

Effet de NPK (15-15-15) sur la production des écotypes d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Niger

B. K. KAKA KIARI¹, A.K. TOUDOU DAOUDA¹, M.M INOUSSA¹, M. MOUSSA², S. ATTA³, Y. BAKASSO¹

(Reçu le 05/03/2021; Accepté le 18/04/2021)

Résumé

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) est une culture importante en raison de ses feuilles, calices et graines qui jouent un rôle socio-économique considérable pour les populations du sahel. L'objectif principal de ces expérimentations est d'évaluer l'effet de la fertilisation minérale de NPK (15-15-15), afin de déterminer la dose optimale pour une production en calice, en feuilles et en graine de l'oseille de Guinée. Elles ont été conduites à Tara/Gaya (11°53'N et 3°19'E) et à Tarna/Maradi (13°27'N et 7°06'E) au cours de la saison de pluvieuse 2017. Le dispositif expérimental utilisé dans cette expérimentation a été un split plot en blocs randomisés à quatre (4) répétitions avec les écotypes en parcelles principales et les coupes d'apex en parcelles secondaires. Les résultats obtenus ont montré que l'apport de NPK a permis d'augmenter les rendements en feuilles, en calices et en graines aussi bien à Tara qu'à Tarna. Cette augmentation était d'environ 15% à Tara, contre 30% à Tarna. La dose optimale de NPK (15-15-15) pour une meilleure en amélioration de la production en oseille de Guinée est de 25 kg ha⁻¹. Nous espérons que des études doivent être poursuivies dans les autres zones-climatiques du Niger pour mieux confirmer l'effet de la fertilisation minérale sur le rendement en oseille de Guinée.

Mots clés: Oseille de Guinée, feuilles, calices, graines, rendement, NPK, Niger

Effect of NPK (15-15-15) on the production of Guinea sorrel ecotypes (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Niger

Abstract

Guinea sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) is an important crop because of its leaves, calyxes and seeds which play a considerable socio-economic role for the people of the Sahel. The main objective of these experiments is to evaluate the effect of mineral fertilization of NPK (15-15-15), in order to determine the optimal dose for calyx, leaf and seed production of guinea sorrel. They were taken to Tara/Gaya (11°53'N and 3°19'E) and to Tarna/Maradi (13°27'N and 7°06'E) during the rainy season 2017. The device experiment used in this experiment was a four (4) replicate randomized block split plot with ecotypes in main plots and apex sections in secondary plots. The results obtained showed that the addition of NPK increased the yields of leaves, calyxes and seeds in both Tara and Tarna. This increase was around 15% in Tara, compared to 30% in Tarna. The optimal dose of NPK (15-15-15) for better improvement of Guinea sorrel production is 25 kg ha⁻¹. We hope that studies should be continued in other climatic zones of Niger to better confirm the effect of mineral fertilization on the yield of guinea sorrel.

Keywords: Guinea sorrel, leaves, calyxes, seeds, yield, NPK, Niger

INTRODUCTION

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) est une plante maraîchère de la famille de Malvaceae, cultivée au Niger pour ses feuilles, ses calices et ses graines (Kaka-Kiari *et al.*, 2019a), qui sont exploités pour leurs multiples propriétés alimentaires et médicinales (Seyni, 2005; Bakasso, 2010). Sur le plan alimentaire, les feuilles sont largement consommées au Niger comme légumes en sauce et les calices utilisés pour la fabrication des boissons rafraîchissantes localement appelées le bissap (Bakasso, 2010; Atta *et al.*, 2013). Les graines sont utilisées pour fabriquer le soubala qui est très consommé par la population rurale. Il est utilisé dans la préparation des plats pour rehausser le gout des sauces accompagnant les plats à base de céréales tels que le riz, le mil, le sorgho, le maïs etc. (Abdou *et al.*, 2020). Sur le plan médicinal, la roselle est exploitée pour ses nombreux métabolites secondaires à vertus thérapeutiques (Lépengué *et al.*, 2009). L'oseille possède aussi des propriétés laxative, purgative, cardio-régulatrice, diurétique, sédative et tonifiante (Ognalaga *et al.*, 2015).

Malgré ses multiples potentialités, les productions de la roselle ne parviennent pas à satisfaire la demande de consommation locale Nigérienne. Cette situation est non seulement liée aux faibles rendements, mais également aux techniques des productions agricoles restées majoritaire-

ment traditionnelles (Kaka-Kiari *et al.*, 2019b). En effet, elle est cultivée en association avec les céréales et généralement sur les bordures des parcelles, sans apport d'engrais (Diallo, 2007 ; Bakasso, 2010). L'une des solutions envisageables, pour améliorer la production de cette plante, consiste à apporter les engrais minéraux. Or, plusieurs travaux relatifs à l'apport de fertilisation minérale ont montré l'effet significatif sur la productivité de cette espèce (Majeed et Ali, 2011; Mehdi, 2012; Sa'id *et al.*, 2015). Au Niger, les travaux sur la fertilisation minérale d'oseille de Guinée ont porté soit sur l'apport de Di-Ammonium Phosphate (18%N-46%P) (Kaka-Kiari *et al.*, 2019a; 2019b), soit sur l'apport d'azote (Urée : 46%N) (Atta *et al.*, 2010). Aussi, il existe peu de recherches scientifiques portant sur l'amélioration des rendements en oseille de Guinée avec l'apport de NPK (15-15-15) au Niger. Cette étude a pour objectif d'étudier l'effet de doses de NPK (15-15-15) sur la production d'oseille de Guinée, afin de déterminer la dose optimale qui donne la meilleure production.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'études

Les essais ont été conduits en plein champs dans deux stations expérimentales de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), au cours de la saison

¹ Laboratoire de recherche en Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

² Département de Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Maradi, Niger

³ Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger

pluie 2017. La station de Tara/Gaya (11°53'N et 3°19'E) est dans une zone agro-climatique nord soudanienne et celle de Tarna/Maradi (13°27'N et 7°06'E) est située dans une zone agro-climatique sahélienne. La pluviométrie enregistrée lors de l'expérimentation (de Juillet-Octobre) a été de 589,04 mm et 245,60 mm de pluies et le nombre de jours des pluies de 37 jours et 22 jours respectivement à Tara et à Tarna (Figure 1).

Matériel végétal

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) est le matériel végétal utilisé dans cette étude. Il a été collecté au Niger dans le cadre des activités du Laboratoire de Recherche en Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel (Bakasso et al., 2008). Ce matériel est composé de six (6) écotypes d'oseille de Guinée provenant de quatre régions du Niger (Tableau 1).

Dispositif expérimental et conduite de l'expérimentation

Les essais ont été conduits pendant la saison de pluie 2017, sur un dispositif en blocs complètement randomisés à quatre (4) répétitions. Les écotypes en grandes parcelles et les doses de NPK (15-15-15) en petites parcelles. Chaque parcelle principale était subdivisée en 3 parcelles élémentaires de 30 m² (6 m x 5 m), chacun contient 4 lignes de 5 poquets. Le semis a été réalisé à raison de 5 graines par poquet le 20 juillet à Tarna/Maradi et le 28 juillet 2017 à Tara/Gaya avec un espacement de 1,5 m entre les lignes et

un écartement de 1 m entre les poquets. Il a été suivi d'un démariage à deux plants au 10^{ème} jour après semis (JAS) et à un plant au 18^{ème} JAS sur les deux sites d'études. Le NPK (15-15-15) a été apporté sous forme de fumure de fonds épanchée avant le semis. Elle a été effectuée après le démariage dans des petits sillons tracés le long des lignes de semis, puis fermés pour éviter l'évaporation de l'engrais dans l'air. Les trois doses utilisées sont D1 (0 kg ha⁻¹), D2 (25 kg ha⁻¹) et D3 (50 kg ha⁻¹).

Collectes des données

La récolte a été effectuée sur un carré de rendement de 7,5 m² (3 m x 2,5 m) formé des 6 plants centraux à Tara et à Tarna. La hauteur totale, le diamètre au collet, le nombre de branches et le nombre de capsules ont été mesurés et comptés. Les rendements en feuilles, en calices et en graines ainsi que le poids de cent graines ont été déterminés à l'aide d'une balance électronique de précision 0,001 g.

Analyse statistique des données

Le logiciel GenStat version 12.1.0.3278 (Copyright 2009, VSN International Ltd) a été utilisé pour réaliser les analyses statistiques. L'analyse de variance (ANOVA) à un seul facteur a été également réalisée pour évaluer l'effet des doses de NPK (15-15-15). Le test de Student Newman Keuls au seuil de significativité de 5% a permis de comparer les moyennes.

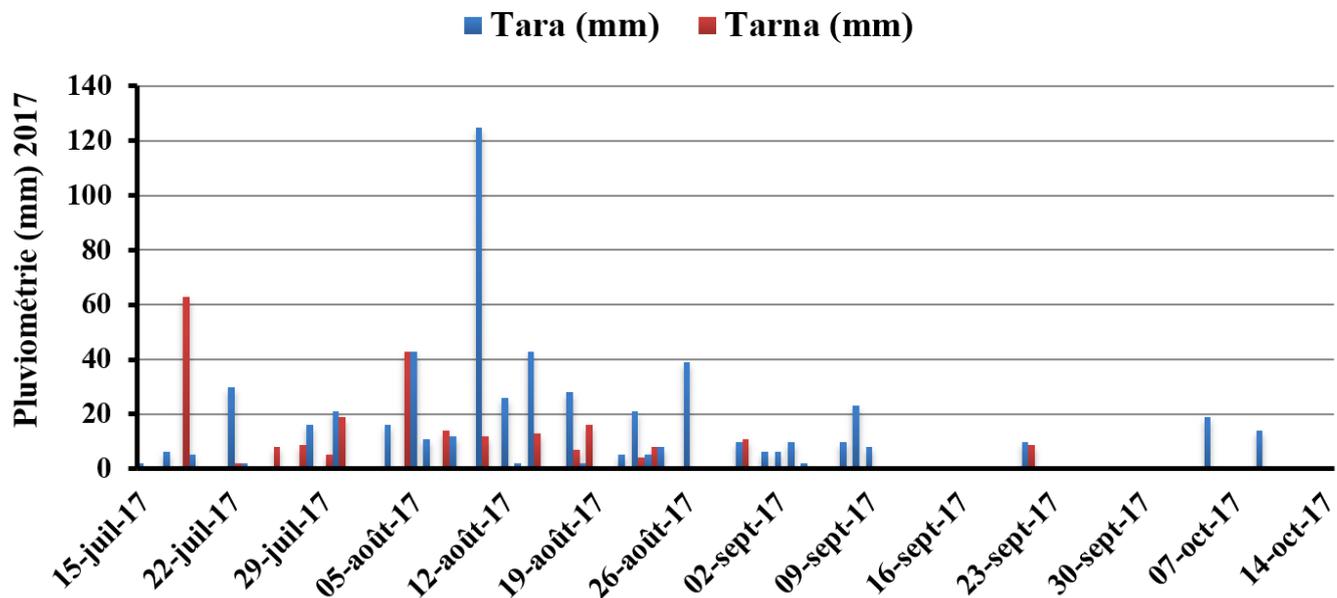


Figure 1: Distribution hebdomadaire des précipitations au cours de l'expérimentation à Tara et à Tarna

Tableau 1: Région d'origine, types botaniques et caractéristiques des différents écotypes étudiés

Écotype	Région d'origine	Type botanique	Couleur des calices	Formes des feuilles	Couleur des tiges	Caractéristique de production
E1	Tillabéry	Yakua poilu	Blanche rayé	Trilobées longues	Rouge	Graines et feuilles
E4	Zinder	Waré	Blanche	Trilobées larges	Rouge	Calices blancs
E5	Maradi	Waré	Rouge Claire	Trilobées larges	Rouge	Calices rouges
E6	Maradi	Yakua	Blanche	Simple ovales	Blanche	Feuilles et graines
E7	Maradi	Waré	Verte	Trilobées larges	Verte	Calices verts
E8	Dosso	Waré	Noire	Pentalobée longues	Noire	Calices noirs

Source: Bakasso et al. (2008)

RÉSULTATS

Hauteur totale

L'apport de NPK aux doses de 25 et 50 kg ha⁻¹ se traduit par une augmentation significative (P<0,001) à Tarna. Cependant, à Tara, aucune différence significative n'a été observée entre les différentes doses de NPK. La hauteur totale moyenne de la plante était relativement similaire dans les deux sites (Tableau 2).

Diamètre au collet

Le diamètre moyen au collet était plus élevé à Tarna (21,0 mm) qu'à Tara (14,2 mm). L'apport de NPK n'a pas eu d'effet significatif sur le diamètre au collet de la plante à Tara. Cependant, l'apport de 25 et 50 kg ha⁻¹ de NPK s'est traduit par une augmentation significative (P<0,001) et similaire de 25% de témoin du diamètre à Tarna (Tableau 2).

Nombre de branches par plante

À Tara, aucune différence significative du nombre de branches/plante n'a également été observée entre les écotypes. Par contre cette différence est significative (P<0,01) à Tarna. Le nombre moyen de branches par plante enregistré à Tarna (30 branches) est le double de celui de Tara (15 branches) (Tableau 2).

Nombre de capsules par plante

Le nombre moyen de capsules/plante est similaire pour le témoin dans les deux sites (Tableau 3). L'apport de NPK n'a aucun effet (P>0,05) sur le nombre moyen de capsules des écotypes d'oseille à Tara. Au contraire, cet effet a été significatif à Tarna (Tableau 3). En effet, l'apport de 25 et 50 kg ha⁻¹ de NPK s'est traduit par une augmentation similaire de 30% du nombre moyen de capsules/plante.

Poids de cent graines

Le poids moyen de cent graines est similaire dans les deux sites (Tableau 3). Par ailleurs, l'apport de NPK n'a eu aucun effet significatif sur le poids moyen de cent graines dans les deux sites.

Rendement en feuilles

Le rendement en feuilles du traitement témoin à Tarna est le double de celui de Tara. L'apport de 25 et 50 kg ha⁻¹ de NPK se traduit par une augmentation significative (P<0,001) et similaire du rendement moyen en feuilles dans les deux sites (Tableau 4). Cependant cette augmentation passe du simple (14%) à Tara au double (31%) à Tarna. La dose optimale de NPK qui a permis d'obtenir le meilleur rendement en feuilles est de 25 kg ha⁻¹ (Tableau 4).

Tableau 2: Effet de doses de NPK et des écotypes d'oseille de Guinée sur la hauteur totale, le diamètre au collet et le nombre de branches par plante à Tara et à Tarna

Doses de NPK	Hauteur totale (m)		Diamètre au collet (mm)		Nombre branches/plante	
	Tara	Tarna	Tara	Tarna	Tara	Tarna
0 kg ha ⁻¹	1,32	1,24 b	14,2	21,0 b	14,2	26,8 a
25 kg ha ⁻¹	1,34	1,30 a	13,7	25,0 a	16,0	30,8 a
50 kg ha ⁻¹	1,39	1,30 a	14,4	25,7 a	14,6	31,9 a
Moyenne	1,36	1,27	14,1	23,9	14,9	29,8
Écart-Type	0,03	0,03	0,34	2,52	0,93	2,70
LSD	0,061	0,054	1,123	1,90	1,48	3,39
Doses	ns	<.001	ns	0,001	ns	0,010

LSD: la plus petite différence significative; ns: non significatif (p>0,05). Les chiffres portant la (ou les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p<0,05.

Tableau 3: Effet de doses de NPK et des écotypes d'oseille de Guinée sur le nombre de capsules par plante et le poids de cent graines à Tara et à Tarna

Doses de NPK	Nombre de capsules/plante		Poids de cent graines (g)	
	Tara	Tarna	Tara	Tarna
0 kg ha ⁻¹	63,4	67,5 b	3,48	3,69
25 kg ha ⁻¹	58,2	84,5 a	3,38	3,73
50 kg ha ⁻¹	59,7	90,6 a	3,41	3,81
Moyenne	60,5	80,9	3,43	3,74
Écart-Type	2,70	12,0	0,05	0,06
LSD	8,95	13,8	0,14	0,18
Signification	ns	0,004	ns	ns

LSD: la plus petite différence significative; ns: non significatif (p>0,05). Les chiffres portant la (ou les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p<0,05.

Tableau 4: Effet de doses de NPK et des écotypes d'oseille de Guinée sur les rendements en feuilles, en calices et en graines à Tara et à Tarna

Doses de NPK	Rendement en Feuilles (kg ha ⁻¹)		Rendement en Calices (kg ha ⁻¹)		Rendement en Graines (kg ha ⁻¹)	
	Tara	Tarna	Tara	Tarna	Tara	Tarna
0 kg ha ⁻¹	417,1 b	820,3 b	324,7 b	498,9 b	382,1 b	542,5 b
25 kg ha ⁻¹	485,6 a	1059,2 a	368,4 a	602,0 a	442,1 a	630,3 a
50 kg ha ⁻¹	464,6 a	1086,6 a	371,2 a	622,0 a	442,9 a	663,7 a
Moyenne	455,7	989,0	345,8	574,3	422,4	612,2
Écart-Type	35,1	146,4	26,1	66,0	34,9	62,6
LSD	31,4	119,0	25,0	48,8	37,0	33,6
Signification	<.001	<.001	<.001	<.001	0,002	<.001

LSD: la plus petite différence significative; ns: non significatif (p>0,05). Les chiffres portant la (ou les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p<0,05.

Rendement en calices

A Tarna, le rendement en calices des plantes témoin était plus élevé que celui de Tara avec une différence de l'ordre de 54% (Tableau 4). Dans les deux sites, l'apport de NPK se traduit par une augmentation significative ($P < 0,001$) du rendement en calices (Tableau 4). Cependant, cette augmentation qui est similaire pour les doses de 25 et 50 kg ha⁻¹ est de 14% à Tara et 25% à Tarna. La dose optimale qui a permis d'obtenir le meilleur rendement en calices est donc de 25 kg ha⁻¹ de NPK dans les deux sites (Tableau 4).

Rendement en graines

Le rendement en graines enregistré pour le témoin à Tarna est supérieur de 42% à celui de Tara. L'apport de NPK s'est aussi traduit par une augmentation significative du rendement en graine. Cette augmentation qui est similaire pour les deux doses est de 16% à Tara et 20% à Tarna. La dose optimale de NPK qui a permis d'obtenir le meilleur rendement en graines est de 25 kg ha⁻¹ (Tableau 4).

DISCUSSION

La fertilisation de NPK semble influencer tous les paramètres morphologiques à Tarna. Par contre, aucune différence n'a été observée à Tara entre les trois doses étudiées. En effet, l'apport de NPK a affecté significativement la hauteur de la plante d'oseille de Guinée à Tarna. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Okosun *et al.* (2006) qui ont montré que l'apport de la fertilisation minérale se traduit par une augmentation significative de la hauteur des plantes d'*Hibiscus sabdariffa*. Cependant, aucune différence significative de la hauteur totale et du diamètre au collet n'a été observée à Tara. Ce qui est conforme aux travaux de Sa'id *et al.* (2015) qui ont rapporté que l'apport de NPK n'a aucun effet sur la hauteur et le diamètre des plantes d'oseille. En revanche, à Tarna, l'apport de NPK a induit une augmentation du diamètre au collet et du nombre de capsules, mais sans aucune différence significative entre les doses de 25 et 50 kg ha⁻¹ de NPK. Ghasemi *et al.* (2015) ont démontré que l'engrais minéral augmente le diamètre et le nombre de capsules des plantes d'*Hibiscus sabdariffa*. Par ailleurs, une différence significative a été observée entre les différentes doses d'engrais apportées pour le nombre de branches par plante à Tarna. Selon Hago *et al.* (2002), la fertilisation minérale augmente le nombre de branches par plante d'oseille de Guinée.

L'application de NPK (15-15-15) a augmenté les rendements d'oseille de Guinée à Tara et à Tarna comparés aux témoins. Cette augmentation qui est de 15% pour les rendements en feuilles, en calices et en graines à Tara, a été encore plus importante à Tarna (respectivement 31%; 25% et 20%). Ces résultats corroborent ceux de Badi *et al.* (2014), Ghasemi *et al.* (2015) et Sa'id *et al.* (2015) qui ont observé les meilleurs rendements sur les parcelles ayant reçu du NPK sur la production d'oseille de Guinée. La bonne réaction des plantes dans les parcelles fertilisées peut être liée à la richesse chimique de la fumure minérale apportée qui a pu favoriser l'assimilabilité des éléments minéraux contenus dans la solution du sol (Ognalaga et Itsoma, 2014). Selon Kaka-Kiari *et al.* (2019a), un bon rendement dépend du choix de la variété et d'une nutrition minérale adéquate. En effet, une nutrition adéquate en potassium est associée à une augmentation des ren-

dements et du calibre des fruits de nombreuses cultures horticoles (Kanai *et al.*, 2007). Le potassium est essentiel pour la synthèse des protéines, l'ouverture stomatique et l'activation enzymatique (Marschner, 2012). En raison de la forte demande d'azote pour la croissance végétative, il y a également une plus grande demande de potassium car il est essentiel dans la synthèse des protéines, l'ouverture des stomates et l'activation des enzymes (Marschner, 2012).

L'augmentation des rendements aux doses d'engrais (NPK) pourrait s'expliquer par le fait que les éléments nutritifs (N, P et K) libérés par les engrais apportés ont dû améliorer la fertilité du sol de ces deux sites, qui est caractérisé par des carences en éléments minéraux. Ces trois éléments sont les principaux éléments minéraux dont la plante a besoin en plus grandes quantités (FAO, 2005). En effet, les éléments chimiques issus de la décomposition des engrais apportés ont dû enrichir le sol et occasionner les meilleurs rendements chez la plante fertilisée. L'apport d'engrais mettrait plus facilement les éléments minéraux à la disposition de la plante, favorisant ainsi sa croissance et le bon développement de ses organes végétatifs (Imrani *et al.*, 2014). L'apport de ces engrais composés (NPK) assure un niveau de rendement appréciable et réduit la variabilité interannuelle des récoltes (Kouelo *et al.*, 2012).

Physiologiquement, l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont des éléments essentiels qui interviennent dans tout le cycle de développement des végétaux. L'azote (N) est nécessaire à la croissance normale et à la synthèse de protéines chez les plantes. Il joue un rôle important dans la croissance végétative et dans le phénomène de photosynthèse (FAO, 2005; Atta *et al.*, 2013). L'azote est également un élément constitutif de la chlorophylle. Il est un facteur déterminant de la croissance des végétaux et la détermination du rendement des plantes (Magnan, 2006; Tchabi *et al.*, 2012; Ognalaga *et al.*, 2015). Le phosphore est nécessaire à de nombreuses réactions biochimiques dans lesquelles P sert de substrats ou de produits tels que l'ATP et fait partie intégrante des phospholipides, des phosphoprotéines et des phosphosucres (Imrani *et al.*, 2014). Il joue un rôle physiologique dans la multiplication cellulaire dans les méristèmes (ADN, ARN), la respiration cellulaire, le transfert de l'énergie (ATP, ADP) et la photosynthèse en synergie avec l'azote et de nombreux autres éléments minéraux (Goëbau, 2017). Quant au potassium (K), il est également essentiel pour la croissance et le développement des plantes. Cet élément intervient de même dans la division cellulaire, la photosynthèse, la synthèse protéique, le développement du système racinaire et d'augmentation de la résistance aux maladies et la tolérance au stress (Ghasemi *et al.*, 2015). Doué d'une grande mobilité de neutraliser les acides organiques, il intervient dans la régulation de la pression osmotique et diminue la transpiration pour maintenir la turgescence cellulaire (Marschner *et al.*, 2011).

Cette étude a également montré que les rendements en feuilles, en calices et en graines enregistrés à Tarna ont été respectivement de 50%; 54% et 42% supérieurs à ceux de Tara. La variabilité observée pour les différents rendements pourrait être attribuée pour une large part au semis tardif à Tara par rapport au site de Tarna. En effet, la date de semis a une influence directe sur le cycle de végétation et le rendement d'oseille (Kaka Kiari *et al.*, 2019a). Timothy *et al.* (2014) ont également montré que la date de semis est un facteur important pour la production agricole, car un

semis tardif peut négativement affecter les rendements de l'oseille. Un résultat similaire a été observé au Burkina Faso par Hien (2012) qui a rapporté que la date de semis est un facteur important d'optimisation du potentiel de croissance et de rendement d'oseille de Guinée.

CONCLUSION

L'apport de NPK (15-15-15) a permis d'augmenter de 15% les rendements en feuilles, en calices et en graines à Tara. Cette augmentation est encore plus importante à Tarna (respectivement 31%; 25% et 20%). Le NPK à la dose de 25 et 50 kg ha⁻¹ se traduit par une augmentation similaire à Tara et à Tarna pour les rendements en oseille. Donc la dose optimale de NPK est de 25 kg ha⁻¹ dans les deux sites. Toutefois, au vu des résultats obtenus, le NPK à la dose de 25 kg ha⁻¹ pourraient être recommandé aux producteurs d'oseille de Guinée.

RÉFÉRENCES

- Abdou, S. R., Oumarou, D. H., Alio, S. A., Bakasso, Y., Abdou-rahamane, B. (2020). Caractérisation biochimique et microbiologique de Soumbala de néré (*Parkia biglobosa*) et d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) produits au Niger. *European Scientific Journal*, 16: 1857-7881.
- Atta, S., Diallo, A. B., Sarr, B., Bakasso, Y., Issaka, L., Saâdou, M., Glew, R. H. (2010). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Yield and yield components in response to nitrogen fertilization in Niger. *Indian J. Agric. Res.*, 44:96-103.
- Atta, S., Sarr, B., Diallo, A. B., Bakasso, Y., Issaka, L., Saâdou, M. (2013). Nutrients composition of calyces and seeds of three Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) ecotypes from Niger. *African Journal of Biotechnology*, 12:4174-4178.
- Badi, S. H., Manggoel, W., Mamzing, D., Loks N.A. (2014). Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to the application of different rates of NPK (10:10:10) fertilizer in northern Guinea savanna zone of Nigeria. *Crop Science Society of Nigeria: Second National Annual Conference Proceedings*. 16-19.
- Bakasso, Y. (2010). Ressources génétiques des roselles (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger: Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey. 102 p.
- Bakasso, Y., Saâdou, M., Zongo, J. D., Baidou-Forson, F. (2008). Analysis of agro-morphological variability of *Hibiscus sabdariffa* L. in Niger. *Ann. Sci Agron. Benin*, 11: 21-33.
- Diallo, A. (2007). Contribution à la détermination des besoins en eau, de l'effet de l'azote sur Le rendement et de la composition chimique de trois écotypes d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*). Mémoire d'ingénieur, Centre Régional Agrhymet, Niamey (Niger). 56 p.
- FAO, (2005). Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, Projet Intrants, Niger, 24 p.
- Ghasemi, M., Khadijeh, A., Shiva, G., Morteza, S., Fatemeh, Z. (2015). Effect of application of Nitrogen and Potassium fertilizers on some vegetative and reproductive traits in Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7:75-79.
- Goëbau, N. (2017). Assimilation et effets d'apports foliaires de phosphore et de calcium sur l'équilibre minéral de parcelles de vignes du Languedoc-Roussillon. *Sciences du Vivant [q-bio]*. 2017. dumas- 01869965.
- Hago, T. E. M., Abdel Bagi, A. A., Ahmed, F. E. (2002). Response of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* var *sabdariffa*) to nitrogen, phosphorus and sulfur under summer and winter sowing. *J. Agric. Sc.*, 10: 40-52.
- Hien, N. A. (2012). Étude comparée de deux systèmes de culture (pluvial et irrigué) de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans la province du IOBA: évaluation du potentiel de production en calices. Mémoire d'ingénieur, Institut Du Développement Rural. Université Polytechnique De Bobo-Dioulasso. 62p.
- Imrani, N., Ouazzani Chahdi, A., Chliyeh, M., Touati, J. Ouazzani Touhami, A. Benkirane, R., Douira, A. (2014). Effet de la fertilisation par différents niveaux de NPK sur le développement des maladies foliaires du riz. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23:3601-3625.
- Kaka-Kiari, B. K., Inoussa, M. M., Abasse, A. T., Moussa, M., Atta, S., Bakasso, Y. (2019b). Réponse au Di-Ammonium Phosphate des rendements en feuilles, en calices et en graines des écotypes d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Niger. *European Scientific Journal*, 15:1857-7431.
- Kaka-Kiari, B. K., Moussa, M., Inoussa, M. M., Abasse, A. T., Atta, S., Bakasso, Y. (2019a). Effet d'un apport de Di-Ammonium Phosphate sur les paramètres agromorphologiques des écotypes d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans deux zones agro-climatiques du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13: 1596-1612.
- Kanai S., Ohkura K., Adu-Gyamfi J.J., Mohapatra P.K., Nguyen N.T., Saneoka H., Fujita K. (2007). Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *J. Exp. Bot.*, 58: 2917-2928.
- Kouelo, A. F., Badou, A., Houngnandan, P., Francisco, M. M. F., Gnimassoun, C. J. B., Sochime, D. J. (2012). Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 51: 3625-3632.
- Lépengué, A. N., Mouaragadja, I., Chérif, M., M'batchi B, Aké, S., (2009). Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la croissance de la roselle au Gabon. *Afrique Science*, 3: 97-110.
- Magnan, J. (2006). Épandage post récolte des engrais organiques et risques environnementaux reliés aux pertes d'azote. *Ordre des Agronomes du Québec*. 75 p.
- Majeed, K, A., Ali, S. A. (2011). Effect of Foliar Application of NPK 20-10-10 on Some Growth Characters of Two Cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American Journal of Plant Physiology*, 6: 220-227.
- Marschner P. (2011). Mineral nutrition of higher plants. 3^{ed}. London: Academic Press, 651 p.
- Ognalaga, M., and Itsoma, E. (2014). Effet de *Chromolaena odorata* et de *Leucaene leucocephalae* sur la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Agro. Afri.*, 26: 45-55.
- Ognalaga, M., Odjogui, P. I. O., Lekambou, J. M., Poligui, R. N. (2015). Effet des écumes à cannes a sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9: 2507-2519.
- Okosun, L. A., Magaji, M. D., Yakubu, A. I. (2006). The effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* var *sabdariffa* L.) in a semi arid agro-ecology of Nigeria. *Journal of Plant Sciences*, 1:154-160.
- Sa'id, A., Rabo, B. S., Mustapha, A. B, Simon, S. Y., Hamma I. L. (2015). Influence of NPK fertilizer on the performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Samaru, Zaria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 11: 61-64.
- Seyni, H. H. (2005). Étude de la variabilité du rendement de dix écotypes d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*). Mémoire présenté à la faculté d'agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour l'obtention de diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles. 47 p.
- Tchabi, V. I., Azocli, D., Biao, G. D. (2012). Effet de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) à Tchatchou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6: 5078-5084.
- Timothy, E., and Futuless, K. N. (2014). Influence of sowing date and different levels of Nitrogen Fertilizer on the performance of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Mubi Adamawa State, Nigeria. *Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 1:5-8.