

Applications complémentaires des fumiers de poules et des engrais minéraux dans la culture de gombo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) à Lubumbashi : influence sur la croissance et le rendement.

Kitabala M. A.^{1*}, Mpundu M. M.², Baboy L. L.^{2,5}, Tshala U. J.¹, Kalenda M. A.⁴, Kasongo K. A.¹, Munikisa F. R.³, Nyembo K. L.²

Paper History

Received:
May 03, 2017

Revised:
June 19, 2017

Accepted:
August 10, 2017

Published:
September 2017

Keywords:

Chicken manure, mineral fertilizer, Soil productivity, okra, Lubumbashi

ABSTRACT

Complementary applications of chicken manure and mineral fertilizers in the cultivation of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Lubumbashi: influence on growth and yield.

Natural soil-genetic processes coupled with anthropogenic factors degrade soils fertility, resulting in low yields in vegetable crops. To test this, a split plot design was conducted in Lubumbashi to evaluate the effects of chicken manure (0; 1.75; 3.5 and 7 T.ha⁻¹) and chemical fertilizer (0; 150 Kg NPK + 100 Kg urea and 75 Kg NPK + 50 Kg urea) on the okra culture. Laboratory analyses reveal a richness of major elements in manure and deficient in soils. Soil with applied manure yielded similar results to fertilizer plots; implying that mineral fertilizers could be substituted by chicken manure. Similar yields of manure compared to control were attributed to slow decomposition of lignin from sawdust incorporated into chicken droppings, suggesting that the duration of composting should be taken into account for better manure recovery. In order to increase the incomes of market gardeners and promote their true economic development while maintaining soil fertility in long term, a contribution of 1.75 T.ha⁻¹ of manure would be most appropriate.

¹Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kolwezi, Kolwezi R.D. Congo.

²Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P 1825; Lubumbashi R.D. Congo.

³Consultant Chercheur Indépendant, Lubumbashi, R.D. Congo.

⁴Consultant Chercheur Indépendant, Ferme Agro-pastorale Tshabula, Mission Orthodoxe B.P. 408, Kolwezi, R.D. Congo.

⁵Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs - Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale, Université Libre de Bruxelles, B-1050 Bruxelles, Belgique.

* To whom correspondence should be addressed: joellemisongaalain@gmail.com

INTRODUCTION

Les ferralsols dont fait partie la majorité des sols de Lubumbashi sont profondément altérés [MUKALAY, 2016] et pauvres en matière organique [KASONGO et al., 2013]. Pour y cultiver, les agriculteurs font recours aux engrais chimiques en raison de leur plus grande efficacité agronomique [USENI et al., 2013 ; NYEMBO et al., 2014] ; cependant, leurs coûts prohibitifs les rend presque inaccessibles [USENI et al., 2013]. Bien plus, leur utilisation continue sans restitution des résidus de récolte au sol ou autre amendement organique, contribue à la dégradation de leur état de fertilité [NKONGOLO et al., 2015], système qualifié d'agriculture minière par la FAO [2003]. Pour l'Afrique, bien que plusieurs auteurs soient unanimes que la fumure organique reste la plus utilisée [MALTAS et al., 2012], sa mauvaise gestion et sa combinaison déséquilibrée avec les engrais chimiques réduit sensiblement l'efficacité agronomique [SAÏDOU et al., 2003]. Cette problématique est plus inquiétante en cultures légumières car relativement pratiquées sur de petites surfaces autour de grands centres et villes pendant que des rendements élevés sont attendus. La culture de gombo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) n'échappe pas à cette tendance. En effet, le gombo un légume à usage culinaire, nutritionnel et même médicinal [SAWADOGO et al., 2006] présente une valeur économique non négligeable [MARIUS et al., 1997 ; SHAMSUL & ARIFUZZAMAN, 2007], notamment sur les marchés de la ville à Lubumbashi où il est vendu à l'état frais

en période pluvieuse et à l'état sec en saison sèche [TSHOMBA et al., 2015]. Cependant, sa production en République Démocratique Congo, particulièrement dans le haut Katanga, confrontée à la pauvreté des sols, demeure faible. Devant une telle situation, il devient impératif de chercher de nouvelles alternatives pour accroître les revenus des maraichers et promouvoir leur développement économique, tout en maintenant à long terme la fertilité des sols. L'utilisation des fumiers paraît importante en vue du maintien de la fertilité du sol [USENI et al., 2014] au regard de leurs effets bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques de celui-ci, prouvés par plusieurs expérimentations [BATIONO & BUERKERT, 2001; BADO et al., 1997]. Son utilisation permet également de rendre plus efficace l'utilisation des doses modestes d'engrais minéraux [MUNA-MUCHERU et al., 2007] tout en augmentant les rendements des cultures. Ainsi, le but de cette recherche est d'évaluer le potentiel fertilisant des fumiers des poules combinés aux engrais minéraux dans la production du gombo pour tester si (1) les fumiers des poules sont une réserve importante de fertilisants pour élever la productivité des sols et accroître le rendement en culture maraichère (2) et que leur efficacité fertilisante dépend de la dose et de leur combinaison aux engrais minéraux.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La ferme Kassapa de l'Université de Lubumbashi (11°39' S et 27°28'

È) qui jouit d'un climat du type CW selon Köppen, comprenant une saison pluvieuse (Novembre -Mars), une saison sèche (Mai - Septembre) et deux mois de transition (Avril et Octobre), a été choisi comme site expérimental. La couverture pédologique du terrain est du type ferrallitique avec un pH généralement acide et pauvre en matière organique [KASONGO et al., 2013]. Avant l'installation de l'essai, le terrain était couvert de deux espèces de la famille de Poaceae (*Cynodon dactylon* (L.) Pers et *Imperata cylindrica* (L.) Rausch) et une espèce de la famille des Asteraceae (*Tithonia diversifolia* Hemsley).

Culture test utilisée, fumier des poules et engrais minéraux

Le matériel végétal utilisé est la variété Clemson Spinless de gombo, dont le cycle végétatif varie entre 80 et 120 jours. Cette variété est en outre caractérisée par une productivité élevée (4 à 8 T.ha⁻¹), une excellente résistance à la verse et une tolérance aux maladies [TSHOMBA et al., 2015]. Le fumier de poules utilisé est un mélange des fientes des poules et des sciures des bois obtenu à la ferme DAIPN/station Kilobelobe puis compostées à la surface du sol. La fertilisation minérale du gombo a été assurée par l'engrais NPK 10-20-10, complété par l'urée.

Méthodes

A l'aide d'une bêche, un échantillon composite de sol a été prélevé dans les parcelles expérimentales de manière aléatoire sur cinq points à une profondeur de 0-20 cm pour réaliser des analyses susceptibles de renseigner sur la fertilité chimique. Les échantillons de sol et le compost ont été séchés, broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine puis passés sur un tamis de 2 mm. Les analyses effectuées sur les échantillons du compost et du sol ont concerné le pH-eau selon la méthode AFNOR [1981], l'azote (N) selon la méthode Kjeldahl [MULAJI, 2011, ISO, 2006], le phosphore (P) total et assimilable par la méthode de Bray 1 [OKALEBO et al., 2002] et le potassium (K) par photométrie de flamme [OUATTARA, 2014].

Le labour a été effectué à l'aide d'un tracteur, deux semaines avant l'enfouissement des fumiers des poules. L'expérimentation a été conduite selon un dispositif en split plot à trois répétitions. Quatre quantités de compost ont été définies comme facteur principal (0; 1,75; 3,5 et 7 T.ha⁻¹) et trois doses d'engrais chimiques comme facteur secondaire (0; 150 Kg NPK + 100 Kg et 75 Kg NPK + 50 Kg urée). Les fumiers ont été enfouis à une profondeur de 10 cm [BEVACQUA & MELLANO, 1993]. Deux graines de gombo ont été semées en poquets aux écartements de 40 cm x 40 cm de manière à atteindre la densité de 125 000 plants/ha. L'épandage du NPK a été réalisé au même moment que le semis pendant que l'urée a été épandue 30 jours après semis. Deux sarclages ont été effectués à l'aide de la houe, le premier à 15 jours après semis et le second à 45 jours. En cours de végétation, la taille de plantes a été déterminée

tandis qu'à la récolte, qui était par ailleurs échelonnée, le nombre de fruits par plant, le poids, la longueur, le diamètre de fruits ainsi que le rendement en fruits ont été évalués.

Analyse statistique des données

Les données collectées relatives à l'étude ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à deux critères (paramètre en fonction de dose des fumiers et engrais chimiques) à l'aide du logiciel R version 2.14.0®. La comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Tukey à une probabilité de 5%.

RÉSULTATS

Il ressort des résultats des analyses chimiques des fumiers ainsi que du sol tel que mentionnés dans le **Tableau 1** que les fumiers sont relativement riches en azote, en phosphore et en potassium et conformes aux critères de la norme prescrite par la FAO et AFNOR tandis que le sol en contient moins (**Tableau 1**).

Tableau 1| Composition chimique de sol et fumiers des poules utilisés

Substrat	Sol	Fumiers	Norme FAO	Norme AFNOR
	pH	5,2	Nd	
N (NO ₃) (%)	0,224	2,3	0,4 - 0,5	> 0,25
P (P ₂ O ₅) (%)	0,0058	1		
K (K ₂ O) (%)	Nd	1,68	0,4 - 2,3	> 1

Nd : Non déterminé

Les doses croissantes des fumiers de poules induisent des effets similaires sur le nombre de fruits, la longueur des fruits, le diamètre de fruits et le rendement moyen en fruits du gombo (P>0,05). Par contre, la taille des plantes, ainsi que le poids de fruits du gombo ont été significativement améliorés par la dose de 3,5 tonnes fumiers de poules (P<0,05) (**Figure 1**).

Les résultats de **Figure 2** montrent que les diamètres de fruits similaires ont été enregistrés sur toutes les parcelles (P>0,05). Par contre, les engrais minéraux ont affectés positivement la taille des plantes, la longueur des fruits, le nombre des fruits par plant, le poids des fruits et le rendement moyen en fruits du gombo (p < 0,05). Ainsi, il se dégage que le poids de fruits et le rendement sont meilleurs sur les parcelles fertilisées à la dose de 150 Kg NPK + 100 Kg Urée et faible à la dose de 75 Kg NPK + 50 Kg Urée ; autrement dit toute réduction de la dose induit inévitablement une baisse de gain de rendement de 32,6 %.

Les résultats consignés dans le **Tableau 2** indiquent que la combinaison des fumiers de poules aux engrais chimiques a induit des effets significatifs uniquement sur le paramètre nombre et le

Tableau 2| Effets des apports combinés des fumiers de poule et des engrais minéraux sur la croissance et le rendement du gombo.

Fumiers de poules et engrais minéraux	Hauteur des plantes (cm)	Longueur de fruits (cm)	Diamètre de fruits (cm)	Poids moyen de fruits par parcelle (Kg)	Nombre de fruits par plante	Rendement (t.ha ⁻¹)	
F0	E0	30,2±0,62a	12,25±0,32a	3,38±0,12a	0,33±0,2c	31,77±9,48b	1,6±0,9a
	E1	28,60±0,43a	11,06±1,13a	3,9±0,32a	0,53±0,2d	18±2,64e	2,9±0,6a
	E2	29,73±1,07a	10,94±0,6a	3,7±0,19a	0,58±0,1d	26±2,60c	3,1±0,8a
F1	E0	30,76±1,03a	12,25±0,49a	3,36±0,12a	0,56±0,1b	34,11±4,47b	3±0,4a
	E1	29,23±0,77a	12,45±0,31a	3,44±0,01a	0,74±0,2c	35,55±8,72b	3,5±0,8a
	E2	28,13±0,93a	11,94±0,35a	3,12±0,10a	0,62±0,2c	27,22±8,44c	3,3±1,3a
F2	E0	31,16±0,83a	12,11±0,36a	3,44±0,13a	0,63±0,011b	39,88±4ab	3,5±0,6a
	E1	31,50±2,51a	12,08±0,18a	3,73±0,63a	0,96±0,3a	41,22±10,28a	5,1±2,21a
	E2	30,63±0,49a	11,25±0,32a	3,16±0,11a	0,50±0,1d	22,89±3,67d	3±0,8a
F3	E0	31,90±0,62a	13,04±0,22a	3,54±0,02a	0,55±0,1b	29±5,56c	2,5±0,1a
	E1	30,36±0,11a	12,64±0,34a	3,44±0,18a	0,99±0,2a	40,44±5,96a	5,6±1,7a
	E2	29,30±0,6a	10,64±1,34a	2,92±0,33a	0,25±0,04e	12,88±2,79f	2,5±0,2a
P	0,160	0,077	0,364	0,011	0,003	0,139	

Moyennes ± écart-type. Les moyennes affectées de différentes lettres indiquent de différence significative après le test de Tukey (P=0,05). E0 = sans engrais minéral; E1 = 150kg NPK + 100 kg Urée; E2 = 75 kg NPK + 50 kg urée; F0 = sans biodéchets; F1 = 1,75 tonne biodéchets; F2 = 3,5 tonnes biodéchets et F3 = 7 tonnes biodéchets.

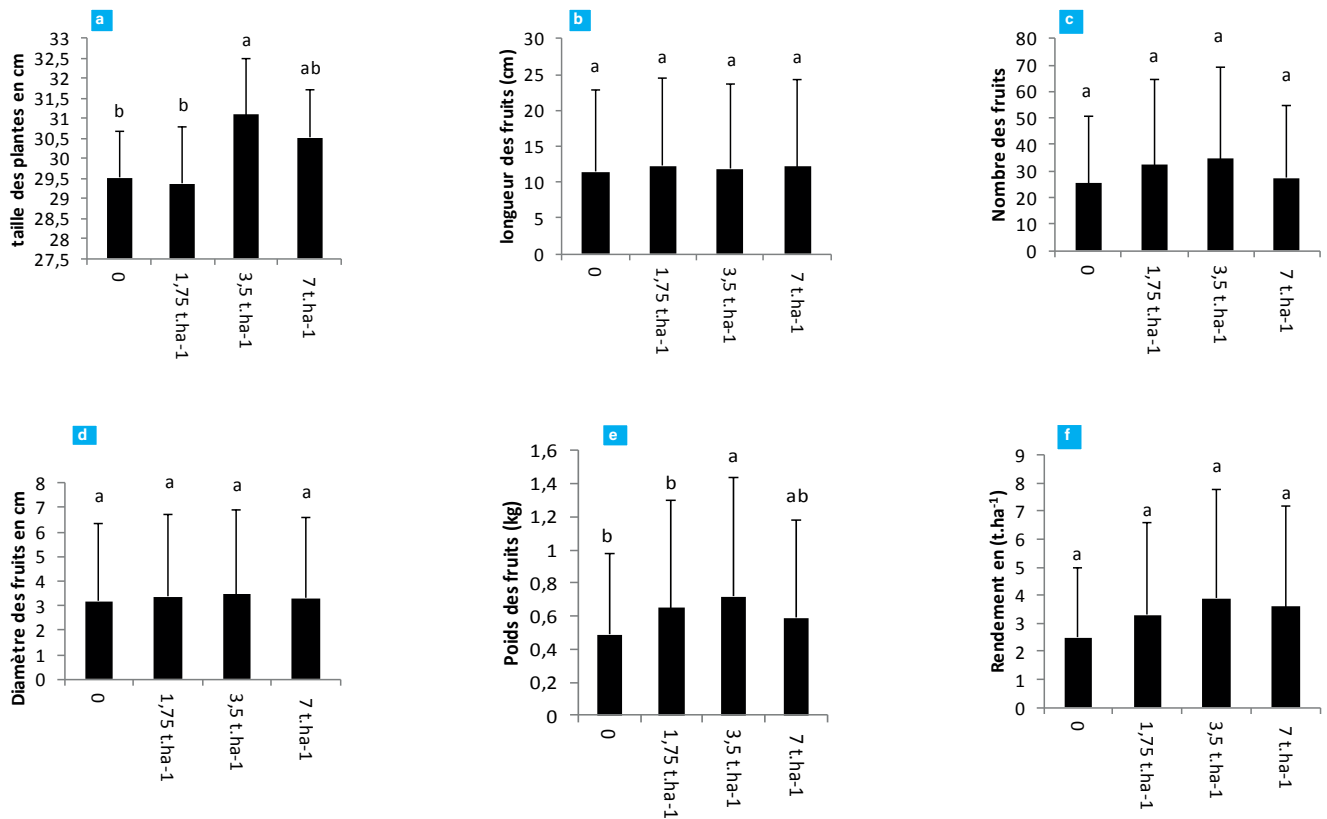


Figure 1 | Effets des doses croissantes des fumiers de poules sur le comportement du gombo.

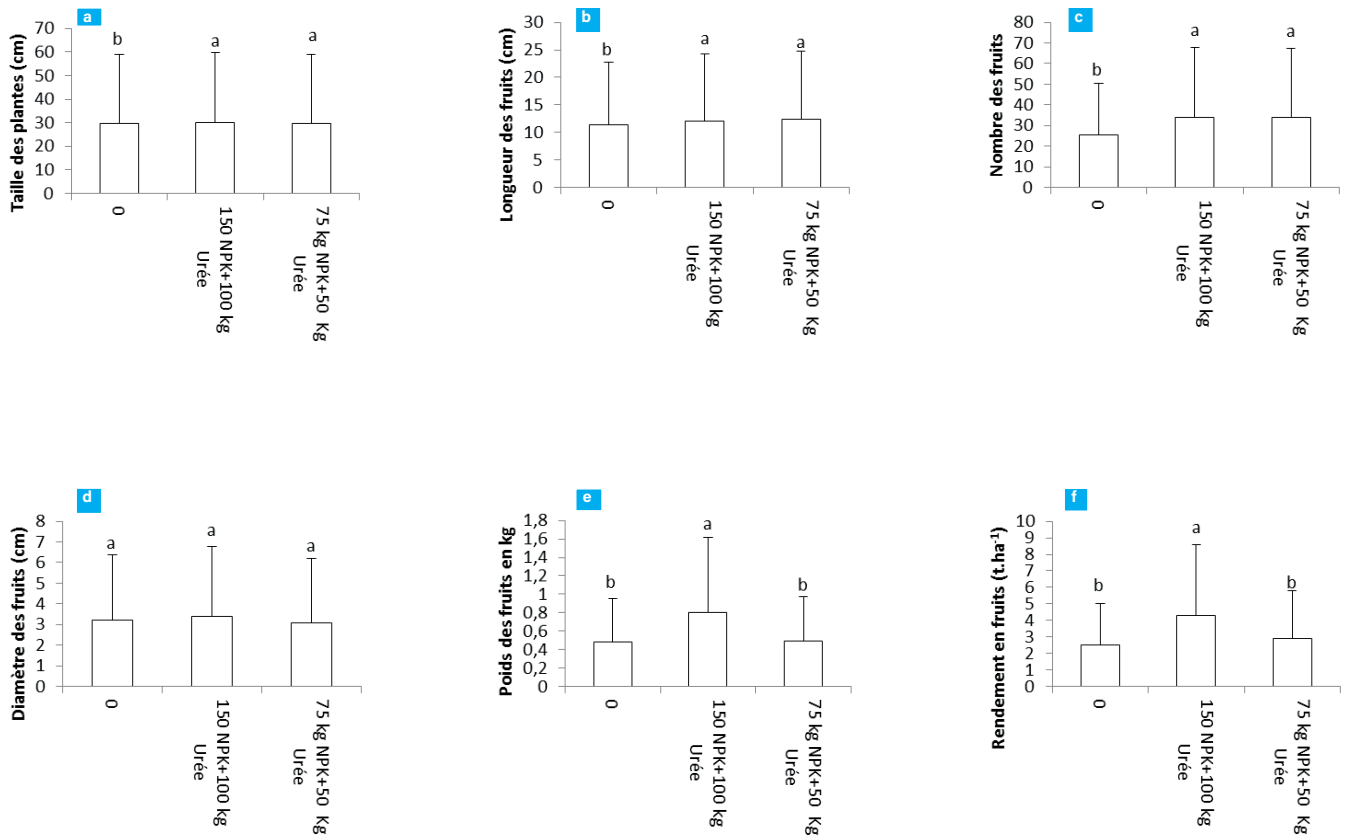


Figure 2 | Effets des doses croissantes des engrais minéraux sur le comportement du gombo.

poids de fruits du gombo ($P < 0,05$). Il se dégage que les combinaisons E1F2 et E1F3 ont permis d'obtenir près de 34,37 % et 44,4% de gain par rapport à F2E0 et F3E0. Par contre, pour le rendement, le diamètre de fruits, la longueur de fruits et la taille des plantes, la combinaison des fumiers des poules aux engrais minéraux induit les mêmes effets ($P > 0,05$).

Les moyennes affectées de différentes lettres indiquent de différence significative après le test de Tukey ($P = 0,05$). E0 = sans engrais minéral; E1 = 150Kg NPK + 100 Kg Urée; E2 = 75 Kg NPK + 50 Kg urée; F0 = sans biodéchets; F1 = 1,75 tonne biodéchets ; F2 = 3,5 tonnes biodéchets et F3 = 7 tonnes biodéchets.

Les résultats consignés dans le **Tableau 2** indiquent que la combinaison des fumiers de poules aux engrais chimiques a induit des effets significatifs uniquement sur le paramètre nombre et le poids de fruits du gombo ($P < 0,05$). Il se dégage que les combinaisons E1F2 et E1F3 ont permis d'obtenir près de 34,37 % et 44,4% de gain par rapport à F2E0 et F3E0. Par contre, pour le rendement, le diamètre de fruits, la longueur de fruits et la taille des plantes, la combinaison des fumiers des poules aux engrais minéraux induit les mêmes effets ($P > 0,05$).

DISCUSSION

Les résultats sur la teneur en azote sont contraires aux résultats observés par les Chambres d'Agriculture de Bretagne en 2007. Selon leur étude, la teneur en azote était faible lorsque les fumiers sont mélangés à la sciure sèche. Celle observée par cette étude est plus élevée que la concentration du phosphore et du potassium et conformes aux critères de la norme prescrite par la FAO [2005] et AFNOR [2002]. Ceci serait vraisemblablement dû à l'alimentation riche en protéines des poules et la qualité de sciure de bois utilisée. Par ailleurs, le sol étant pauvre comme l'ont montré les résultats de l'étude pédologique du site expérimental alors que les fumiers sont riches, leur apport améliorerait les propriétés du sol et l'augmentation du rendement des cultures, ce qui justifierait leur valorisation en agriculture urbaine. La taille des plantes élevée sur les parcelles fertilisées aux engrais chimiques que celles fertilisées aux fumiers est expliquée par la forme de l'azote apportée [NYEMBO et al., 2014 ; USENI et al., 2014 ; KITABALA et al., 2016]. En dépit du fait que de fortes teneurs en phosphore, en azote et en potassium soient contenues dans les fumiers, leur application n'induit pas des différences significatives sur le rendement de gombo, quelle que soit la dose. Cet état de fait est attribué à la durée de compostage. En effet la sciure mélangée aux fientes des poules aurait une teneur élevée en lignine, un polymère composé de phényle propane dont la décomposition est très lente [KHAN et al., 2014 ; LUMPUNGU et al., 2016]. L'efficacité de la fertilisation minérale a été mise en évidence par l'accroissement des rendements, quelles que soient les doses considérées. L'accroissement des rendements par la fertilisation minérale dénote une bonne réponse du sol aux engrais minéraux, surtout après les amendements organiques [SAWADOGO et al., 2008]. De ce fait, les interactions positives ont été notées avec le poids de fruits et le nombre des fruits par plant bien qu'une différence sur rendement n'ait pas été mise en évidence. Ces résultats seraient dus à la forte teneur du phosphore dans les fientes des poules. En effet, le phosphore est un élément important pour la production des fruits [FAO, 2000]. Ainsi, le nombre de fruits par plant peut être considéré comme l'une des composantes de la production parcellaire. L'effet favorable du phosphore sur la fructification a été aussi observé par plusieurs auteurs [NZUKI et al., 2011 ; USENI et al., 2014 ; KITABALA et al., 2016].

Avec les engrais chimiques, le rendement de gombo est 3,2 contre 3,1 T.ha⁻¹ rendement moyen dans la parcelle fertilisée au fumier ; ce qui signifie que l'on peut produire les gombos avec les fumiers au même titre qu'avec la fumure minérale. Ces résultats seraient liés à l'action combinée des fumiers (effet amendement et effet fertilisant). En plus, à l'inverse d'un engrais chimique (NPK), les fumiers apportent les éléments mineurs et les oligo-éléments, bref, une alimentation plus équilibrée des cultures que les engrais

chimiques [USENI et al., 2014]. Ces résultats rencontrent ceux de NZUKI et al. [2011]. Plusieurs études ont montré l'effet bénéfique de la fiente ou de la litière de volaille sur la croissance et la production avec d'autres cultures. PAMO et al. [2005] au Cameroun ont montré que des fumiers de poule à la dose de 125g/plant ont induit un rendement maximal, comparé à l'engrais NPK et à l'association fientes-NPK, ce que confirme également cette étude. Des rendements compétitifs attestent que les fumiers ont démontré leur capacité de restaurer la fertilité du sol par sa richesse en nutriment capable d'augmenter le rendement de gombo. Dans les conditions de la région de Lubumbashi, USENI et al. [2012] ont obtenu des résultats similaires sur la culture de maïs avec utilisation de fumiers de poules comme biodéchets.

CONCLUSION

Le but de cette recherche est d'étudier le potentiel fertilisant des fumiers des poules combinés aux engrais minéraux. Cette étude confirme que le fumier a une teneur élevée en nutriments qui pourrait combler le besoin de la culture du gombo, surtout que les sols étudiés sont pauvres. Ainsi, il est apparu que les fumiers améliorent les rendements aux mêmes niveaux que les engrais chimiques. Ces résultats paraissent intéressants pour les maraîchers de Lubumbashi car beaucoup d'entre eux n'ont souvent pas de ressources financières pour l'achat des engrais chimiques. En outre, le rôle du fumier dans la restauration des sols et la production végétale observée sont des atouts pouvant justifier l'intensification de sa vulgarisation en production maraîchère. Des rendements similaires entre les doses de compost comparées au témoin sont attribués à la vitesse lente de la décomposition de lignine de la sciure de bois incorporée aux fientes des poules, ce qui implique que le temps de compostage doit être pris en compte pour leur meilleure utilisation. Il est apparu pour cette étude que toute réduction de la dose minérale dans le système de production du gombo induit inévitablement une baisse de gain de rendement de 32,6 %. L'usage de la faible dose des fumiers (1,75 T.ha⁻¹) conviendrait le mieux dans le souci d'accroître les revenus des maraîchers et de promouvoir leur véritable développement économique, tout en maintenant à long terme la fertilité des sols.

RÉSUMÉ

Les processus pédogénétiques naturels des sols couplés aux facteurs anthropiques dégradent la fertilité des sols, ce qui se traduit par des faibles rendements en cultures légumières. Pour relever cela, un essai a été conduit à Lubumbashi, selon un dispositif split plot afin d'évaluer les effets de fumiers des poules (0 ; 1,75 ; 3,5 et 7 T.ha⁻¹) et d'engrais chimiques (0 ; 150 Kg NPK + 100 Kg urée et 75 Kg NPK + 50 Kg urée) sur la culture de gombo. Les résultats des analyses au laboratoire révèlent une richesse des fumiers en éléments majeurs pendant que les sols en sont déficitaires. Apportés aux sols, les fumiers ont permis d'obtenir des rendements similaires à ceux réalisés sur les parcelles fertilisées aux engrais chimiques ; ce qui implique que les engrais minéraux pourraient être substitués par les fumiers de poules. Des rendements similaires observés entre les doses des fumiers comparés au témoin sont attribués à la décomposition lente de lignine de la sciure de bois incorporée aux fientes des poules, suggérant que la durée de compostage devrait être prise en compte pour une meilleure valorisation des fumiers. Dans le souci d'accroître les revenus des maraîchers et promouvoir leur véritable développement économique, tout en maintenant à long terme la fertilité des sols, l'apport de 1,75T.ha⁻¹ de fumier conviendrait le mieux.


Mots clés : Fumiers de poules, engrais minéraux, productivité des sols, gombo, Lubumbashi

REFERENCES ET NOTES

- AFNOR. [1981]. Détermination du pH. (Association française de normalisation) NF ISO 103 90. In: AFNOR, Qualité des sols, Paris, 339-348.
- AFNOR [2002]. French Standard U 44-095. Organic soils improvers-composts

- containing substances essential to agriculture, stemming from water treatment, AFNOR, Saint-Denis-la-Plaine, France.
- BADO B.V., SEDEGO M.P., CESCAS M.P., LOMPO F. et BATIONO A., [1997].** Effets à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina-Faso. *Cahiers Agricultures* 6: 571-575.
- BATIONO A. and BUERKERT A., [2001].** Soil Organic matter management for sustainable land use in the West African Sudano-Sahelian Zone. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 61: 131-142.
- BEVACQUA R.F. and MELLANO V.J. [1993].** Crop response to sewage sludge compost: a preliminary report. *California Agriculture* 47 (3): 22-24.
- C.A.B [2007].** Les bonnes pratiques d'épandage du fumier. *Pôle Agronomie - Productions Végétales des Chambres d'Agriculture de Bretagne*, 29 p.
- FAO, [2000].** Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. *Fourth edition. FAO, Rome*, 34 p.
- FAO, [2003].** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. *Rome, Italie*, 63 p.
- FAO., [2005].** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. *Documents de travail sur les terres et les eaux. Rome, Italie*, 51 p
- ISO 10694, [2006].** Part III a Sampling and Analysis of Soil – Determination of organic matter content. ISO, Geneva.
- KASONGO L.E., MWAMBA M.T., TSHIPOYA M.P., MUKALAY M.J., USENI S.Y., MAZINGA K.M et NYEMBO K.L. [2013].** 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 Ferralisol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 63: 4727 – 4735.
- KHAN N., CLARK I., SANCHEZ-MONEDERO M.A., SHEA S., MEIER S. and BOLAN N. [2014].** Maturity indices in Co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. *Bioresource Technology*, 168: 245-251.
- KITABALA M.A., TSHALA U.J., KALENDA M.A., TSHIJIKA I.M et MUFIND K.M. [2016].** Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 102: 9669 – 9679.
- LUMPUNGU C.K., BIENAYAKU V., MUFWAYA C.K. et FALASI N. [2016].** La sciure de bois, un déchet à valoriser pour l'agriculture en R.D. Congo. *Congo Sciences*, 4(1) : 57-60.
- MALASSE F., [1990].** La couverture végétale de Lubumbashi. In Bruneau J.C., Pain M., (Ed), *atlas de Lubumbashi. Edition publidix, université Paris X-Nanterre*, pp 30-31.
- MALTAS A, OBERHOLZER H., CHARLES R et SINAJ S. [2012].** Effets à long terme des engrais organiques sur les propriétés du sol. *Recherche Agronomique Suisse*, 3(3): 148-155.
- MARIUS C., GERARD V. et ANTOINE G. [1997].** Le gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, une source possible de phospholipides. *Agronomie et Biotechnologies. Oléagineux, corps gras, lipides*, 4(5): 389-392.
- MUKALAY M. H. J. [2016].** Identification et classification des sols sous les nouvelles normes et étude de bio-identification et restauration des unités dégradées dans la zone agricole du Haut-Katanga/R.D. Congo. *Thèse de Doctorant en Sciences Agronomiques Université de Lubumbashi. Inédit*, 255 p.
- MULAJI K.C. [2011].** Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). *Thèse de doctorat, Université de Liège-Gembloux Agro-Biotech*, 220 p.
- MUNA-MUCHERU M., MUGENDI D., KUNG'U J., MUGWE J. and BATIONO A. [2007].** Effects of organic manure and mineral fertilizer inputs on maize yield and soil chemical properties in a maize cropping system in Meru South District, Kenya. *Agroforestry Systems*, 69: 189-197.
- MUNYEMBA F.K. et BOGAERT J. [2014]** Anthropisation et dynamique spatiotemporelle de l'occupation du sol dans la région de Lubumbashi entre 1956 et 2009. e-revue UNILU, 1 : 13-23.
- NKONGOLO M.M., MUKENDI K.R., TSHIMBOMBO C.J., MUTOMBO T. J. M. et KALAMBAIE B.M.M. [2015].** Étude comparative de quelques fertilisants (*Bat-guano* et *DAP*) sur le rendement du niébé (*Vigna unguiculata, L. Walp.*) dans la région de Gandajika (RDC). *Journal of Applied Biosciences*, 92: 8651 – 8658.
- NYEMBO K.L., KISIMBA M. M, MWAMBA M T, LWALABA WA LWALABA J., KANYENGA L., A., NTUMBA K. BECKER., MPUNDU M. M et LONGANZA B. L., [2014].** Effets de doses croissantes des composts de fumiers de poules sur le rendement de chou de Chine (*Brassica chinensis L.*) installé sur un sol acide de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 77: 6509 – 6522.
- NYEMBO K.L., USENI S.Y., CHINAWAJ M.M.D., KYABUNTU I.D., KABOZA Y., MPUNDU M.M. et BABOY L.L. [2014].** Amélioration des propriétés physiques et chimiques des sols sous l'apport combiné des biodéchets et des engrais minéraux et influence sur le comportement du maïs (*Zea mays L. var Unilu*). *Journal of applied Bioscience*, 74: 6221- 6130.
- NZUKI B.F., KINKWONO E.K. et SEKLE B.G. [2011].** Utilisation du guano comme substitut du Di-ammonium Phosphate (DAP) dans la fertilisation du soja et de la tomate en République Démocratique du Congo. *Tropicicultura*, 29 (2): 114-120
- OKALEBO, J.R., GATUA K. and WOOPER P.L. [2002].** Laboratory methods of soil and plant analysis: a working manual. *Second edition, SACRED Africa, Nairobi, Kenya*, p 128.
- OUATTARA S. [2014].** Diagnostic des pratiques de valorisation agronomique de substrats organiques dans la zone urbaine et périurbaine de la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Mémoire de fin de cycle*, 77 p.
- PAMO E.T., BOUKILA B., TONFACK L.B., MOMO M.C.S., KANA J.R et TENDONKENG F. [2005].** Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. dans l'Ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (3): 53-62.
- PAUWELS, J.M., VAN RANST, E., VERLOO, M. et MVONDO Z.E A. [1992].** Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'analyses des sols et des plantes, Equipement, Gestion de stocks de Verrerie et des Produits Chimiques. *Publication agricole* 28, AGCD, Dschang-Bruxelles, p 265.
- SAIDOU A., JANSSEN B.H and TEMMINGHOFF E.J.M. [2003].** Effects of soil properties and NPK fertilizer on maize yields and nutrients budgets on ferralitic soils in Southern Benin. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100: 165-273.
- SAWADOGO H., BOCK L., LACROIX D. et ZOMBRE N.P., [2008]** Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zai et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 (3): 279-290.
- SAWADOGO M., NANA R, TAMINI Z. et SORNE P.P., [2010].** Etude morphologique comparative de cinq variétés de gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) soumises à un stress. *Journal Science*, 10(3) 28 – 38
- SAWADOGO M., ZOMBRE G. et BALMA D., 2006.** Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 10 (1): 43-54.
- SHAMSUL A. and ARIFUZZAMAN K., [2007].** Chemical Analysis of Okra Bast Fiber (*Abelmoschus esculentus*) and Its Physico-chemical Properties. *Journal of textile and Apparel, Technology and management*, 5 (4): 1-9.
- TSHOMBA K. J., ESOMA O.B., MUYAMBO M.E, USENI S.Y et NYEMBO K.L. [2015].** Facteurs influençant le profit de la culture de gombo dans les conditions pédo-climatiques et socio-économiques de Lubumbashi en RDC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12 (4): 820-830.
- USENI S Y, MWAMBA I.G, MWAMBA M.T, NTUMBA K.B, LWALABA W-L.J., ASSANI B.L.M, KANYENGA L.A. et BABOY L.L., [2014].** Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. *Journal of Applied Biosciences*, 77: 6523 – 6533.
- USENI S.Y, BABOY L.L, NYEMBO K.L. et MPUNDU M.M., [2012].** Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays L.* cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54: 3935 – 3943.

USENI S.Y., CHUKIYABO K.M., TSHOMBA K.J., MUYAMBO M.E., KAPALANGA K.P., NTUMBA N.F., KASANGIJ K.P., KYUNGU K.A., BABOY L.L., NYEMBO K.L. *et* MPUNDU M.M. [2013]. Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 66: 5070 – 5081.

 This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>