

Mise en évidence des doses de fertilisants minéraux à appliquer aux nouvelles variétés de maïs introduites dans la région de Lubumbashi (RD Congo)

[Highlighting of mineral fertilizer doses to be applied to new maize varieties introduced in the Lubumbashi region (DR Congo)]

Kidinda Kidinda Laurent¹, Kiluba Kazunga Jimmy¹, Tshipama Tamina Dominique², Kilumba Kabemba Maurice², Mpojo Mutamba Gabriel², Languu Serge¹, Muteba Kolela Michel³, and Nyembo Kimuni Luciens¹

¹Département de Phytotechnie (UNILU), Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

²Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques,
Station de KIPOPO, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique (ISP/Lubumbashi), RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted in the Lubumbashi region (DR Congo) during the 2013-2014 cropping season to determine optimal doses of chemical fertilizers to be applied to new varieties of maize. Four doses of mineral fertilizers (D1 = ¼ of the recommended dose; D2 = ½ the recommended dose; D3 = recommended dose; D4 = double the recommended dose) compared to a control without fertilization, were applied on both varieties in a split plot device with three repetitions. The results obtained showed that the two varieties have a similar yield potential. Yield increasing of these two varieties follows fertilizer doses increasing and this has allowed us to classify these doses as follows: D4>D3>D2>D1>D0. Plots with double vulgarized doses helped increase the yield of 546% grain maize compared to unfertilized plots. The combination Nsima * D4 gave higher yield of grain maize. While the most cost-effective treatment is T3 (Nsima * D2). This dose (D2) being more profitable than the recommended dose (300 kg + 200 kg urea NPK ha⁻¹). Given their profitability, the following combinations are recommended for these two varieties: Nsima * D2 (RVC = 3) Bukidibukidi * D2 (RVC = 2.7).

KEYWORDS: chemical fertilizers, efficiency, profitability, maize.

RESUME: Cette étude a été menée dans la région de Lubumbashi (RD Congo) au cours de la saison culturale 2013-2014 afin de déterminer les doses optimales des engrais chimiques à appliquer aux nouvelles variétés de maïs en introduction. Quatre doses d'engrais minéraux (D1= ¼ de la dose recommandée; D2= ½ de la dose recommandée; D3= dose recommandée; D4= double de la dose recommandée), comparées à un témoin sans fertilisation, ont été appliquées sur les deux variétés dans un dispositif split plot en 3 répétitions. Les résultats obtenus ont montré que les deux variétés ont un potentiel de rendement similaire. L'augmentation du rendement de ces deux variétés suit celle des doses d'engrais et ceci a permis de classer ces doses de la manière suivante : D4>D3>D2>D1>D0. Les parcelles ayant reçu le double de la dose vulgarisée a permis d'augmenter le rendement du maïs grains de 546% comparativement aux parcelles non fertilisées. La combinaison Nsima*D4 a donné le rendement en maïs grain le plus élevé tandis que le traitement le plus rentable est le T3 (Nsima*D2). Cette dose (D2) étant plus rentable que la dose recommandée (300 kg NPK+200 kg urée ha⁻¹). Etant donné leur rentabilité, les combinaisons suivantes sont recommandées pour les deux variétés en introduction : Nsima*D2 (RVC=3), Bukidibukidi*D2 (RVC=2,7).

MOTS-CLEFS: engrais chimiques, rendement, rentabilité, maïs.

1 INTRODUCTION

Le maïs occupe actuellement la deuxième place parmi les cultures vivrières après le manioc en République Démocratique du Congo [1]. Cependant le rendement national moyen est très faibles ($0,8$ à $1t.h^{-1}$) comparativement à d'autres pays comme l'Italie (9530 kg ha⁻¹), Canada (6630 kg ha⁻¹), Chine (4570 kg ha⁻¹), l'Argentine (5650 kg ha⁻¹) etc. [2]

Ceci est en partie due à la faible utilisation des variétés améliorées et des intrants agricoles, à l'importance des dégâts dus aux diverses pestes, et aux mauvaises pratiques culturales [1]. [3] estime que la gestion inadéquate de la nutrition des plantes et la faible fertilité du sol sont les principaux facteurs responsables de la baisse des rendements. D'une manière générale, l'agriculture en Afrique Subsaharienne, est caractérisée par une faible productivité due essentiellement à la baisse de la fertilité des sols et aux difficultés que rencontrent les paysans pour y répondre [4].

Pour surmonter ce fléau, [5] proposent l'utilisation des variétés améliorées et l'apport des fertilisants. Dans leur étude, [6] ont également trouvé que l'utilisation des engrais est indispensable pour surmonter les contraintes dues à l'absence des nutriments et constitue un élément central dans la pratique de la gestion intégrée de la fertilité des sols pour améliorer la production agricole. En plus les engrais minéraux constituent une importante et rapide voie d'apport des nutriments et jouent un rôle capital dans l'activation de certains enzymes [7]. Les apports des fertilisants minéraux permettent d'accroître significativement les rendements du maïs, tel que démontré au cours de deux études conduites à Lubumbashi (RD Congo) par [8].

Il est rapporté qu'environ $1,38$ million de tonne des engrais sont appliqués par an sur les terres cultivables d'Afrique subsaharienne durant l'année 2002, soit une moyenne de $8,3$ kg par hectare. Cette utilisation des engrais reflète de larges superficies cultivées sans aucun engrais du tout par rapport aux petites superficies de cultures commerciales avec des doses élevées d'engrais [9]. Pourtant une production rentable du maïs requiert un programme adéquat de fertilisation du sol. Le déficit en nutriments entraîne la baisse des rendements, tandis que l'excès diminue le profit et peut causer des dommages environnementaux à travers le ruissellement et lessivage [10]. [5] ont trouvé qu'une utilisation inadéquate des engrais minéraux sans une connaissance préalable des exigences de la culture et la fertilité du sol entraîne des graves problèmes de détérioration de la structure du sol, de l'environnement et de pollution des eaux souterraines.

La détermination de la dose optimale des fertilisants inorganiques est donc indispensable dans l'optique d'une agriculture rentable et durable. La présente étude vise à explorer la voie de rentabilité des doses engrais minéraux utilisés comme fertilisants aux deux variétés améliorées de maïs (Nsimba et Bukidibukidi).

Les hypothèses du travail sont les suivantes : les nouvelles variétés en introduction répondraient positivement à la fertilisation minérale (1) ; il existe une dose optimale des fertilisants minéraux requise pour chacune de ces variétés en introduction (2).

2 MATERIELS ET METHODES

L'essai a été installé à la ferme Kasapa, une station de recherche de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi (UNILU). La ferme se situe à 18 km du centre ville de Lubumbashi (Altitude : 1258 m, Latitude : $11^{\circ}35'$ S et Longitude : $27^{\circ}24'$ E).

La ville de Lubumbashi et ses environs jouissent essentiellement du climat du type CW6 selon la classification de Köppen. C'est un climat tropical sec caractérisé par des températures moyennes annuelles de $20^{\circ}C$, avec 5 à 7 mois des pluies. Les précipitations annuelles qui varient entre 800 et 1200 mm d'eau [11]. Les sols de la ferme Kasapa, sont des sols acides du type ferrallitique avec un pH à l'eau oscillant autour de $5,2$ [12]. Les principales unités de végétation à Lubumbashi et ses environs sont : les forêts denses sèches, les forêts denses édaphiques, les forêts claires, les savanes et les milieux aquatiques [13], qui actuellement subissent une anthropisation poussée [14].

Les variétés Nsimba et Bukidibukidi, nouvelles variétés de la collection de la faculté des sciences agronomiques Unilu, ont été utilisées comme matériels biologiques en raison de leur adaptation aux conditions écologiques et leur productivité élevée. La dose d'engrais minéraux recommandée dans la région d'étude (300 Kg NPK + 200 Kg Urée) a été considérée comme traitement de base à partir duquel les autres ont été élaborés.

Ainsi, quatre doses d'engrais minéraux (D1= $\frac{1}{4}$ de la dose recommandée; D2= $\frac{1}{2}$ de la dose recommandée; D3= dose recommandée; D4= double de la dose recommandée), comparées à un témoin sans fertilisation, ont été appliquées sur les deux variétés dans un dispositif split plot en 3 répétitions. La préparation du terrain a consisté à un labour et un hersage manuels. Le semis a été réalisé aux écartements de $0,75m$ x $0,25m$, en raison d'un grain par poquet, soit une densité de

semis de 53333 plants/ha. Un sarclo-buttage et deux sarclages manuels ont constitué les principaux travaux d'entretien. L'engrais minéral NPK (10–20–10) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliquée au 30^{ème} jour après semis, suivant les doses requises pour chaque traitement.

L'observation a porté sur les paramètres suivants : les jours à la floraison mâle, les jours à la floraison femelle, la hauteur des plantes, le poids de 1000 graines, le rendement en maïs grain. L'analyse de variance (ANOVA) et la séparation des moyennes (test de TUKEY) ont été utilisées pour déterminer les différences entre les traitements à l'aide du logiciel Minitab 16. L'analyse économique réalisée sur la production a permis de déterminer le taux de rentabilité par le biais du bénéfice net (Bn) et du rapport valeur coût (RVC) suivant les équations suivantes :

$Bn = Bb - Vi$. Où Bn est le bénéfice net (FC/ha/an), Bb est le bénéfice brut (FC/ha/an) et Vi la valeur du montant d'investissement (FC/ha/an). RVC est la valeur de l'augmentation du rendement par rapport au témoin divisé par coût du fertilisant. Ce rapport compare la rentabilité des nouveaux traitements à celui de référence bien connu par les planteurs [15]. Ainsi, une technologie ne peut être facilement adoptée que si le RVC est égale ou supérieure à 2 [16]. L'adoption se fait avec réticence si ce rapport est entre 1,5 et 2 et en dessous de 1,5 il y a rejet [15], [17].

3 RESULTAT

3.1 INFLUENCE DU GENOTYPE SUR LE COMPORTEMENT DU MAÏS

L'examen du tableau 1 montre que les deux variétés de maïs (Nsimba et Bukidibukidi) sont similaires sur tous les paramètres végétatifs excepté le nombre de jour à la floraison femelle plus élevé pour la variété Bukidibukidi (0,007) et la hauteur des plantes ($P=0,03$) (tableau 1). Il en ressort également que le génotype n'a pas significativement influencé le rendement du maïs ($P=0,596$).

Tableau 1. Influence du génotype sur le comportement du maïs. JFM : jour à la floraison mâle, JFF : jour à la floraison femelle, HP : hauteur de la plante, PMG : poids de mille graines, RDT : rendement

Paramètres observés	Variétés		P
	Nsimba	Bukidibukidi	
JFM	56,7±1,6	58,9±5,1	0,136
JFF	59,2±4,3b	63,6±3,8a	0,007
HP	147,8±18,9a	111,8±58,3b	0,031
PMG	257,1±18	169,5±36,9	0,252
RDT	4,3±2,2	3,9±2,1	0,596

Moyennes±écart-type. Les mêmes lettres indiquent de différences non significatives après l'ANOVA

3.2 REPONSE DU MAÏS AUX DOSES CROISSANTES DES ENGRAIS MINÉRAUX

L'analyse statistique a montré que les différentes doses des fertilisants ont significativement influencé le comportement du maïs (tableau 2). Des différences significatives sur les différents paramètres végétatifs ont été observées, en dehors de la hauteur des plantes qui est similaire pour toutes les doses ($P=0,969$). En ce qui concerne le paramètre de rendement, seul le poids de 1000 graines est similaire pour toutes les doses d'engrais minéraux tandis que le rendement en maïs grain augmente avec les doses d'engrais. La rentabilité du maïs quant à elle, est plus élevée avec la dose D2 et plus faible avec la dose D1 (tableau 2).

Tableau 2. Influence de la dose d'engrais minéraux sur le comportement du maïs. D0 : sans fertilisation minérale ; D1 : 75 kg NPK+50 kg urée ha⁻¹; D2 : 150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹; D3 : 300 kg NPK+200 kg urée ha⁻¹; D4 : 600 kg NPK+400 kg urée ha⁻¹; JFM : Jours à la floraison mâle ; JFF : Jours à la floraison femelle ; (cm) ; HP : hauteur de la plante (cm) ; PMG : poids de 1000 grains (g) ; RDT : rendement en maïs grains (t.ha⁻¹).

Paramètres	Doses					P
	D0	D1	D2	D3	D4	
JFM	63±5a	58,8±2,3b	57±0,6b	55,3±1,3b	54,7±0,5b	0,000
JFF	66,2±2,4a	64±1,8a	62,7±2,1ab	58±4,5bc	56,2±2,4c	0,000
HP	121,1±51,3	140,3±32,8	125,7±57,5	128,6±41,1	133,3±58,7	0,969
PMG	277,2±37,3	241,9±20,9	257,8±18,6	259,7±19,1	279,9±35,4	0,137
RDT	1,3±0,2 ^e	2,5±0,3d	4,2±0,3c	5,5±0,7b	7,1±0,5a	0,000
RVC	-	1,7	2,9	2,6	2	-

Moyennes±écart-type. Les mêmes lettres indiquent de différences non significatives après l'ANOVA

3.3 INFLUENCE DU GENOTYPE ET DE LA DOSE DES ENGRAIS MINÉRAUX SUR LE COMPORTEMENT DU MAÏS

L'effet de la variété combiné à celui des doses d'engrais minéraux ont influencé le comportement du maïs (tableau 3). L'analyse statistique montre des différences significatives entre les différents traitements pour tous les paramètres observés excepté la hauteur des plantes qui est similaire à tous les traitements ($P=0.855$). La combinaison Nsima*(600 kg NPK+400 kg urée ha⁻¹) a donné le rendement en maïs grain le plus élevé tandis que le traitement le plus rentable est le T3 (Nsima*D2).

Tableau 3. Influence de la dose d'engrais minéraux et de la variété sur la croissance du maïs. T1 : Nsima*D0 ; T2 : Nsima*D1 ; T3 : Nsima*D2 ; T4 : Nsima*D3 ; T5 : Nsima*D4 ; T6 : Bukidibukidi*D0 ; T7 : Bukidibukidi *D1 ; T8 : Bukidibukidi *D2 ; T9 : Bukidibukidi *D3 ; T10 : Bukidibukidi *D4 ; JFM : Jours à la floraison mâle ; JFF : Jours à la floraison femelle ; HP : hauteur de la plante (cm).

Traitements	JFM	JFF	HP	PMG	RDT	RVC
T1	58,7±0,6bc	64±0bc	133,1±38,2	245,9±21,9c	1,4±0,3g	-
T2	57,3±0,6bcd	62,7±0,6bc	155,7±18,7	252±20,8abc	2,8±0,2ef	2,1
T3	57,3±0,6bcd	61±1cd	148,9±2,2	266,7±18,1abc	4,3±0,2d	3
T4	56±0cd	54,3±0,6 ^e	146,4±9,7	265,9±14,2abc	5,9±0,6bc	2,8
T5	54,3±0,6d	54±0 ^e	154,8±4,3	254,9±18,2abc	7,3±0,4a	2,1
T6	67,7±1,5a	68,3±0,6a	109,1±68,5	308,5±7,7a	1,3±0,3g	-
T7	60,3±2,5b	65,3±1,5ab	125±40,1	231,7±18,5c	2,3±0,2fg	1,5
T8	56,7±0,6cd	64,3±1,5bc	102,6±81,6	248,9±17,4bc	4±0,3de	2,7
T9	54,6±1,2d	61,7±3,2bcd	110,8±56,5	253,4±24,2abc	5,2±0,8cd	2,3
T10	55±0d	58,3±0,6d	111,8±85	304±30,2ab	6,7±0,5ab	1,9
P	0,000	0,000	0,855	0,002	0,000	-

Moyennes±écart-type. Les mêmes lettres indiquent de différences non significatives après l'ANOVA

3.4 EFFETS DE LA FERTILISATION MINÉRALE SUR LE RENDEMENT ET LA RENTABILITÉ DE NOUVELLES VARIÉTÉS DE MAÏS

La figure 1a montre que les doses d'engrais et le rendement du maïs sont fortement corrélés. Il y est observable que le rendement du maïs augmente avec les doses d'engrais. En ce qui concerne la tendance de la rentabilité du maïs par rapport aux doses d'engrais, la figure 1b montre que les doses les plus élevées ne sont pas nécessairement les plus rentables, bien qu'elles génèrent le rendement en maïs grains le plus élevé (tel qu'observé dans le cas de cette étude). La corrélation positive qui s'établit entre les doses d'engrais et la rentabilité du maïs, montre qu'au delà de 150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹, la rentabilité commence à diminuer (figure 1a).

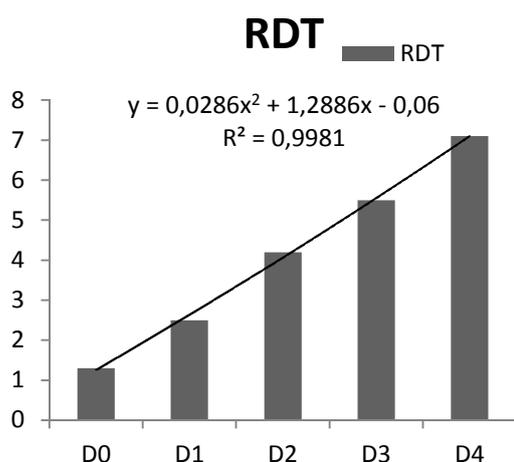


Figure 1a. Corrélation entre les doses d'engrais minéraux et le rendement du maïs

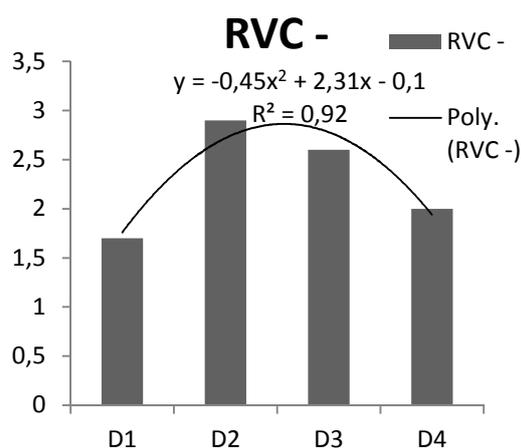


Figure 1b. Corrélation entre les doses d'engrais minéraux et la rentabilité du maïs

4 DISCUSSION

4.1 INFLUENCE DU GENOTYPE SUR LE COMPORTEMENT DU MAÏS

Les principaux paramètres observés sont : le nombre de jours à la floraison mâle et femelle, la hauteur des plantes, le poids de milles graines et le rendement en maïs grains. Les deux variétés (Bukidibukidi et Nsima) ont données des résultats similaires pour tous ces paramètres, excepté le nombre des jours à la floraison femelle qui est élevé pour la variété Bukidibukidi (63 jours). Cette différence serait due à l'effet du génotype, tandis que les résultats similaires pour quatre des paramètres sur cinq observés montrent que ces deux variétés sont à 80 % semblables. L'influence du génotype serait masquée ici par celui de l'environnement tel que trouvé par [17].

4.2 REPONSE DU MAÏS AUX DOSES CROISSANTES DES ENGRAIS MINÉRAUX

L'analyse statistique a montré que les différentes doses des fertilisants ont fortement influencé le comportement du maïs (tableau 2). A l'instar du nombre des jours à la floraison mâle qui augmente pour le traitement témoins. Ce comportement montre que l'apport des engrais minéraux réduit le nombre de jours à la floraison mâle. Ceci étant observé, contredit le résultat obtenu par [17] qui ont conduit une étude similaire dans la même région et ont rapporté que les parcelles fertilisées induisaient une apparition tardive des inflorescences mâles et ont attribué ce phénomène à l'excès d'azote.

Le cas de cette étude montre clairement que les parcelles non fertilisées induisent une apparition tardive des inflorescences (D0= 63 jours) et ce nombre diminue avec l'augmentation des doses d'engrais minéraux. Ceci implique que les engrais minéraux fournissent des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et surtout à leur développement. La même constatation a été faite pour le nombre de jour à l'inflorescence femelle. Pour tous les paramètres végétatifs observés, seule la hauteur des plantes est similaire pour toutes les doses appliquées ($P=0.969$). Ceci révèle que l'accroissement des doses des fertilisants n'a pas influencé la taille des plantes. Etant donné que la taille de plante est généralement déterminée par le génotype et parfois influencé par l'environnement, le cas de cette étude n'a pas subit l'influence du milieu et précisément les doses d'engrais. Par contre [17] ont observé une grande taille des plantes sur les parcelles fertilisées aux fortes doses des engrais minéraux et ils l'on attribuée à la quantité d'azote apportée.

En ce qui concerne le paramètre de rendement, seul le poids de 1000 graines est similaire pour toutes les doses d'engrais minéraux tandis que le rendement en maïs grain augmente avec les doses d'engrais. Ce rendement varie entre 1,3 (traitement non fertilisé) et 7,1 t.h⁻¹ (traitement ayant reçu 600 kg NPK+400 kg urée ha⁻¹). Il est observable que la plus forte dose d'engrais minéraux a induit une augmentation de rendement de 546% comparativement au traitement témoin (non fertilisé). Ceci montre que ces variétés de maïs en introduction ont besoin d'une grande quantité des fertilisants pour exprimer leur productivité potentielles.

Ces résultats corroborent ceux obtenus par [18] qui ont rapporté que les rendements en maïs grains le plus élevés sont obtenus avec une augmentation de la dose de la fertilisation azotée. Contrairement à ces résultats, [19] ont trouvé que la chute des rendements avec les doses d'engrais minéraux les plus fortes apportées à la culture du riz en Côte d'Ivoire. Pour ce qui concerne l'apport des engrais, [20] ont trouvé que les engrais augmentent 40 à 100% de rendement de culture dans les sols Kalongo et Civu, dans le Sud Kivu, en République Démocratique du Congo. Les effets bénéfiques de la fertilisation chimique au moyen de l'agriculture ont été prouvés par [21], [22]. La faible production des sols témoins serait imputable aux facteurs caractéristiques des sols acides : pH acide, toxicité Alet Mg, déficiences en nutriments (Ca, Mg, P, K, B et Zn) [23]. La dose recommandée dans la région quant à elle n'a pas fourni à ces variétés les nutriments nécessaires à l'expression de leur productivité potentielle.

La rentabilité du maïs obtenue, avec la dose D2 (150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹) est la plus élevée et celle de la dose D1 (75 kg NPK+50 kg urée ha⁻¹) est la plus faible. Le rapport valeur/coût varie entre 1,7 et 2,9. Pourtant ce rapport compare la rentabilité des nouveaux traitements à celui de référence bien connu par les planteurs [15]. Si le RVC est égal ou supérieur à 2, la dose est rentable [16]. L'adoption se fait avec réticence si ce rapport est entre 1,5 et 2 et en dessous de 1,5 il y a rejet [24], [17].

L'indice d'acceptabilité obtenu dans cette étude (2,9) avec la dose de 150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹ est supérieur à celui obtenu par [17] avec la dose de 1,75 tonne de fientes de poules+150 kg NPK et 100 kg urée. Le tableau 2 permet de classer la rentabilité des doses d'engrais de la manière suivante : D2>D3 >D4>D1. Les doses D2 et D3 sont facilement adoptables étant donné que leurs indices d'acceptabilité sont respectivement : 2,9 et 2,6. Avec D3 (300 kg NPK+200 kg urée ha⁻¹) la dose recommandée dans la région de Lubumbashi.

4.3 INFLUENCE DU GENOTYPE ET DE LA DOSE DES ENGRAIS MINÉRAUX SUR LE COMPORTEMENT DU MAÏS

L'effet de la variété combiné à celui des doses d'engrais minéraux ont influencé le comportement du maïs. Le jour à la floraison mâle varie entre 54 et 68, respectivement observé au T5 (Nsima *D4) et T6 (Bukidibukidi*D0). La tendance générale montre qu'à faible dose (T2 et T6) ou sans engrais (T1 et T5), les variétés Nsima et Bukidibukidi deviennent tardive (entre 57 et 67 jours). Le contraire est observé à forte dose (T5 et T10) où les deux variétés deviennent précoces (entre 54 et 55 jours). La même tendance est observée à la floraison femelle des deux variétés. Concernant la hauteur des plantes, ni la dose d'engrais ni le génotype n'ont pas influencé le comportement du maïs ($P=0,855$).

Le rendement en maïs grain le plus élevé est obtenu avec la variété Nsima à a dose la plus élevée (Nsima *D4) et le plus faible est obtenu avec la variété Bukidibukidi (1,3). L'observation du tableau 3 révèle que pour les deux variétés, le rendement en maïs grains augmente avec les doses d'engrais minéraux. Cependant à la même dose (la plus élevée ou la plus faible), la variété Nsima donne des rendements supérieurs à la variété Bukidibukidi et ceci est imputable aux génotypes de deux variétés.

L'analyse économique montre que l'indice d'acceptabilité de ces deux variétés varie entre 1,5 (Bukidibukidi *D1) et 3 (Nsima*D2). Pour la variété Nsima, T3 (Nsima*D2) et T4 (Nsima*D3) sont facilement adoptés (indices d'acceptabilité respectifs de 3 et 2,8) tandis T2 (Nsima*D1) et T5 (Nsima *D4) sont adoptés avec réticence (indice d'acceptabilité 2,1). Bien que la dose la plus élevée génère des rendements élevés, elle n'est pas cependant la plus rentable. Quant à la variété Bukidibukidi, T8 (Bukidibukidi*D2) et T9 (Bukidibukidi*D3) sont facilement adoptés (indices d'acceptabilité respectifs de 2,7 et 2,3) tandis T7 (Bukidibukidi*D1) et T10 (Bukidibukidi*D4) sont adoptés avec réticence (avec comme indice d'acceptabilité 1,5 et 1,9). Bien que la dose la plus élevée génère des rendements élevés, elle n'est pas cependant la plus rentable. L'apport des fortes doses des engrais chimiques réduit sensiblement la rentabilité de l'emploi des engrais chimiques [17].

4.4 EFFETS DE LA FERTILISATION MINÉRALE SUR LE RENDEMENT ET LA RENTABILITÉ DE NOUVELLES VARIÉTÉS DE MAÏS

La corrélation entre les doses d'engrais minéraux et le rendement du maïs montre ce dernier augmente avec les doses d'engrais minéraux. Aux doses les plus faibles correspondent les rendements les plus faibles. La comparaison entre les doses d'engrais chimiques et la rentabilité de leur utilisation montre que D2 est la dose la plus rentable (RVC=3). Bien que la doses d'engrais recommandée dans la région (D3 : 300 kg NPK+200 kg urée ha⁻¹) soit rentable (RVC= 2,8) sa rentabilité est inférieure à celle obtenu en apportant 150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹ (D2) soit la moitié de la dose recommandée dans la région de Lubumbashi.

Il est également observable à la figure 1b que les doses qui induisent des rendements élevés ne sont pas les plus rentables étant donné que le coût d'achat des engrais chimiques est proportionnel à la quantité appliquée. Par contre la productivité n'est pas toujours proportionnelle à la quantité d'engrais apportée.

5 CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était de déterminer la quantité optimale des engrais chimiques à appliquer aux deux nouvelles variétés de maïs (Nsima et Bukidibukidi). Les résultats obtenus ont montré que les fortes doses d'engrais chimiques réduisent le cycle de deux variétés et permettent d'obtenir des rendements élevés. Cependant l'intention d'envisager l'utilisation des fortes doses soit le double de la dose recommandée dans la région, sera butée à leur faible rentabilité. Afin d'augmenter le rendement de ces deux variétés (Nsima et Bukidibukidi) de 546 %, la dose recommandée dans la région de Lubumbashi (300 kg NPK+200 kg urée ha⁻¹) devrait être doublée afin d'atteindre le rendement de 7,1 t.h⁻¹. Par contre la maximisation du profit ou l'augmentation la rentabilité de ces deux variétés, requiert un apport de la dose d'engrais minéraux recommandée à Lubumbashi réduite à moitié (150 kg NPK+100 kg urée ha⁻¹). Cette dose permet d'atteindre le rendement en maïs grain de 4,3 et 4 t.h⁻¹ respectivement pour la variété Nsima et la variété Bukidibukidi. Dans le contexte actuel de la cherté des engrais chimiques, le résultat de cette étude qui recommande l'utilisation de ½ de la dose habituellement utilisée, permettra d'augmenter le rendement et la rentabilité des variétés Nsima et Bukidibukidi dans les conditions édapho-climatiques de Lubumbashi.

REFERENCES

- [1] SENASEM. *Catalogue nationale des espèces et variétés de cultures vivrières*. SENASEM, MINAGRI, Kinshasa, RDC, 2008.
- [2] M. Tahir, M. R. Javed, A. Tanveer, M. A. Nadeem, A. Wasaya, S.A.H. Bukhari, J. U. Rehman. Effect of different herbicides on weeds, growth and yield of spring planted maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Life Soc. Sci.* 7(2): 168-174, 2009.
- [3] M. Arshad. *Cholistan desert ecosystem monitoring for future management*. Annual Technical Report of a project sponsored by WWF-Pakistan, 2003.
- [4] U.A. Mokwunye, A. Jager, E.M.A. Smaling. *Restoring the Productivity of West African Soils: Key to Sustainable Development*. IFDC Africa, Lomé, 1996.
- [5] P.Y.K Sallah, S. Mukakalisa, A. Nyombayire, P. Mutanyagwa. Response of two maize varieties to density and nitrogen fertilizer in the highland zone of Rwanda. *Journal of Applied Biosciences* 20: 1194–1202, 2009.
- [6] N. Sanginga, P. Woomer. *Integrated soil fertility management in Africa: principles, practices and process development*, TSBF-CIAT and FORMAT, Nairobi Kenya, 2009.
- [7] S. L. Tisdale, W. L. Nelson and J. D. Beaton. *Soil fertility and fertilizer. Elements required in plant nutrition*. 4th Ed. Maxwell McMillan Publishing, Singapore, 52-92, 1990.
- [8] Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.E & Baboy L.L., Effets des apports des doses variées des fertilisants inorganiques sur *Zea mays*, *J Appl. Biosci*, 49 : 4286-4296, 2012.
- [9] R. Dudal. *Forty years of soil fertility work in Sub-Saharan Africa*. In: B. Vanlauwe, J. Diels, N. Sanginga & R. Merckx (Eds.), *Integrated Plant Nutrient Management in Sub-Saharan Africa*. CAB International 2002.
- [10] L.G. Bundy, D.T. Walters, A.E. Olness. *Evaluation of soil nitrate tests for predicting corn nitrogen response in the North Central Region*. North Central Reg. Res. Publ. 342. Wisconsin Agric. Exp. Stn., Univ. of Wisconsin, Madison, 1999.
- [11] Bruneau et Pain, *Atlas de Lubumbashi central d'étude géographique sur l'Afrique*, Paris, France, 1990.
- [12] L.M. Kasongo, M.T. Mwamba, M.P. Tshipoya, M.J. Mukalay, S.Y. Useni, K.M. Mazinga, K.L. Nyembo. Réponse de la culture de soja à des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hensley) A. Gray comme fumure organique sur un ferralsol à Lubumbashi. R.D. Congo. *Journal of Applied bioscience*, 63: 4727-4735, 2013.
- [13] F. Malaisse, R. Brooks, A. Baker. Diversity of vegetation communities in relation to soil heavy metal content at the Shinkolobwe copper/cobalt/uranium mineralization, Upper Shaba, Zaïre. *Belgian journal of botany* 127:3-16, 1994.
- [14] F.K. Munyemba et J. Bogaert. Anthropisation et dynamique spatiotemporelle de l'occupation du sol dans la région de Lubumbashi entre 1956 et 2009. *e-revue UNILU* (1) 13-23, 2014.
- [15] K. Kouame, S. Ake, Y. Wongbé Doumbia, A. Kouassi, B. Kone. Détermination de la dose optimale de Fumure potassique sous culture de Palmier à huile (*Elaeis guineensis* jacq.) Dans les conditions du sud-est de la Côte d'Ivoire : cas du matériel végétal En cours de vulgarisation. *European Scientific Journal*, vol.10, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 2014.
- [16] FAO. *Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers*. Fourth edition. FAO, Rome, 2000.

- [17] S.Y.Useni, L.L.Baboy, K.L.Nyembo, M.M.Mpundu,. 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, 2012.
- [18] W.A. Diepenbrock, J. Léon, K. Clasen. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agronomy Journal* 87: 84–88, 1995.
- [19] B.J. Gala, M. Camara, Y. Kouame, K. Zagbahi. Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : Cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d’Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 46: 3153– 3162, 2011.
- [20] P. Pypers, E. Vandamme, J.M. Sanginga, T. Tshibinda, M.J. Walangululu, R. Merckx, B. Vanlauwe. K and Mg deficiencies corroborate farmer’s knowledge of soil fertility in the Highland of South-Kivu, Democratic Republic of Congo. in E.M. Bagura (Ed): *évaluation de l’efficacité d’usage des engrais dans les sols dégradés du Sud-Kivu sur la culture du maïs et du haricot commun: cas du groupement de burhale*”. Mémoire de fin d’études, Université Evangelique en Afrique, (2010) 59p.
- [21] A. Bationo, J. Kimetu, S. Ikeru, S. Kimani, D. Mugenda, M. Odendo, M. Silver, M.J. Swift, N. Sanginga. *The Africa Network for soil biology and fertility: New challenge and opportunities*. in Bationo (Ed): *Managing of Nutrient Cycles to sustain soil fertility in Sub-Saharan Africa*. *Academy of science publishers*, Nairobi, Kenya, 1-23p, 2004.
- [22] FAO. *Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols*. Manuel de formation, Projet Promotion de l’Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs du Niger, Rome, 2005
- [23] Mulaji. *Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l’amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo)*. Thèse de doctorat, université de Liège- Gembloux Agro- Biotech, 220p, 2010.
- [24] F. Kaho, M. Yemefack, P. Feujio-Tegwefouet, J. Tchanthaouang. Effet combiné de feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d’un sol ferrallitique au centre du Cameroun. *Tropicultura*, 29 (1): 39-45, 2011.