenyatta University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Environmental Studies in Agroforestry and Rural development. 64p
- Milan-Carillo J., 2007. Nutritional Properties of Quality Protein Maize and chickpeas Extruded Based. *Plant foods for human nutrition* 62:31-37
- Van Noordwijk M., Cadish G. and Ong O.K., 2004. *Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems: Concepts and Models with Multiple Plant components*. Massachusetts. CAB/Publishing. ISBN: 0851996736. 127-142 pp.