



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

**Rendement en feuilles et racines de trois variétés améliorées de manioc
(*Manihot esculenta* Crantz) en réponse aux fertilisants organo-minéraux et à
la récolte des feuilles au Sud-Ouest du Nigeria**

Marielle Laurentine Moita NASSY^{1,2*}, Stefan HAUSER¹, Maria EGWEKHIDE¹,
Komlan BATAWILA², Peter KULAKOW¹ et Michael ABBERTON¹

¹Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Unité d'agronomie, Système Racines et Tubercules, BP 5320, Etat d'Oyo, Ibadan, Nigeria.

²Université de Lomé (Togo), Faculté des Sciences, Département de Botanique, Laboratoire de botanique et écologie végétale (LBEV), BP 1515, Lomé Togo.

*Auteur correspondant ; E-mail : mmoitanassy@yahoo.fr

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier SARD-SC (Support to Agricultural Research for Development of Strategic Crops in Africa), un projet multi-national du CGIAR-IITA dont le financement a permis à la réalisation de cette recherche.

RESUME

L'étude a été menée dans l'objectif d'évaluer la production de trois variétés améliorées de manioc en réponse à la récolte des feuilles et aux fertilisants NPK, compost et Compost-NPK. L'essai a été fait selon le dispositif en split-split plot, à blocs aléatoires complets à trois facteurs et trois répétitions. Les récoltes ont été réalisées à 3 mois et 5 mois après la plantation. La récolte finale a été faite à 12 Mois Après la Plantation (MAP). Le résultat montre qu'une différence non significative ($p > 0,05$) a été observée entre les variétés et entre les traitements fertilisants du rendement en feuilles sèches total. La moyenne totale du rendement en feuilles sèches s'élève à 1454,19 kg/ha au niveau du contrôle. Et ce rendement augmente en moyenne de 10,42% en présence du compost, 39,91% quand le mélange Compost-NPK a été appliqué et de 34,19% en présence de NPK. Le rendement racinaire varie significativement ($p < 0,05$) en fonction des variétés et traitement de récolte des feuilles. La perte moyenne de rendement sec due à la récolte des feuilles est de 3,86 t/ha soit 45,77%. La perte du rendement racinaire sec a été compensée en moyenne de 35,59% soit 1,64 t/ha par le mélange Compost-NPK, et 24,05% soit 1,11 t/ha quand le NPK a été appliquée. Parmi les variétés, deux répondent aux fertilisants et sont capables de compenser les pertes. L'IITA-TMS-IBA071393 serait un bon candidat pour les petits exploitants dépourvus de moyen d'intrant.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Géotypes de manioc, cueillette des feuilles, engrais organo-minéral, rendement, effet compensatoire.

Leaf and roots yields responses of three improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties to organo-mineral fertilizers and leaf harvest in the South-West Nigeria

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the leaf and root yield response to leaf harvest and the application of NPK fertilizer, compost and the combination of NPK plus compost of three improved cassava varieties. The experiment was a complete randomised split-split plot design with three factors and three replications. Leaf harvest was at 3 months and 5 months after planting (MAP). The final root harvest was at 12 MAP. The leaf dry matter yield was not significantly ($p > 0.05$) different between varieties and fertilizer treatments. The average leaf yield was 1454.19 kg/ha DM in control. Leaf yield increased by 10.42% when compost was applied, by 39.91% when compost plus NPK was applied and by 34.19% when only NPK was applied. Root yield was significantly ($p < 0.05$) affected by cassava variety and leaf harvest. Average root DM yield losses were 3.86 t/ha (45.77%) when leaves were harvested. Root DM yield loss was compensated to 35.59% (1.64 t/ha) when compost plus NPK fertilizer was applied and 24.05% (1.11 t/ha) when NPK was applied. Two varieties responded positively to fertilisers and were able to compensate for root yield losses. IITA-TMS-IBA071393 appears a suitable candidate for cassava farmers with small income because it did not require inputs.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cassava genotypes, leaves harvesting, organo-mineral input, yield, compensation effect.

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays africains, l'agriculture est sans aucun doute le secteur le plus important pour l'économie des pays non exportateurs de pétrole (Mkpado, 2013). Les racines et les tubercules, notamment le manioc, la patate douce, l'igname et la pomme de terre, sont parmi les cultures primaires les plus importantes (Lawrence et al., 2006). Elles constituent depuis longtemps la principale source d'alimentation et de nutrition pour la plupart des populations les plus pauvres et les plus sous-alimentées du monde. Elles sont généralement appréciées pour leurs rendements stables dans des conditions ou d'autres cultures risquent d'échouer (Lawrence et al., 2006). Parmi celles-ci, le manioc attire beaucoup d'attention et a vu son importance s'accroître aussi bien dans l'agriculture industrielle que familiale. De nos jours, il a évolué vers la monoculture, vers les génotypes à rendement élevé et vers un recours accru à l'irrigation et aux produits agrochimiques. C'est une culture qui se prête aussi à l'intensification. Mais cette intensification est porteuse de grands risques, notamment la recrudescence de ravageurs, de

maladies et l'épuisement des sols (FAO, 2013).

Dans la production du manioc, plusieurs facteurs déterminent le rendement racinaire, notamment chez les petits producteurs. Les sols des pays d'Afrique Subsaharienne ont un faible niveau de fertilité intrinsèque. Or, l'état d'un sol est le facteur déterminant de la production agricole (Akanza et Yao-Kouame, 2011). De plus, il existe un risque d'épuisement se résumant par le fait que le manioc absorbe très rapidement les nutriments d'un sol pauvre, laissant ainsi le sol encore plus pauvre qu'auparavant (Howeler, 2002).

Les perturbations physiologiques dues à différents stress, survenant dans les régions productrices de manioc, peuvent revêtir une grande incidence économique même si elles passent souvent inaperçues. À titre illustratif, les pays qui utilisent les feuilles comme source de protéines, de vitamines et de sels minéraux pour l'alimentation humaine et du bétail souffrent de ces perturbations physiologiques qui sont un facteur aggravant la faible productivité du manioc.

Généralement, le problème d'épuisement des sols (faible fertilité) et de faible rendement ou productivité de manioc est pallié par l'utilisation des engrais chimiques et organiques. Ces amendements constituent la base d'un système de nutrition des cultures durables (FAO, 2014). Cependant, les conditions d'épandage, la qualité des engrais et les coûts d'achat très peu raisonnables de ces intrants par les petits agriculteurs en Afrique ne favorisent pas une gestion et un maintien durable de la fertilité des sols agricoles.

Néanmoins, le compost qui est un engrais organique avec un accès plus ou moins facile que l'engrais minéral est de plus en plus utilisé pour l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements en manioc (FAO, 2013). La récolte de feuilles à des fins de consommation humaine et animale affecte substantiellement la productivité des cultures. Par ailleurs, la masse foliaire et le rendement racinaire du manioc sont affectés par la période et la fréquence de cueillette des feuilles (Duong et Preston, 2005). Ces auteurs estiment que des récoltes faites 4 mois après la plantation et à une fréquence de 2 mois sont conseillées pour garantir de meilleurs rendements en racines et feuilles. Il est évident que la récolte des feuilles affecte les rendements des cultures, notamment chez les plantes à racines comestibles comme le manioc.

Dans le contexte actuel, la prévention de la perte de rendement en racines par le fertilisant minéral est très peu étudiée (Munyahali et al., 2017). Il en est de même pour l'utilisation combinée du fertilisant organo-minéraux sur les rendements en racines du manioc. C'est dans cette optique qu'une approche a été adoptée afin d'investiguer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur la compensation de perte de rendement en racines de manioc induites par la récolte des feuilles. Spécifiquement, cette étude vise à : (i) mettre en évidence le rendement en feuilles cumulées récoltées et la performance de trois variétés améliorées de manioc, (ii) ressortir l'effet des fertilisants minéraux et organiques sur le rendement en

biomasse aérienne de ces variétés (iii) analyser la perte de rendements due par la récolte des pousses ainsi que leur compensation potentielle par différents traitements organo-minéraux.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était constitué de trois variétés améliorées de manioc, désignées par IITA-TMS-IBA071393 (*IITA-Tropical Manihot Species* Ibadan-071393) ou IBA071393, IBA980581 et IBA010040. Ces variétés ont été fournies par l'unité de sélection du manioc de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) à Ibadan. Elles ont été sélectionnées à cause de leurs performances en biomasse aérienne et racinaire d'une part et du type de branchement d'autre part. Leur rendement moyen est 25 t/ha de racines fraîches et une haute teneur en amidon.

Les fertilisants et leur application

Les fertilisants étaient le compost (traitement 1), le NPK 15 15 15 (traitement 2), et le mélange Compost-NPK (traitement 3), respectivement à 5000 kg/ha, 500 kg/ha et 5000 kg/ha + 500 kg/ha. Le fertilisant organique est composé d'un mélange de déjections de volailles et de litière de brasserie. Le compost contient environ 1,50% de N; 1,93% de P et 2,01% de K (Hauser et al., 2014). Il a été appliqué 2 semaines après la plantation des boutures. L'engrais (NPK 15 15 15) a été appliqué deux (2) fois à 4 semaines et à 12 semaines après la plantation. Chaque application correspond à la moitié de la quantité totale par plant (Hauser et al., 2014).

Concernant le mélange Compost-NPK, il a été épandu en 2 phases. Deux semaines après l'application du compost, le NPK a été appliqué à la même dose que le traitement 2 et à la même parcelle de compost.

Description du site d'essais

L'expérience a été menée à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), précisément sur le site « D15 ». Ce site est

situé à la latitude 07°29.504' Nord, la longitude 003°54.041' Est, et à une altitude moyenne de 212 m. Le site d'essai a été cultivé en igname en 2014 et en manioc en 2015. Après la récolte du manioc, le champ a été désherbé, puis labouré, hersé et strié. La plantation a été mise en place le 13 mai 2016.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est la parcelle subdivisée en blocs aléatoires complets à 3 réplifications dont une est représentée à la Figure 1 (A). Trois (3) facteurs ont été considérés dans cette étude. Le premier facteur est les variétés à trois niveaux : IBA071393, IBA980581 et IBA010040. Le deuxième facteur est le type de fertilisants : Le compost, le NPK : 15 15 15 et le mélange Compost-NPK. Enfin, le troisième facteur est la récolte des feuilles à deux (2) niveaux : récolte des jeunes pousses (récolte des extrémités des tiges à environ 25 cm au-dessus du sommet, y compris l'apex) et pas de récolte de feuille.

À l'intérieur de chaque réplification, trois (3) parcelles principales subdivisées chacune en 4 sous-parcelles de 27 m² (4,5 m x 6 m) ont été installées par variété considérée (Figure 1A). Chacune de ces 4 sous-parcelles a subi un traitement organo-minéral différent : compost-NPK, compost, NPK, et le contrôle. Afin de mesurer l'effet de la récolte des feuilles sur le rendement, chacune des 4 sous-parcelles est subdivisée en deux (2) sous-parcelles élémentaires (a, et b) de 9 m² (1,5 m x 6 m) (Figure 1B). Ainsi, les plants de manioc dans les sous-parcelles élémentaires ont subi des récoltes de feuilles (a1, a2, a3 et a4 pour "récolte des pousses" et b1, b2, b3 et b4 pour "sans récolte"). La densité des plants de manioc était de 18 pieds par petite sous-parcelle de 9 m². Les plants ont été séparés de 1 m x 0,5 m.

Échantillonnage et analyse physico-chimique des échantillons de sol

Afin de connaître la teneur des éléments nutritifs du sol du site d'expérimentation, des prélèvements ont été faits avant la plantation de manioc. Pour ce

faire, des échantillons composites du sol ont été prélevés en diagonale à une profondeur de 0 - 20 cm et 20 - 40 cm (Dick et al., 1996) et à l'aide d'une tarière (Okalebo et al., 2002) sur les parcelles principales à raison de 9 échantillons. Les échantillons ont été séchés à l'air libre à la température ambiante durant deux semaines, écrasés, tamisés avec des tamis à mailles de 2 mm et 0,5 mm. Le conditionnement a été fait dans des sachets plastiques avant l'analyse au laboratoire ASLAB (Analytical Service laboratory) de IITA d'Ibadan.

Les échantillons des sols ont été analysés pour le pH H₂O (1 : 1), l'azote total déterminé par la méthode de Kjeldahl (Bremner et Mulvaney, 1982). Le Mehlich-3 extracts a été utilisé pour le dosage des bases échangeables (Ca, Mg, K), des micronutriments (Cu, Zn, Mn, Fe) et P (Mehlich, 1984). Le carbone total a été estimé en utilisant la méthode de Walkley Black (CEAEQ/MAPAQ, 2003). La matière organique a été déterminée en multipliant le carbone organique par une constance K = 1,8 (Heanes, 1984). La granulométrie a été déterminée par la méthode d'hydrométrie (AOAC, 1990). L'ECEC « Effective Cations Exchangeable Capacity » qui est la somme des cations, a été aussi déterminée par sommation.

Récolte des feuilles et mesures du rendement racinaire

Dans les parcelles élémentaires suivant les différents traitements organo-minéraux. La récolte des pousses consistait à casser chaque extrémité de tige des plants des trois premières lignes de manioc (Figure 1 B a1) à environ 25 cm au-dessous du sommet (Lutaladio, 1985 ; Limsila, et al., 2002). Les pousses sont des bourgeons terminaux constitués par plusieurs jeunes feuilles qui ont un développement adulte, mais sont suffisamment tendres pour être consommées comme légumes (Lutaladio, 1985). Elles sont aussi constituées des feuilles dures matures souvent nécrosées ou présentant la bactériose. Les récoltes des feuilles ont été effectuées à 3 et à 5 mois après la plantation. Un intervalle

de deux (2) mois (Lockard, 1985) a été respecté afin de donner la possibilité à la plante de bien repousser.

Toutes les feuilles récoltées dans les sous-parcelles élémentaires selon les traitements sont pesées à chaque récolte pour la détermination du rendement en biomasse fraîche et sèche.

Un sous-échantillon de 250 g a été pesé, les parties comestibles séparées des parties non comestibles (déchets). Chaque portion a été à nouveau pesée et mise dans un sac en papier à sécher à environ 0% d'humidité à 60 °C et 65 °C.

La totalité des organes racines, feuilles et tiges vertes, tiges matures et les boutures de plantation a été pesée à la récolte finale par parcelle utile en fonction des traitements « récolte » et « fertilisant ». Le rendement a été rapporté en kilogramme par hectare et tonne par hectare pour chaque organe. Une portion des organes : racines fraîches, feuilles et tiges vertes, soit 250 g par superficie nette a été échantillonnée. Ils sont mis dans un sac à

papier puis séchés à l'étuve à 70 °C pour les racines et 65 °C pour les restes des organes jusqu'à l'évaporation totale de l'eau et repeser pour la matière sèche. Les rendements en matière sèche ont été calculés comme le produit du rendement en matière fraîche et le pourcentage de la matière sèche (Maroya et al., 2012).

$$\% \text{ de matière sèche} = \frac{\text{Poids d'échantillon de racine sèche}}{\text{Poids d'échantillon de racine fraîche}} \times 100$$

Analyse statistique des données

Microsoft Excel a été utilisé pour un prétraitement des données. Les données ont été ensuite analysées à l'aide du logiciel Stata. 12. Le Modèle Linéaire est appliqué pour l'analyse de variance, ANOVA à sens unique. Les variables indépendantes sont comparées par le test multiple de Bonferroni. Le niveau de significativité des moyennes a été établi à 0,05, le seuil de probabilité.

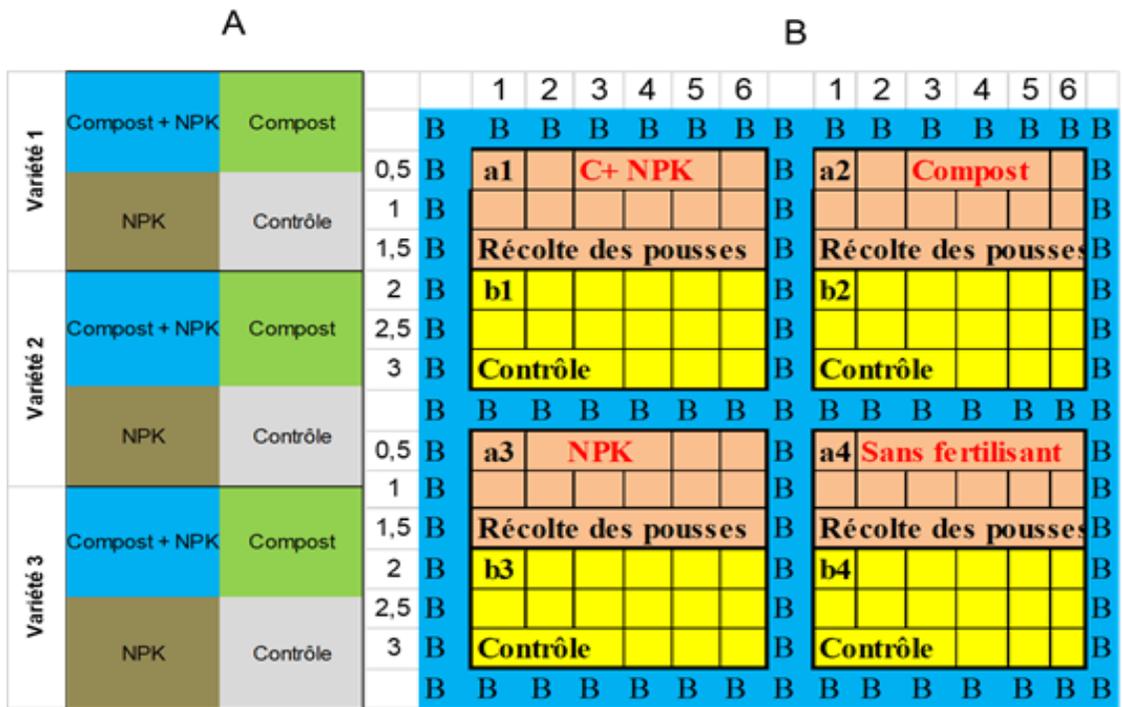


Figure 1: Schéma du design expérimental. (A) détails de l'installation d'une réplication ; (B) détails de l'installation pour chaque variété de manioc.

RESULTATS

Caractéristiques physico-chimiques du sol avant la plantation

La composition physico-chimique du sol du site expérimental est présentée dans le Tableau 1. Le test granulométrique montre que le sol du site expérimental est de type loam sablo-argileux (68% de sable, 9% de limon et 22% d'argile) pour la couche 0 – 20 cm. Quant à la couche 20 - 40 cm, le test granulométrique montre une texture limono-argileuse (38% de sable, 39% de limon et 22% d'argile). C'est un sol à pH neutre 7. Le carbone organique du sol est évalué à 11,5 g/kg et 9,4 g/kg pour les couches 0-20 cm et 20-40 cm, respectivement. Le ratio C/N s'élève à 9,82 pour la couche 0-20 cm et 9,89 pour la couche 20-40 cm. La teneur en phosphore est de 32 et 58 mg/kg pour les couches de sol 0-20 cm et 20-40 cm, respectivement. La somme des bases (Ca, Mg et K), éléments facilitant la fixation des autres éléments nutritifs s'élève à 1,8 cmol/kg et 2 cmol/kg pour les 2 couches. Ces différentes caractéristiques physico-chimiques définissent l'état de référence, notamment la fertilité, du site avant l'expérimentation.

Rendements en feuilles cumulées et effet du fertilisant

La matière sèche (MS) de toutes les variétés est élevée, et ne répond pas au fertilisant organo-minéraux. Il n'y a pas de différence entre les variétés. Statistiquement, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée (Tableau 2) entre les traitements d'engrais pour les variétés IBA980581 et IBA010040, concernant le rendement frais en feuilles récoltées (RFF), le rendement en feuilles sèches comestible (RFSC), le rendement en feuilles sèches total (RFS) et le rendement final en feuilles et tige verte (RFTV). La différence entre les variétés est statistiquement significative ($P \leq 0,05$) que quand le compost seul est appliqué pour le RFF, RFSC et le RFTV. Par ailleurs on observe que le RFTV et le IR présente une différence statistiquement significatif ($P \leq 0,05$) avec le traitement C-NPK et le contrôle.

Le RFS total varie de 1360,93 à 1598,97 kg/ha pour le traitement contrôle et le RFSC vari de 802, 69 à 944,31 kg/ha. La variété qui a le rendement plus élevé est IBA010040 pour le traitement contrôle tant pour le RFS et le RFSC.

Par ailleurs, on observe que l'engrais NPK a augmenté le rendement total en feuilles sèches de la variété IBA071393 de 60,33%. Le C-NPK a augmenté celui de la variété IBA980581 de 97,42% et le compost a augmenté le rendement de la variété IBA980581 et IBA010040 de 21,50% et 21,65%. Le rendement en feuilles sèche comestible de la variété IBA071393 a augmenté de 61,92% en présence de NPK et celui de la variété IBA980581 a augmenté de 88,96% avec le mélange C-NPK. Le RFTV varie de 6,64 à 8,16 t/ha pour le contrôle, le NPK et le mélange C-NPK agissent très peu sur ce dernier. Alors que, le compost fait augmenter le rendement jusqu'à 11,26 t/ha soit 37,94% pour la variété IBA071393. Une réponse statistiquement non significative des variétés aux différents traitements d'engrais a été ressortie pour l'indice de récolte.

Performance des variétés de manioc

Le résultat de l'évaluation de la performance en rendements racinaires a montré une différence hautement significative entre les 3 variétés mises en expérimentation (Tableau 2). La variété IBA071393 a un rendement plus élevé en racines fraîches (MF) et sèches (MS). Le rendement en racine est de 40,29, 26,88 et 22,14 t/ha de matière fraîche pour IBA071393, IBA980581 et IBA010040, respectivement. Proportionnellement à la matière fraîche, le rendement est de 13,32, 6,99 et 5,14 t/ha pour la matière sèche des 3 variétés, respectivement. À titre informatif, le plus fort rendement en MS (17,15 t/ha) est obtenu avec IBA071393 alors que le plus faible (4,62 t/ha) est obtenu avec IBA010040.

Effets de la récolte des feuilles sur le rendement racinaire

Le résultat a montré une différence significative entre le contrôle et le traitement pour le rendement en matière fraîche et matière sèche chez les variétés IBA071393 ($p = 0,0003$) et IBA010040 ($p = 0,032$). Par contre une différence non significative est ressortie entre le contrôle et le traitement, chez la variété IBA980581 ($p = 0,135$) (Tableau 3). La récolte des pousses a induit une perte de rendement en matière fraîche et sèche plus élevé. À titre illustratif, il en ressort une perte de rendement en racine fraîche observée jusqu'à 50% (11,09 t/ha), 47% (12,73 t/ha) et 34% (13,82 t/ha),

respectivement pour les variétés IBA010040, IBA980581, IBA071393.

Compensation des pertes de rendement par les fertilisants organo-minéraux

Les résultats de l'analyse de l'application d'engrais à des fins de compensation des pertes de rendements racinaires induites par la récolte des pousses sont consignés dans le Tableau 4.

Compensation de la perte de rendement par le fertilisant N P K

L'analyse des variances montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le traitement et le contrôle pour les trois variétés concernant le rendement racinaire fraîche. Il en est de même pour le rendement en matière sèche à l'exception de la variété IBA010040 (Tableau 4). La perte en rendement racinaire induite par la récolte des pousses n'a pas été compensée par le NPK pour la variété IBA071393 en matière fraîche qu'on matière sèche. Plutôt en assiste à un effet négatif du NPK. Cependant, un gain de rendement racinaire a été observé pour les variétés IBA980581 et IBA010040. Ce gain en matière sèche (MS) est de 1,27 t/ha et 5,26 t/ha respectivement.

Compensation de la perte de rendement par le compost

Le résultat d'analyse a montré une différence statistique non significative entre les variétés ($p > 0,05$) quand le compost a été appliqué et entre le traitement contrôle et compost. La variété IBA071393 donne le plus haut rendement en matière fraîche (24,15 t/ha) bien qu'elle montre une réponse négative au compost. Par contre, une compensation de la perte de rendement racinaire pour les variétés IBA980581 et IBA010040 a été ressortie : 0,90 t/ha et 1,31 t/ha de MS respectivement.

Compensation de la perte de rendement par le mélange NPK-compost

Le traitement au mélange Compost-NPK n'a pas induit un effet compensatoire statistiquement significatif sur le rendement racinaire en MF et MS suite à la récolte des pousses chez les trois variétés. Néanmoins, la variété IBA010040 donne un rendement plus élevé (26,38 t/ha de MF et 6,74 t/ha de MS). Cette variété a montré une très forte performance (plus que le double) passant de 11,04 t/ha de MF (contrôle) à 26,38 t/ha de MF. La même tendance est observée pour la MS ou les effets compensatoires sont observés chez les variétés IBA980581 (soit 39,2%) et IBA010040 (soit 142,44%).

Tableau 1: Propriétés physiques et chimiques du sol mis en expérimentation.

Paramètres	0-20 cm	20-40 cm
pH (H2O)	7,04	6,9
C Organique (g/kg)	11,5	9,4
Matière organique (g/kg)	20,7	16,92
N Total (g/kg)	1,17	0,95
Ratio C/N	9,83	9,89
P dispo. (mg/kg)	58	32
Cations Echangeables (cmol/kg)		
Ca	0,8	0,8
Mg	0,7	0,9
K	0,3	0,3
Micronutriments (mg/kg)		
Mn	441	437
Fe	27	27
Cu	2	1
Zn	5	4
Distribution de la taille des particules (%)		
Sable	68	38
Limon	9	39
Argile	22	22
Classe de texture	Loam sablo-argileux	Limono-argileux

Tableau 2: Effet du fertilisant organo-minéraux sur la matière sèche, le rendement frais et sec en biomasse aérienne cumulée, rendement en feuilles comestibles cumulées et indice de récolte des trois variétés.

Variétés/Valeur P	MS kg/ha				Valeur P	RFF kg/ha				Valeur P
	Compost	C_NPK	NPK	Contrôle		Compost	C_NPK	NPK	Contrôle	
IBA071393	77,46 ± 1,48	69,24 ± 3,01	73,46 ± 1,55	78,65 ± 3,03	0,0051	3213,33 ± 496	5644,44 ± 1091	6169,25 ± 843	3608,14 ± 383	0,0031
IBA980581	76,33 ± 2,98	72,32 ± 2,02	77,09 ± 1,20	76,42 ± 4,80	ns	4276,29 ± 1066	7395,92 ± 2615	4471,11 ± 1108	3680 ± 1944	ns
IBA010040	71,98 ± 4,21	78,71 ± 14,12	76,53 ± 4,54	79,62 ± 6,46	ns	5497,4 ± 170	3970,74 ± 1034	4896,66 ± 655	4116,66 ± 1557	ns
Mean	75,25	73,42	75,69	78,23		4329,01	5670,37	5179,01	3801,60	
Valeur P	ns	ns	ns	ns		0,0186	ns	ns	ns	
	RFSC kg/ha				Valeur P	RFS kg/ha				Valeur P
	Compost	C_NPK	NPK	Contrôle		Compost	C_NPK	NPK	Contrôle	
IBA071393	680,16 ± 104,60	1127,13 ± 215,89	1299,74 ± 204,32	802,69 ± 111,21	0,0065	1218,53 ± 186,49	1908,59 ± 281,51	2249,67 ± 321,35	1402,69 ± 211,84	0,0042
IBA980581	951,38 ± 252,82	1558,1 ± 549,42	974,01 ± 201,20	824,55 ± 407,24	ns	1653,58 ± 462,30	2686,75 ± 853,19	1724,17 ± 395,43	1360,93 ± 594,10	ns
IBA010040	1181,51 ± 65,61	908,04 ± 125,89	1143,75 ± 234,91	944,31 ± 332,33	ns	1945,18 ± 162,06	1508,58 ± 97,94	1880,61 ± 345,43	1598,97 ± 518,12	ns
Mean	937,68	1197,76	1139,17	857,18		1605,77	2034,65	1951,49	1454,20	
Valeur P	0,0257	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	
	RFTV t/ha				Valeur P	IR %				Valeur P
	Compost	C_NPK	NPK	Contrôle		Compost	C_NPK	NPK	Contrôle	
IBA071393	11,27 ± 0,40	9,53 ± 0,97	8,81 ± 1,53	8,16 ± 1,21	0,0434	48,13 ± 8	52,54 ± 2	56,05 ± 20	30,67 ± 7	ns
IBA980581	8,91 ± 2,11	9,68 ± 0,60	8,48 ± 1,38	8,14 ± 2,22	ns	42,32 ± 3	40,62 ± 0,7	41,59 ± 7	40,57 ± 2	ns
IBA010040	7,61 ± 1,20	5,61 ± 1,35	5,32 ± 1,16	6,64 ± 2,60	ns	54,07 ± 11	51,41 ± 10	49,65 ± 1	57,27 ± 5	ns
Mean	9,26	8,28	7,54	7,65		48,17	48,19	49,10	42,84	
Valeur P	0,021	0,0129	ns	ns		ns	ns	ns	0,0438	

MS = Matière Sèche, RFF = Rendement en Feuille Fraîche, RFSC = Rendement en Feuilles Sèches Comestibles, RFS = Rendement en feuille Sèche total, RFTV = Rendement en Feuille et Tige Verte, IR = Indice de Récolte.

Tableau 3: Performance des variétés et effets de la récolte des feuilles sur le rendement racinaire.

VARIETES	MATIERE FRAICHE			MATIERE SECHE		
	Contrôle	RP	Valeur p	Contrôle	RP	Valeur p
	Moy ± ET	Moy ± ET		Moy ± ET	Moy ± ET	
IBA071393	40,29 ± 02,88 ^a	26,46 ± 03,40 ^c	0,0003	13,32 ± 03,31 ^a	07,21 ± 00,93 ^b	0,016
IBA980581	26,88 ± 05,01 ^a	14,15 ± 08,96 ^a	0,135	06,99 ± 01,92 ^a	03,79 ± 02,11 ^a	0,149
IBA010040	22,14 ± 01,01 ^a	11,04 ± 04,24 ^b	0,032	05,14 ± 00,69 ^a	02,78 ± 01,03 ^b	0,010
VALEUR P	0,0015	0,0447		0,0099	0,0227	

RA = Récolte des apex, RP = Récolte des pousses, Moy = Moyenne, ET = Ecart-type, a,b,c = désigne la significativité entre les variétés.

Tableau 4: Compensation de perte de rendement racinaire par les fertilisants suite à la récolte des pousses.

MATIERE FRAICHE					
VARIETES	Moy ± ET	Moy ± ET	Moy ± ET	Moy ± ET	Valeur p
	Contrôle	NPK	Compost	Compost&NPK	
IBA071393	26,46 ± 3,40 ^a	19,47 ± 3,07	24,15 ± 0,10	24,26 ± 3,36	ns
IBA980581	14,14 ± 8,95 ^b	17,01 ± 6,13	16,21 ± 7,95	17,96 ± 1,49	ns
IBA010040	11,04 ± 4,24 ^b	27,61 ± 8,15	13,44 ± 5,83	26,38 ± 1,14	ns
Valeur p	0,0447	ns	ns	ns	
MATIERE SECHE					
VARIETES	Contrôle	NPK	Compost	Compost&NPK	
IBA071393	7,21 ± 0,93 ^a	3,99 ± 3,18	6,28 ± 3,15	6,67 ± 1,06	ns
IBA980581	3,80 ± 2,11 ^a	5,06 ± 2,14	4,70 ± 2,11	5,29 ± 0,77	ns
IBA010040	2,78 ± 1,03 ^b	8,04 ± 2,16	4,10 ± 1,63	6,74 ± 2,38	ns
Valeur p	0,0227	ns	ns	ns	

Moy = Moyenne, ET= Ecart-type, ns = Non Significatif.

DISCUSSION

Rendement en feuilles cumulées et effet du fertilisant

Le résultat du rendement en feuilles fraîche cumulées obtenus dans notre étude est faible 3,6-4,1 t/ha et en moyenne 3,8 t/ha de rendement frais ; proportionnellement 1,45t/ha. Ce résultat se rapproche de celui de Li et al. (2002) qui ont rapporté que le rendement sec en feuilles cumulées varie de 1,88 à 5,12 t/ha et une moyenne de 2,96 t/ha. La différence entre 1,45 et 2,96 t/ha est rendu possible probablement à cause de fréquence de récolte ; qui est deux (2) fois dans notre cas et trois (3) dans le cas de l'étude qui a fait l'objet de comparaison. Par ailleurs, le rendement moyen en feuilles sèches rapporté par Limsila et al. (2002) est plus élevé (6,25 t/ha) avec trois fréquences de récolte. Le rendement en feuilles comestibles dépend souvent de la qualité des feuilles comestibles et du type de variété. Les résultats des travaux précédents ont indiqué que les paramètres comme variétés, la population des plantes la période de récolte, la fréquence de récolte, la fertilité du sol, la longueur de jeune tige récoltée et le climat ont un effet considérable sur la production en feuille dans sa région de production (Ospina et al., 2002 ; Limsila et al., 2002). La dose 500 kg/ha et 5000 kg/ha des différents fertilisants ont pu augmenter le rendement en feuilles fraîches, sèches et comestibles de toutes les variétés du manioc bien que statistiquement la différence significative est observée que sur la variété IBA071393. Cependant il y a des particularités de choix des fertilisants par chaque variété. Des effets du fertilisant sur le rendement en feuilles sèches avec une dose intermédiaire de 450 kg/ha et une dose élevée de 900 kg/ha a été rapporté en chine (Li et al., 2002). Tendonkeng et al. (2009) dans leur travail sur le *Brachiaria ruziziensis* à l'Ouest du Cameroun ont montré que la biomasse des tiges et feuilles du brachiaria a augmentée en présence de 200 kg/ha d'urée. Le RFS total de la variété IBA980581 et IBA010040 a été augmenté de 21,50% et 21,65% en présence de compost. Cette augmentation est plus faible que lorsque le NPK et le mélange C-NPK ont

été appliqués. Une réaction similaire du compost sur le rendement en feuilles de manioc a été démontrée en Thaïlande. L'épandage de fumier tend à augmenter le rendement en feuille (Limsila et al., 2002). Biratu et al. (2018) ont observé, suite à l'application des fientes de volailles uniquement, une augmentation significative du rendement racinaire et de la production de biomasse chez le manioc. Pour Toundou et al. (2014), l'effet d'un compost dépendant fortement de sa nature chimique et des conditions environnementales.

Performance des variétés de manioc

Les variétés étudiées ont toutes une bonne performance, dépassant 20 t/ha de rendement racinaire frais supérieur aux rendements en milieu paysan des variétés locales. En effet, Vernier et al. (2018) ont annoncé que le rendement du manioc dans les systèmes traditionnels est généralement faible (en deçà de 15 t/ha). Comparativement aux rendements obtenus dans d'autres travaux et pays, les variétés améliorées mises en expérimentation dans cette étude sont plus performantes et ont apparemment les mêmes rendements. Asare et al. (2009) au Ghana ont rapporté 23,1 à 29,5 t/ha de MF de rendement des variétés Afisiafi et Akwetey. En Côte d'Ivoire, il a été rapporté que le rendement de manioc est de 13 t/ha dans un système traditionnel (Kouadio, 2014). L'effet du design et de l'arrangement spatial sur la croissance et le rendement est également à considérer dans l'analyse de la performance des variétés du manioc. En effet, des travaux ont montré que la densité des plants de manioc influencerait considérablement le rendement (Limsila et al., 2002 ; Li et al., 2002). Cependant, une mauvaise association culturelle induirait une baisse de rendement des cultures mises en association du fait de la compétition nutritionnelle, d'encombrement spatial (Eke-Okoro et al., 2010). La culture du manioc en milieu paysan est souvent faite en association avec d'autres cultures notamment les céréales et les légumineuses (Eke-Okoro et al., 2010), qui influenceraient le rendement si les bonnes combinaisons ne sont pas faites. Il

est donc évident que la performance variétale est non seulement intrinsèque (information génétique de la variété) mais aussi liée aux facteurs extrinsèques tels que : le mode de gestion de l'espace et la fertilité du sol (Sopheap et al., 2012 ; Salami et Sangoyomi, 2013), les dates de plantation et de récoltes (Agbaje et Akinlosotu, 2004 ; Moundzeo et al., 2012), l'influence des fertilisants (Agbaje et Akinlosotu, 2004 ; Asare et al., 2009 ; Fernont et al., 2010), les facteurs institutionnels, techniques et financiers (Akinagbe, 2010), le stress hydro-climatique, le stress par cueillette des feuilles etc.

Récolte des feuilles et productivité du manioc

Une perte de rendement en racine fraîche et sèche a été observée, cette perte est fonction de la capacité des variétés à résister au stress physiologique induit par la récolte des feuilles. Bien que n'ayant pas mené des investigations sur les mêmes variétés de manioc, une étude réalisée au sud du Kivu en RDC a montré que la récolte des feuilles (trois jeunes limbes tendres) a un effet négligeable sur le rendement en racines du manioc. La récolte des feuilles était extrêmement faible et que l'apex a continué de croître, donc aucun rétablissement du tissu méristématique n'était nécessaire (Munyahali et al., 2017). Cependant, au Vietnam une étude a montré que la hauteur de récolte des feuilles et l'intervalle de récoltes ont une influence négative considérable sur le rendement en matière fraîche ainsi que la masse sèche et le contenu protéinique des feuilles (Duong et Preston, 2005). Il a été reporté une perte en rendement racinaire lorsque les feuilles sont fréquemment récoltées (Vanthong et al., 2006). Au Ghana, les rendements de cinq (5) différents génotypes de manioc étaient réduits de près de la moitié par la récolte périodique des feuilles. Cette récolte de feuilles affecte généralement la quantité de féculents et la capacité de stockage des racines (Adjebeng-Danquah et Safo-Kantanka, 2015). Les pratiques de gestion de l'espace et les stress multiformes influencent considérablement les

rendements en biomasse aérienne et souterraine de nombreuses plantes.

Effet compensatoire des fertilisants organo minéraux sur le rendement racinaire

Le résultat a montré en moyenne, que le mélange Compost-NPK est le meilleur fertilisant pour la compensation de la perte de rendement racinaire, suivie par le NPK. Cette réponse s'avère judicieuse, le nutriment était deux fois plus élevé dans le mélange que dans le compost ou le NPK seul. La combinaison des engrais organiques et minéraux crée des meilleures conditions de production par le fait que la matière organique améliore les propriétés physico chimiques et biologiques du sol, alors que les engrais minéraux apportent aux plantes les éléments nutritifs qui leur sont nécessaires pour accroître l'efficacité agronomique (Tshala et al., 2019). Le compost agit très peu, 10,42% de compensation. Par contre des réponses plus satisfaisantes du compost ont été observées par certains auteurs travaillant sur la production de la carotte et des cultures maraichères en utilisant le compost au Sud du Benin et au Sénégal, sur le moringa au Cameroun et sur le manioc en Côte d'Ivoire (Pamo et al., 2005 ; Akanza et Yao-Kouame, 2011 ; Ngom et al., 2017 ; Biaou et al., 2017). La réaction du compost pourrait être due à la disponibilité des éléments minéraux ou à d'autres facteurs. En RD-Congo, il est reporté que le rendement de la tomate à l'hectare diminue lorsque la dose d'engrais organique dépasse 30 t/ha (Kitabala et al., 2016). L'absorption des éléments chimiques (azote, phosphore et surtout potassium) dépend de la vitesse de croissance, qui elle-même est fonction du climat, des conditions du sol et de la variété (Vernier et al., 2018). Les facteurs influençant l'effet des fertilisants dans la production du manioc sont la fertilité initiale du sol, la pluviométrie et le sarclage (Fernont et al., 2010). La qualité des fertilisants joue un rôle majeur dans l'amélioration de la productivité. La réponse de compost est justifiée par le fait que le compost a besoin plus de temps et le contact avec le sol pour être décomposer ou dissoudre afin de rendre

disponibles les nutriments à la plante (Howeler, 2011). Le mélange Compost-NPK retenu comme meilleur fertilisant dans le cadre de notre étude est rendu possible grâce à la présence de NPK d'une part et d'autre part à cause de peu d'élément disponible lors de sa décomposition au cours de sa préparation. Ce résultat corrobore celui de Ballot et al. (2016) qui ont travaillé sur l'amélioration des rendements de la culture du manioc par les terres de termitières et l'engrais NPK en République Centrafricaine.

En effet l'engrais complexe est un engrais qui contient des éléments solubles disponible pour l'absorption des plantes. Howeler (2011) a rapporté que la plupart des engrais chimiques comme l'urée, chlorure de potassium, sulfate de magnésium, l'engrais complexe NPK etc. se dissout rapidement dans l'eau. La variété IBA071393 ne répond pas aux fertilisants en ce qui concerne le rendement en racine. Cette réaction pourrait être due à une croissance élevée au niveau de la partie aérienne. Le rendement sec en FTV seulement sans compter le rendement en tige mature est plus élevé que le rendement en racine de cette variété. Li et al. (2002) dans leur travail sur la production en feuilles en chine, rapporte que le rendement en tige et feuille fraîche peut être plus élevé que celui de racine. La croissance excessive de la partie aérienne fournit peu de substrat pour la croissance racinaire (Cock, 2011). Par ailleurs, la croissance limitée des feuilles réduit la capacité de la plante à interagir avec la radiation lumineuse et l'utilisation de l'énergie pour la production d'hydrate de carbone au profit de la racine (Cock, 2011). On a constaté que le rendement en feuilles cumulées fraîche, sèche et feuille comestible de cette variété a été bel et bien augmenté en présence de NPK et le mélange NPK compost. Et celui de RFTV a plus augmenté en présence du compost. Cet argument justifie le fait que le compost a besoin plus de temps pour être décomposer. Howeler (2001), dans son travail réalisé sur l'apport nutritionnels et pertes dans le système de culture à base de manioc, a rapporté l'effet positif du fertilisant sur la productivité de manioc.

Conclusion

L'étude orientée sur la réponse des variétés améliorées de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) aux fertilisants organo-minéraux et à la récolte des feuilles au Sud-ouest du Nigéria à montrer que les variétés ne sont pas statistiquement différentes les unes des autres tant pour le traitement contrôle et fertilisant concernant le RFS total. Ces rendements sont de l'ordre de 1402,69 ; 1360,93 et 1598,97 kg/ha pour le traitement contrôle des variétés IBA071393, IBA010040 et IBA980581. Bien que les tests statistiques ne révèlent pas une différence significative, une augmentation de rendement est observée à l'application des fertilisants chez la variété IBA980581 pour toutes les composantes du rendement en biomasse aérienne. Et l'engrais optimal pour son augmentation est le mélange C-NPK, 97,42% d'augmentation de RFS total. Par contre l'engrais optimal pour l'augmentation du rendement en feuilles sèches de la variété IBA010040, est le compost (21,65%) avec une réponse négative au mélange C-NPK. Et le NPK pour la variété IBA01393 (60,33%). Les résultats obtenus au terme de cette étude montrent aussi que les variétés mises en expérimentation sont performantes. Leur rendement moyen atteint 29 kg/ha de racine fraîche. La variété IBA071393 ne répond pas aux différents types de fertilisants bien qu'affecté par la récolte des feuilles. Le fertilisant NPK et Compost-NPK agit significativement sur la variété IBA010040 et une augmentation de 69,79% est observée en présence de Compost-NPK pour la matière sèche en comparaison avec le contrôle sans récolte de feuilles. La perte maximale du rendement frais des variétés induites par la récolte des feuilles est de 13,82 kg/ha. Le NPK a compensé 24,05% de perte de rendement en racine sèche. Alors qu'elle est de 9,22% pour la réponse du compost. Le mélange Compost-NPK quant à lui compense 35,5% de perte de rendement en racine sèche due à la récolte des pousses. Selon les résultats, il revient de dire que la dose 500 kg/ha de NPK n'est pas une dose idéale pour l'augmentation du rendement des variétés

IBA071393 et IBA890581, une dose plus ou moins élevée qui varie entre 300, 400 et 600 kg/ha, serait recommandée pour le type du sol loam-sablo-argileux de ces dernières variétés. L'engrais optimal pour compenser la perte due à la récolte des feuilles dans le cadre de notre étude est le mélange Compost-NPK et le NPK pour les variétés IBA980581 et IBA010040 concernant les racines et pour IBA071393 concernant le rendement en feuilles. Le compost seul serait recommandé pour la variété IBA980581 par rapport aux racines et tous les fertilisants par rapport aux rendements en feuilles. Le producteur peut maintenant avoir le choix d'engrais selon le produit attendu et un pouvoir d'achat d'intrant équilibré en utilisant le mélange Compost-NPK afin d'améliorer la fertilité de son sol et palier à la faible production. La connaissance de rentabilité de chaque type d'engrais serait un atout.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

MLMN est la réalisatrice de l'essai elle a assuré la synthèse documentaire et l'élaboration du présent manuscrit. HS, est le conseiller scientifique de l'IITA, le coordonnateur du projet Système Racines et Tubercules, il a assuré la mise en œuvre de l'expérimentation et la supervision. ME participe à l'évaluation de l'essai expérimental, KW, MA et PK ont contribué aux orientations scientifiques pour la conception du document.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à l'unité d'agronomie et à l'unité de la sélection variétale de l'IITA (Ibadan, Nigeria). Nos remerciements vont également à l'équipe du Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale de l'Université de Lomé (Togo) pour les conseils et les supports techniques conduisant à la finalisation de ce travail.

REFERENCES

- Adjebeng-Danquah J, Safo-Kantanka O. 2015. Effect of genotype and periodic pruning on storage root yield and yield components of some cassava genotypes under rain-fed conditions in Ghana. *Journal of Plant Studies*, **4**(2): 11. DOI : 46488-159978-2-PB
- Agbaje GO, Akinlosotu TA. 2004. Influence of NPK fertilizer on tuber yield of early and late-planted cassava in a forest alfisol of south-western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **3**(10): 547-551. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2004.000-2107>
- Akanza KP, Yao-Kouame A. 2011. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. *Journal of Applied Biosciences*, **46**: 3163-3172. DOI: m.elewa.org/JABS/2011/46/6.p
- Akinnagbe OM. 2010. Constraints and strategies towards improving cassava production and processing in Enugu North Agricultural Zone of Enugu State, Nigeria. *Bangladesh J. Agril. Res.*, **35**(3): 387-394. DOI: 10.3329/bjr.v35i3.6445
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (15th edn). The Association of Official Analytical Chemists (AOAC): Arlington Virginia.
- Asare KD, Ayeh OE, Amenorpe G. 2009. Response of rainfed cassava to methods of application of fertilizer-nitrogen in a coastal savannah environment of Ghana. *World Journal of Agricultural Sciences*, **5**(3): 323-327. DOI: 546f6091c2cd8ca5e4ebf95bfe7d6985ddf9dfc9
- Ballot C, Wango S, Atakpama W, Semballa S, Zinga I, Batawila K, Akpagana K. 2016. Amélioration des rendements de la culture du manioc (*Manihot esculenta* Crantz), par les terres de termitières dans la zone de savane de Damara en République Centrafricaine. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, **4**(2):40-53. DOI:

- a6c261b916c2a4317bd262073af878155c
e96508
- Biratu GK, Elias E, Ntawuruhunga P, Sileshi GW. 2018. Cassava response to the integrated use of manure and NPK fertilizer in Zambia. *Heliyon*, **4**(8): 759. DOI : 10.1016/j.heliyon.2018.e00759
- Biaou ODB, Saidou A, Bachabi FX, Padonou GE, Balogoun I. 2017. Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota* L.) sur sol ferrallitique au sud Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(5): 2315-2326. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.29>
- Bremner JM, Mulvaney CS. 1982. Nitrogen-Total. In *Methods of soil analysis part 2 : chemical and microbiological properties*, Page AL, Miller RH, Keeney DR. (eds). Madison Wisconsin USA ; 595-624.
- CEAEQ/MAPAQ. 2003. Méthode Walkley-Black modifiée. Ministère de l'environnement du Québec.
- Cock James H. 2011. Cassava growth and development. In *The Cassava Hand Book: A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course Held in Thailand*, Howeler RH (ed). Centro Internacional de Agricultura Tropical; 39-61.
- Dick RP, David RT, Halvorson JJ. 1996. Standardized methods, sampling, and sample pre-treatment. In *Methods for Assessing Soil Quality*, Doran John W, Jones Alice J (eds). (49) Soil Science Society of America (SSSA): Madison, Wisconsin, USA, 107-121.
- Duong Nguyen Khang HW, Preston TR. 2005. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **18**(7): 1029-1035. DOI: 4a6df4e56eaf8f51b615788d9a5b9df6d79
- Eke-Okoro ON, Udealor A, Ezulike TO, Njoku KA. 2010. Improving the productivity of cassava-based systems by increasing the number of cuttings per stand to enhance farmers' adoption. Proceedings of 11th ISTRC-AB symposium. Kinshasa, DR Congo.
- FAO. 2013. Produire plus avec moins le manioc: guide pour une intensification durable de la production.
- FAO. 2014. Production végétale et production de la plante. In *Champs-Ecoles Paysans sur le Manioc: Ressources à l'Intention des Facilitateurs d'Afrique Sub-saharienne*, Ameua M, Hirea J, Kamalanduac D, Khisad G, Koko Nzezab C, Ndokibc CN, Oduori W (eds). FAO: Rome, Italie.
- Fernont AM, Tiftonell PA, Baguma Y, Ntawuruhunga P, Giller KE. 2010. Towards understanding factors that govern fertilizer response in cassava: lessons from East Africa. *Nutr Cycl. Agroecosyst*, **86**: 133-151. DOI 10.1007/s10705-009-9278-3
- Hauser S, Wairegi L, Charles LA, Asadu DO, Asawalam GJ, Ugbe U. 2014. Cassava system cropping guide. Africa Soil Health Consortium, Nairobi.
- Heanes DL. 1984. Determination of total organic carbone in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **15**(10): 1191-1213. DOI: <https://doi/abs/10.1080/00103628409367551>
- Howeler RH. 2011. Conducting cassava experiments in the greenhouse and field. In *The Cassava Hand Book: A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course, Held in Thailand*, Howeler RH (ed). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Howeler RH. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In *Cassava: Biology, Production and Utilization*, Hillocks RJ, Thresh JM, Belloti AC (eds). CAB. International, CIAT: Chatuchak, Bangkok Thailand; 115-147.
- Howeler RH. 2001. Nutrient inputs and losses in cassava-based cropping systems-examples from Vietnam and Thailand. Southeast Asia.

- Kitabala MA, Tshala UJ, Kalenda M.A, Tshijika IM, Mufind KM. 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). *J. Appl. Biosci.*, **102**(1): 9669-9679. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.1>
- Kouadio KKH, Djétchi E, Bakayoko JB, Sidiky SD, Girardin O. 2014. Etude de la culture en couloirs de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) à base de *Gliricidia sepium* en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, **10**(3): 273–287. DOI: [Viewfile/109746/99494](http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.1)
- Lawrence K, Ponniah A, Cosmas O. 2006. A synthesis / lesson-learning study of the research carried out on root and tuber crops commissioned through the DFID RNRRS research programmes between 1995 and 2005: University of Greenwich, natural resources institute, IFPRI, ISNAR Division, ILRI.
- Li K, Ye J, Xu Z, Tian Y, Li J, 2002. Cassava leaf production research in China. In: Cassava Research and Development in Asia : Exploring new opportunities for an ancient crop, Howeler RH (ed). proceedings of the seventh regional workshop. Bangkok, Thailand, Oct 28-Nov. 1, 2002: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 2007. 490-493.
- Limsila T, Saowaree T, Peaingpen S, Watana W, Atapon B, Somyot P, Howeler RH. 2002. Cassava leaf production research in Thailand. In: cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop, Howeler RH (ed). Proceedings of the seventh regional workshop. Bangkok, Thailand Oct 28-Nov. 1, 2002: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 2007. 472-480.
- Lockard RG, Saqui MA, Wounuah DD. 1985. Effects of time and frequency of leaf harvest on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) in Liberia. *Field crops Research*, **12**: 175-180. DOI : [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(85\)90063-2](https://doi.org/10.1016/0378-4290(85)90063-2)
- Lutaladio 1985. Evaluation des clones de manioc pour la production des feuilles 'PONDU' au Zaïre. In : Actes du second symposium triennal de la société internationale pour les plantes racines tropicales-direction Afrique, Terry ER, Doku EV, Arene OB, Mahungu NM (eds) ; du 14-19 Aout 1983 Douala, Cameroun.
- Maroya NG, Kulakow P, Dixon AGO, Maziya-Dixon BB. 2012. Genotype environment interaction of mosaic disease, root yields and total carotene concentration of yellow-fleshed cassava in Nigeria. *International Journal of Agronomy*, **8**. DOI: <http://doi.org/10.1155/2012/434675>
- Mehlich M. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of the Mehlich 2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, **15**: 1409-1416. DOI : [abs/10.1080/00103628409367568](https://doi.org/10.1080/00103628409367568)
- Mkpado M. 2013. The status of african agriculture and capacity development challenges for sustainable resilience from global economic shocks. *Journal of Sustainable Development Studies*, **3**(1): 45-79 DOI : [a59724f542d4b8c614c72b86185b268f86e6](https://doi.org/10.1080/00103628409367568)
- Moundzeo L, Mvoulatsier M, Foahom B, Mbou S, Sonwa D. 2012. Dates de plantation et de récolte des variétés de manioc dans la vallée du Niari (Congo). *African Crop Science Journal*, **20**(2): 603–612. DOI: [Downloads/81749/71897](https://doi.org/10.4314/ajcs.v20i2.1)
- Munyahali W, Pypers P, Swennende R, Walangululu J, Vanlauwe B, Merck R. 2017. Responses of cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu, Democratic Republic of Congo. *Filed Crops Research*, **214**: 194-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.018>
- Ngom S, Dieye I, Thiam MB, Sonko A, Diarra R, Diarra K, Diop M. 2017. Efficacité agronomique du compost à

- base de la biomasse du « neem » et de l'anacarde sur des cultures maraichères dans la zone des Niayes au Sénégal. *Agronomie Africaine*, **29** (3): 269-278. DOI: index.php/aga/article/viewfile/164979/154475
- Okalebo JR, Gathua KW, Woomer PL. 2002. *Laboratory Methods of Soil and Plant Analysis: A Working Manual*. TSBF: Nairobi.
- Ospina B, Cadavid LF, Jorge LG, Álvaro AA. 2002. Research on cassava foliage production in Colombia. In: Cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop : proceedings of the seventh regional workshop, Howeler RH, (ed). Bangkok, Thailand Oct 28-Nov. 1, 2002: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 481-489.
- Pamo E, Boukila B, Tonfack L, Momo M, Kana J, 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. *Livest Res for Rural Dev*, **17**. DOI: <http://irrd.org/irrd17/3/tedo17031.htm>
- Salami BT, Sangoyomi TE. 2013. Soil fertility status of cassava fields in South Western Nigeria. *American Journal of Experimental Agriculture*, **3**(1): 152-164. DOI : <https://zenodo.org/record/8199>
- Sopheap U, Patanothai A, Aye TM. 2012. Nutrient balances for cassava cultivation in Kampong Cham province in Northeast Cambodia. *International Journal of Plant Production*, **6**(1): 37-58. DOI : <https://hdl.handle.net/10568/43896>
- Tendonkeng F, Boukila B, Pamo ET, Mboko AV, Matumuini FNE, Zogang BF. 2009. Effet de différents niveaux de fertilisation azotée et du stade phénologique sur la croissance et le rendement de *Brachiaria ruziziensis* dans l'Ouest-Cameroun, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(4): 725-735. DOI: 10.4314/ijbcs.v3i4.47182
- Toundou O, Tozo K, Feuillade G, Pallier V, Tchegueni S, Dossou KSS. 2014. Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1917-1926. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.51>
- Tshala Upite J, Kitabala Misonga A, Kasongo ELM, Nyembo LK. 2019. Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières: cas de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(7): 3411-3428. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.35>
- Vernier P, N'Zué B, Zakhia-Rozis N. 2018. *Agricultures Tropicales en Poche : Le Manioc, entre Culture Alimentaire et Filière Agro-industrielle* (éditions Quæ, CTA). Presses Agronomiques de Gembloux.
- Vanthong P, Stig L, Peter H, Inger L. 2006. Effects of different fertilisers and harvest frequencies on foliage and tuber yield and chemical composition of foliage from two cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) varieties. *Trop. Subtrop. Agroeco.*, **6**: 177-187. DOI: articulo.oa?id=93960307