

Evaluation de l'efficacité de la macro-propagation des cultivars de bananiers les plus préférés au Kongo Central, en RD Congo

Germaine Vangu PAKA¹, Patrick Kitume MOBAMBO^{2*}, Bonaventure Aman OMONDI³
et Charles STAYER³

¹ Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), Centre de Recherche de Mvuazi,
Kongo Central, BP 2037, RD Congo

² Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Phytotechnie,
BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

³ Bioversity International, Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier, France

(Reçu le 17 Juillet 2021 ; Accepté le 06 Décembre 2021)

* Correspondance, courriel : p.mobambo@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette recherche est de déterminer quel cultivar de bananier (*Musa* spp.), parmi les plus préférés de fermiers, peut être multiplié efficacement par la technique de Plants Issus des Fragments de tige (PIF). Vingt-neuf cultivars de bananier fortement productifs étaient soumis au test TAS-ELISA. Les plus préférés, représentés par seize cultivars et révélés négatifs, étaient multipliés par la technique PIF dans le propagateur suivant le dispositif complètement randomisé avec trois répétitions. Les plantules ainsi produites étaient testées à nouveau. Les résultats montrent un taux d'infection de 8 % parmi les échantillons des feuilles testés avant macro-propagation (1^{er} test) et de 0 % après macro-propagation (2^{ème} test). Des différences significatives ($p < 0,05$) se sont révélées entre les traitements pour tous les paramètres mesurés. La majorité des cultivars ont eu un taux de viabilité des explants de 100 %. Kimbumbua et Mfuba-Ndongila ont présenté la durée de reprise la plus courte ($18,13 \pm 0,80$ jours). Le temps de sevrage le plus court ($90,40 \pm 3,14$ jours) a été observé chez Mukama. Gros Michel s'est montré plus compétitif ($42 \pm 7,66$ plantules) quant au nombre de plantules produites. Tous les cultivars ont été identifiés performants à la méthode PIF, mais à des niveaux différents.

Mots-clés : *Musa* spp., bananier, macro-propagation, matériel de plantation, BBTV, TAS-ELISA.

Abstract

Assessment of macro-propagation effectiveness of the most preferred banana's cultivars in the Kongo Central, DR Congo

The objective of this research is to determine which banana cultivar (*Musa* spp.) among farmers's most preferred can be effectively propagated by PIF method. Twenty-nine highly productive banana cultivars were submitted to the TAS-ELISA test. The most preferred, represented by sixteen cultivars and revealed negative, were multiplied by the PIF method in the propagator sprouts, following the completely randomized design

with three repetitions. The plantlets thus produced were tested again. The results show an infection rate of 8 % among the leaf samples tested before macro-propagation (1st test) and 0 % after macro-propagation (2nd test). Significant differences ($p < 0.05$) were found between treatments for all measured parameters. The majority of cultivars have had the explant viability rate of 100 %. Kimbuambua and Mfuba-Ndongila had the shortest recovery time (18.13 ± 0.80 days). The shortest weaning time (90.40 ± 3.14 days) was observed in Mukama. In terms of produced plantlets number's, Gros Michel was more competitive (42 ± 7.66 plantlets). All cultivars have been identified as performing at the PIF method, but at different levels.

Keywords : *Musa* spp., banana, macro-propagation, planting material, BBTV, TAS-ELISA.

1. Introduction

Les bananiers (*Musa* spp.) constituent des productions importantes des zones tropicales humides. En termes de production mondiale, la banane (douce et plantain) est le 6^{ème} produit agricole après le maïs, le riz, le blé, la patate douce et le manioc [1]. Elle occupe le premier rang de la production fruitière et vivrière, avec 145 millions de tonnes produites en 2013 sur près de 10,4 millions d'hectares, pour plus de 130 pays à travers les tropiques, principalement l'Afrique, l'Amérique, l'Océanie, et le Pacifique [2]. Elle est considérée comme la clé de la sécurité alimentaire et constitue une source génératrice de revenus pour des millions des ménages en Afrique subsaharienne [3]. Les bananes plantains par exemple répondent aux enjeux de sécurité alimentaire, nutritionnelle et socioéconomique. En République Démocratique du Congo (RDC), la banane plantain est un produit de grande consommation, et elle vient en 2^{ème} position après le manioc. Une production importante est réalisée dans des parcelles de petites surfaces, voire dans des jardins de particuliers, et destinée surtout à la consommation et à la vente locale rurale et urbaine. Malgré l'importance de la banane dans le monde, sa production est confrontée à plusieurs contraintes d'ordre biotiques et abiotiques [4]. Parmi lesquels, la faible fertilité du sol, le manque de matériels de plantation propres, la pression des pestes et maladies, les mauvais états des routes, etc. [5]. Le bananier se multiplie végétativement à partir des rejets qui émergent des bourgeons latéraux localisés à la base de la plante-mère.

Ces rejets conventionnels sont parmi les sources de matériel de plantation disponibles, et sont pour la plupart, l'unique type de matériel utilisé et préféré par la majorité des fermiers dans les zones de production, notamment le Kongo Central [6, 7]. Par ailleurs, l'utilisation par les petits agriculteurs de ce type de matériel est l'une des causes de la propagation rapide des maladies et pestes internes du bananier (virus, bactéries, champignons, nématodes, bactéries, charançons) [8]. De plus, les échanges des rejets, sont responsables de la généralisation de la maladie de Banana Bunchy Top en RDC et ailleurs [9]. Et par conséquent, conduisent aux pertes de rendement et à la diminution de la longévité de la plantation. Parmi les stratégies recommandées pour minimiser l'utilisation de rejets infectés notamment de Virus de Bunchy Top (BBTV), figure entre autre la production du matériel sain [10]. Cependant, il existe des méthodes courantes pour obtenir du matériel de plantation ; mais, chacune d'elles a ses propres exigences en termes de facilités et d'équipements, un taux de multiplication caractéristique et certains risques de contamination dus aux bio-agresseurs. La méthode très rapide pour produire un matériel de plantation de qualité exempt de BBTV et en quantité suffisante est la culture *in vitro*. Mais celle-ci est limitée par des exigences élevées en matière de capital et de compétences et par l'apparition de variations somaclonales. En outre, ces installations font défaut ou sont peu nombreuses dans la plus grande partie de la région de l'Afrique de l'Est et du Centre. Ainsi dans ce contexte, la méthode innovante de multiplication horticole Plants issus de fragments de tige (PIF) semble être appropriée. C'est une technique qui permet de produire en masse de plantules à partir du bulbe d'un rejet dans une chambre d'humidité et d'un substrat humidifié. Lorsqu'elle est maîtrisée et réalisée dans des

conditions exemptes de maladies, elle peut être un moyen de produire localement et dans un délai de 3 à 4 mois, 15 à 60 plantules « saines » de cultivars préférés [11]. C'est en ayant des connaissances approfondies sur ces cultivars qu'on pourra mieux les comprendre pour les utiliser comme clones efficaces à la production en masse des semences saines des bananiers. En effet, les quelques travaux de recherche existants au pays sont ceux des régions du Sud-Est [12] et de l'Est [13]. Par contre, dans la région du Sud-Ouest de la RDC, précisément au Kongo Central où sévit le BBTV, il s'est avéré important d'entreprendre des travaux sur l'identification des cultivars locaux préférés des producteurs répondant efficacement à la macro-propagation par PIF en vue d'être couplée à TAS-ELISA pour la production du matériel de plantation saine.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu expérimental

Deux sites ont servi d'étude dans le Kongo Central, le Centre de Recherche de l'INERA-MVUAZI et le village Tuba. Le Centre de Recherches de l'INERA-MVUAZI est une zone infectée par la maladie du bunchy top. Ce Centre qui est localisé dans le District des Cataractes se trouve à une altitude de 470 m, avec une longitude de 5°27' Sud et une latitude de 14°54' Est. Son climat est du type AW4 selon la classification de Köppen [14]. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1400 mm à 1600 mm d'eau. L'humidité relative moyenne journalière est de 75 % avec une légère diminution en saison sèche [15]. Les températures oscillent entre 20 et 28°C [16]. Tuba Village se trouve dans le District du Bas-Fleuve. Il est situé à 13°09' de longitude Est, 5° 62' de latitude Sud et à 325 m d'altitude, c'est une zone relativement non infectée par la maladie du banana bunchy top. Il est situé à plus de 320 km du Centre de Recherche de Mvuazi.

2-2. Matériel

2-2-1. Matériel Végétal

Le matériel végétal était composé des rejets baïonnettes de cultivars de bananier fortement productifs de la province du Kongo Central. Au total vingt-neuf cultivars ont été concernés par cette étude. Il s'agit de Diyimba (AAB), Nseluka (AAB), Mukama (AAB), Gros Michel (AAA), BS215 (AAB), Ndongila (AAB), Nguala (AAB), Nkiela-Mfuki (AAB), Kinsongo (AAB), Bidi (AAB), Mbimbi (AAB), Bubi (AAB), Bitika Mayombe (AAA), Mposa (ABB), Tiba (AAA), Mfuba-Ndongila (AAB), Bitika Bimenta (AAA), Kimbuambua (AAB), Epanza 2 mains (AAB), Yangambi Km5 (AAA), Epanza 3 mains (AAB), Muasi Zoba (AAA), CRBP 39/1(AAB), SH3640 (AAAB), FHIA-18 (AAAB), Bitika (AAA), FHIA-25 (AAB), Dessert roux (AAA) et Nlemo-Tia (AAA).

2-2-2. Matériels de macro-propagation et de laboratoire

Pour réaliser la technique PIF, des infrastructures et matériel suivant étaient exigées : serres, propagateurs, ombrières, pépinières, tonneau de 100 litre pour stériliser le substrat, couteaux, fongicide, substrat (sciure de bois), sachets en polyéthylène, arrosoirs. Le travail en laboratoire pour contrôler l'état sérologique du matériel végétal avait nécessité des équipements et du matériel Kit ELISA et réactifs.

2-3. Méthodes

Les rejets étaient collectés dans la zone infectée (Mvuazi, Division Unique des Cataractes) et dans la zone relativement indemne de BBTV (Tuba, Division Unique du Bas-Fleuve). Des rejets baïonnettes, respectivement d'un poids et d'une taille compris entre 0,5-0,6 kg et 50-80 cm avec limbe évolutif, étaient extraits

délicatement des plantes-mères asymptomatiques et symptomatiques. Les rejets et les échantillons des feuilles étaient prélevés puis étiquetés et emballés, les échantillons des feuilles étaient gardés dans une glacière pour leur acheminement au laboratoire. De la même manière, les rejets étaient conditionnés dans des sacs pour éviter le mélange. Avant la macro-propagation, les rejets collectés étaient testés. A cet effet, des échantillons de feuilles étaient soumis au test TAS-ELISA (1^{er} test) au laboratoire du Centre de Recherche de l'INERA Mvuazi au Kongo Central suivant la méthode de détection élaborée par l'IITA [17]. Après les résultats du 1^{er} test TAS-ELISA, il a été considéré uniquement les rejets des 16 cultivars les plus préférés des producteurs et dont les échantillons des feuilles étaient testés négatives. Ces derniers étaient conduits à la macro-propagation dans la serre. A cet effet, la technique PIF était mise à profit. Après le choix de rejets, les étapes suivantes étaient réalisées, il s'agit de :

- Parage à blanc qui a consisté au nettoyage du bulbe à l'aide d'un couteau bien tranchant. La partie externe du bulbe était enlevée ainsi que toutes les racines sur une épaisseur 5 mm. A la fin, le bulbe était entièrement blanc ;
- Décorticage, qui a consisté à détacher les gaines foliaires l'une après l'autre. A la frontière du bulbe et de la pseudo-tige, une ceinture plus ou moins claire a été observée selon les cultivars reliant chaque gaine foliaire au bulbe ; c'est le nœud, il y a eu autant de gaines foliaires que de nœuds. Ce décorticage était réalisé à 2 mm au-dessus du nœud. La pseudo-tige était réduite à 2 cm au-dessus du dernier nœud visible de la tige. Une incision croisée à angle droit était également réalisée sur des bourgeons trouvés au point de départ de chaque gaine foliaire ;
- traitement phytosanitaire, celui-ci était réalisé afin d'éliminer les champignons éventuels. Les explants de tige (bulbes) ainsi produits étaient trempés ensuite dans une solution de fongicide (Benlate) à la dose de 15 g par litre pendant 45 minutes et séchés pendant 72 heures sous ombrière, à l'air libre, dans un endroit sec. Au terme de la période de séchage, la surface des bulbes était rajeunie à l'aide d'un couteau bien tranchant en réduisant progressivement la hauteur restante de la pseudo-tige à 3 mm. Ensuite une incision croisée à angle droit au centre de chaque explant était exécutée. Après 60 minutes, les bulbes étaient ensemencés dans le germeoir à une profondeur de 12 cm. Le tout était recouvert avec de la sciure fine de bois sur une épaisseur de 2 à 3 cm.

Les bulbes étaient installés suivant le dispositif complètement randomisé avec trois répétitions. Entre les lignes, les souches étaient espacées de 20 cm, et sur la ligne de 10 cm. Le premier arrosage s'est effectué 24 heures après la mise en place des bulbes. La suite d'arrosage s'effectuait régulièrement au besoin pour maintenir un environnement humide (80 - 90 % d'humidité). Le suivi de l'expérimentation se faisait tous les 3 jours. Les paramètres de prolifération mesurés comprenaient la viabilité de l'explant ou le taux de reprise, le temps de latence ou la durée de reprise, le temps de sevrage ou la durée de sevrage et le nombre totale des plantules produites par souche. Le sevrage des plantules était effectué quand les plantules avaient 2 ou 3 feuilles bien épanouies. Après la macro-propagation, les plants étaient testés (2^{ème} test ELISA).

2-4. Analyse des données

L'analyse de la variance avec le logiciel R 3.5.3 a été mise à profit pour l'analyse des données. Le test de la plus petite différence significative au seuil de 5 % ($P < 0.05$) était utilisé pour la comparaison des moyennes.

3. Résultats

3-1. Statut sérologique des cultivars de bananiers avant la macro-propagation

D'une manière générale, après les analyses des échantillons des feuilles de cultivars collectés et soumis au test TAS-ELISA, il a été observé que trois échantillons asymptomatiques et un symptomatique tous du site de Mvuazi se sont révélés positifs. Par contre, les échantillons de Tuba (Bas-fleuve) se sont révélés négatifs. Ainsi, sur l'ensemble des échantillons testés, un taux d'infection de 8 % était enregistré (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Résultats des échantillons des feuilles de plantes-mères collectés à Tuba et à Mvuazi soumis au test TAS-ELISA

N°	Cultivar	Groupe génomique	Site de collecte	Symptômes	Echantillons composites testés au Tas-ELISA		
					Total	Résultat	BBTV %
1	Diyimba	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
2	Diyimba	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
3	Nseluka	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
4	Nseluka	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
5	Mukama	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
6	Mukama	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
7	Mukama	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
8	Mukama	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
9	Mukama	AAB	Tuba	0	1	Négatif	0
10	Gros Michel	AAA	Tuba	0	1	Négatif	0
11	BS 215	AAAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
12	Ndongila	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
13	Mbunga nguala	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
14	Nkielamfuki	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
15	Kinsongo	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
16	Bidi	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
17	Mbimbi	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
18	Bubi	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
19	Nlemo-tia	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
20	Bitika mayombe	AAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
21	Mposa	ABB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
22	Tiba	AAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
23	Mfuba ndongila	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
24	Bubi	AAB	Mvuazi	1	1	Positif	100
25	Kimbuambua	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
26	Epanza 2 mains	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
27	Yangambi Km5	AAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
28	Epanza 3 mains	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
29	Bitika bimenta	AAA	Mvuazi	0	1	Positif	100
30	Muasi zoba	AAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
31	CRBP39/1	AAAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
32	SH3640	AAAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
33	FHIA18	AAAA	Mvuazi	0	1	Négatif	0
34	Bitika	AAA	Mvuazi	0	1	Positif	100
35	FHIA25	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
36	Nseluka	AAB	Mvuazi	0	1	Négatif	0
37	Dessert roux	AAA	Mvuazi	0	1	Positif	100
Total				1	4		8,1

3-2. Statut sérologique des cultivars de bananiers après la macro-propagation

Les résultats du **Tableau 2** montrent que tous les échantillons de feuilles de cultivars étaient négatifs à 100 % pour le test TAS-ELISA pour toutes les variétés. Le test visuel montre que le contrôle positif, est typiquement jaune (2^{ème} rangée à partir de gauche), alors que le contrôle négatif et les échantillons des feuilles des cultivars sont restés non colorés (**Figure 1**).

Tableau 2 : Résultats des échantillons des feuilles de plantules issues de macro-propagation soumis au test TAS-ELISA

Variétés	Symptômes BBTD	Echantillons composites testés au Tas-ELISA		
		Total	Résultat	BBTV %
Bubi (AAB)	0	1	Négatif	0
Diyimba (AAB)	0	1	Négatif	0
Epanza 2 main (AAB)	0	1	Négatif	0
Epanza 3 mains	0	1	Négatif	0
Gros Michel (AAA)	0	1	Négatif	0
Kimbuamba	0	1	Négatif	0
Kinsongo (AAB)	0	1	Négatif	0
Mafuta (AAA)	0	1	Négatif	0
Mfuba Ndongila (AAB)	0	1	Négatif	0
Muasi zoba (AAA)	0	1	Négatif	0
Mukama (AAB)	0	1	Négatif	0
Ndongila (AAB)	0	1	Négatif	0
Nsakala (AAB)	0	1	Négatif	0
Nseluka (AAB)	0	1	Négatif	0
Nzengani (AAB)	0	1	Négatif	0
SH3940	0	1	Négatif	0
Total	0	16	Négatif	0

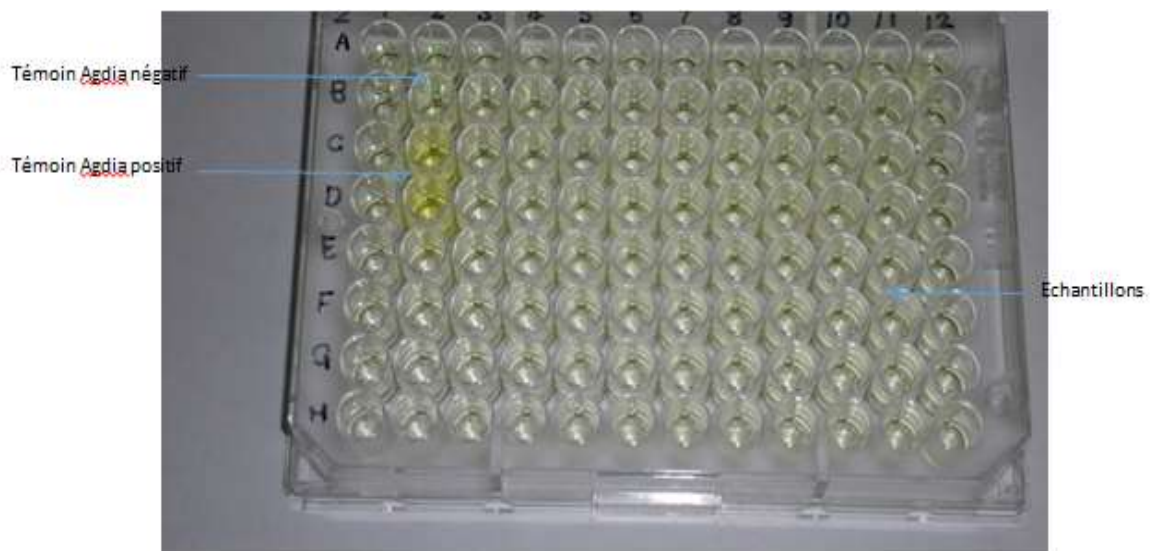


Figure 1 : Visualisation des résultats des échantillons asymptomatiques sur plaque ELISA

3-3. Evaluation des cultivars de bananiers les plus préférés par rapport au taux de viabilité des explants

Le taux de viabilité le plus élevé (100 %) est observé chez Bubi, Diyimba, Epanza 2 mains, Gros Michel, Kinsongo, Mafuta, Mukama, Nsakala et Kimbuambua. Les explants de ces derniers ont tous repris leur croissance. Le taux le moins élevé (97 %) est enregistré chez Epanza 3 mains. Les autres ont présenté des taux intermédiaires (*Tableau 3*). Néanmoins, en termes d'appréciation, tous les cultivars ont montré des valeurs supérieures à la moyenne normale (> 85 %).

Tableau 3 : Taux moyen de viabilité des explants durant l'expérimentation

Cultivar	Taux moyen de viabilité (%)
Bubi	100 ± 0,00a
Diyimba	100 ± 0,00a
Epanza 2 mains	100 ± 0,00a
Epanza 3 mains	97,33 ± 2,51b
Gros Michel	100 ± 0,00a
Kinsongo	100 ± 0,00a
Mafuta	100 ± 0,00a
Mfuba Ndongila	98,66 ± 1,15ab
Muasi Zoba	98,00 ± 3,46ab
Mukama	100 ± 0,00a
Ndongila	98,66 ± 2,30ab
Nsakala	100 ± 0,00a
Nseluka	98,33 ± 1,52ab
Nzengani	98,33 ± 2,88ab
SH3640	99,00 ± 1,73ab
Kimbuambua (T0)	100 ± 0,00a
Moyenne	99,3 ± 0,97
CV (%)	1,59

Dans une colonne les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test de comparaison des moyennes de Fischer à 5 % de probabilité.

3-4. Evaluation des cultivars de bananiers les plus préférés par rapport au temps de latence

Le résultat relatif au temps de latence indique que ce paramètre varie d'un cultivar à un autre (18 ± 0,13 - 22 ± 1,33jours), et dans l'ensemble la moyenne est de 21 ± 0,90 jours, soit trois mois. Mais des différences significatives sont observées entre les cultivars (p < 0,05). La durée de reprise la plus courte est enregistrée chez Kimbuambua et Mfuba Ndongila (*Tableau 4*). Cette courte durée de reprise peut être influencée par des facteurs intrinsèques, mais qui n'ont pas fait l'objet dans cette étude.

Tableau 4 : Temps moyen de reprise des explants durant l'expérimentation

Traitement	Temps moyen de reprise (jour)
Bubi	22,06 ± 1,44ab
Diyimba	19,80 ± 0,72fg
Epanza 2 mains	22,13 ± 1,33a
Epanza 3 mains	22,00 ± 1,91abc
Gros Michel	21,53 ± 0,83abcd
Kinsongo	21,33 ± 0,30abcde
Mafuta	20,00 ± 0,60efg
Mfuba Ndongila	18,13 ± 0,80h
Muasi Zoba	22,06 ± 1,70ab
Mukama	20,26 ± 0,75defg
Ndongila	20,66 ± 1,15bcdef
Nsakala	20,60 ± 0,20cdef
Nseluka	19,06 ± 1,72gh
Nzengani	21,66 ± 0,61abcd
SH3640	20,33 ± 1,10defg
Kimbuambua (T0)	17,66 ± 0,30h
Moyenne	20,57 ± 0,90
CV (%)	4,23

Dans une colonne les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test de comparaison des moyennes de Fischer à 5 % de probabilité.

3-5. Evaluation des cultivars de bananiers les plus préférés par rapport au temps de sevrage

Les résultats obtenus montrent que le temps de sevrage varie d'un cultivar à un autre ($92 \pm 1,10$ - $121 \pm 6,59$ jours), et la moyenne était de $101 \pm 3,48$ jours, soit autour de trois mois. En outre, il a été observé des différences statistiques entre les cultivars ($p < 0,05$). Mukama présente la durée la plus courte ($90,40 \pm 3,14$ jours), il est suivi de Nseluka ($91,40 \pm 2,35$), Mfuba-Ndongila ($91,66 \pm 1,10$). Tandis que Nsakala montre la durée la plus longue ($120,93 \pm 6,59$) suivi de Mafuta ($110,13 \pm 6,76$) (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Temps moyen de sevrage des plants pendant l'expérimentation

Traitements	Temps moyen de sevrage (jour)
Bubi	105,00 ± 3,80bc
Diyimba	97,26 ± 2,73def
Epanza 2 mains	99,66 ± 3,82cde
Epanza 3 mains	102,66 ± 4,77cd
Gros Michel	105,20 ± 1,44bc
Kinsongo	103,26 ± 6,61cd
Mafuta	110,13 ± 6,76b
Mfuba Ndongila	91,66 ± 1,10fg

Muasi Zoba	100,06 ± 3,12cde
Mukama	90,40 ± 3,14g
Ndongila	99,13 ± 2,00cde
Nsakala	120,93 ± 6,59a
Nseluka	91,40 ± 2,35fg
Nzengani	99,80 ± 6,60cde
SH3640	105,53 ± 0,57bc
Kimbuamba (T0)	95,93 ± 0,41efg
Moyenne	101,1 ± 3,48
CV (%)	3,97

Dans une colonne les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test de comparaison des moyennes de Fischer à 5 % de probabilité.

3-6. Evaluation des cultivars de bananiers les plus préférés par rapport au nombre des plantules produites

D'une façon générale, les résultats montrent que le nombre de plantules générées varie d'un cultivar à un autre. Ce dernier se range entre $15,00 \pm 0,70$ et $41,80 \pm 7,66$ plantules et la moyenne est autour de $28,1 \pm 3,23$ plantules. Cependant, statistiquement les résultats révèlent des différences significatives entre les cultivars ($p < 0,05$). Gros Michel présente le nombre de plants plus élevé ($42 \pm 7,66$ plantules) par rapport aux autres cultivars. Par contre, le nombre le moins élevé est enregistré chez Kimbuamba ($15 \pm 0,70$ pousses). Les autres cultivars ont présenté des valeurs intermédiaires (*Tableau 6*).

Tableau 6 : Nombre moyen de plantules produites

Cultivar	Nombre moyen de plantules produites
Bubi	30,53 ± 2,21bc
Diyimba	30,10 ± 1,81bc
Epanza 2 mains	25,70 ± 2,68cd
Epanza 3 mains	29,93 ± 4,06bc
Gros Michel	41,80 ± 7,66a
Kinsongo	30,80 ± 2,43bc
Mafuta	35,93 ± 5,09ab
Mfuba Ndongila	25,20 ± 1,51cd
Muasi Zoba	30,53 ± 2,00bc
Mukama	18,26 ± 0,90ef
Ndongila	28,13 ± 2,64cd
Nsakala	22,26 ± 0,70de
Nseluka	28,40 ± 3,48cd
Nzengani	27,13 ± 3,93cd
SH3640	30,60 ± 9,88bc
Kimbuamba (T0)	15,00 ± 0,70f
Moyenne	28,1 ± 3,23
CV (%)	14,62

Dans une colonne les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test de comparaison des moyennes de Fischer à 5 % de probabilité.

4. Discussion

4-1. Statut sérologique des cultivars de bananiers avant et après la macro-propagation

Les résultats positifs du test ELISA obtenus, respectivement sur les plantes-mères avec et sans symptômes, sont en accord avec les résultats obtenus sur un test d'infection d'une diversité virale [18]. Par contre, les mêmes cultivars testés négatifs avant macro-propagation (à la première analyse Tas-ELISA) sur des plantes-mères asymptomatiques sont confirmés négatifs après macro-propagation (à la seconde analyse Tas-ELISA), ce qui est similaire aux résultats des études diagnostiques réalisées sur le BBTV [19].

4-2. Taux de viabilité et temps de reprise des explants

Le taux de viabilité et le temps de reprise, ayant varié d'un cultivar à un autre, confirme les observations des auteurs des références [20], et des valeurs obtenues se rapprochent de celles d'autres auteurs [21]. Le taux de viabilité observé dans cette étude et qui est compris entre 97-100 % est très intéressant et il est largement supérieur à celui obtenu par l'utilisation de la fumure organique et minérale qui est de 89,3 % [22]. En plus, nos résultats contrarient ceux issus des essais menés dans un substrat riche en matières organiques suffisamment décomposées qui ont donné une viabilité très faible (inférieure à 10 %) [23], attribuée à la pourriture de souches dans le propagateur. Dans une autre étude d'analyse technique et économique, la viabilité comprise entre 20-100 % a été rapportée due à l'état sanitaire non contrôlé des différents rejets utilisés [24]. Le temps de reprise de trois semaines observé dans cette étude s'oppose à celui de deux semaines trouvé à partir de l'utilisation des rejets entiers non parés [25], attribué à la maîtrise de la technique par le manipulateur. Différentes variations de temps de reprise sont également dues à la teneur des réserves nutritives stockées dans le bulbe [26].

4-3. Temps de sevrage

Les résultats relatifs à la durée de sevrage, montrent que les différents cultivars ont produits des plants dans un intervalle de temps compris entre 90-121 jours (3-4 mois), comparativement à celui rapporté par d'autres études dont les valeurs se sont rangées entre 64 et 150 jours (2-5 mois) [27]. Les résultats montrent que les cultivars évalués ont la capacité de produire en serre les plants dans un temps court, ce qui est intéressant pour éviter les pourritures éventuelles des souches.

4-4. Nombre de plantules produites

Les résultats relatifs au nombre des plants obtenus varient d'un cultivar à un autre et confirment ainsi les résultats des recherches antérieures [28]. D'un côté, ce nombre se trouve dans l'intervalle de 10-100 plantules expérimenté par le CENAREST [29] et de l'autre côté, il est de loin supérieur à celui rapporté ailleurs, lequel se situe autour de 6-9 plantules [30].

5. Conclusion

L'objectif de cette recherche est de déterminer quel cultivar de bananier (*Musa* spp) parmi les plus préférés de fermiers peut être multiplié efficacement par la technique PIF couplée à TAS-ELISA. Avant macro-propagation, les bananiers avec symptômes de BBTB du site de Mvuazi étaient testés positifs et tous ceux du site Tuba étaient testés négatifs. Après macro-propagation, tous les vivo-plants produits étaient testés négatifs. De plus, la majorité des cultivars ont eu un taux de viabilité de 100 %. Kimbumbua et Mfuba-Ndongila ont présenté la durée de reprise la plus courte. Mukama avait présenté un temps de sevrage le plus court. Gros Michel s'est montré plus compétitif quant au nombre de plantules produites. Tous les cultivars avaient été identifiés performants à la méthode PIF, mais à des niveaux différents. Néanmoins, tous peuvent être retenus, et utilisés dans la technique de macro-propagation.

Remerciements

Nous remercions sincèrement l'organisme Bioversity International pour le financement octroyé en vue de l'exécution des travaux de recherche qui ont conduit à l'obtention de ces résultats. Nous sommes également reconnaissants à l'Université de Kinshasa (UNIKIN) et l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA) pour leur assistance matérielle dans la réalisation de cette recherche.

Références

- [1] - D. SOM, P. JUYAL, M. TYAGI, N. CHAUHAN, A. KUMAR, C. SINGH, S. JABI and N. GAURAV, A review on biology and study of major viral diseases in banana. *The Pharma Innovation Journal*, 7 (12) (2018) 218 - 222
- [2] - C. A. KOUAME, K. N. KOUASSI, Y. D. N'DRI et A. G. N'GUESSAN, Plantain (*Musa* spp., AAB genome) cultivar preference, local processing techniques and consumption patterns of plantain based foods mostly consumed in urban Area of Abidjan, Côte d'Ivoire. *Nature et Technologie. B-Sciences Agronomiques et Biologique*, 12 (2015) 117 - 129
- [3] - C. BERHAL, C. D. CLERCK, M. L. FAUCONNIER, C. LEVICEK, A. BOULLIS, A. KADDES, H. M. JIJAKLI, F. VERHEGGEN and S. MASSART, First Characterisation of Volatile Organic Compounds Emitted by Banana Plants. *Scientific Reports* (2017) 7p.
- [4] - J. G. ADHEKA, D. B. DHED'A, D. KARAMURA, G. BLOMME, R. SWENNEN and E. De LANGHE, The morphological diversity of plantain in the Democratic Republic of Congo. *Scientia Horticulturae*, 234 (2018) 126 - 133
- [5] - K. N. MOBAMBO, C. STAVER, S. HAUSER, B. DHEDA and G. VANGU, An innovation capacity analysis to identify strategies for improving plantain and banana productivity and value addition in the Democratic Republic of Congo. *Acta Horticulture (ISHS)*, 879 (2010) 821 - 827
- [6] - C. J. M. ALMEKINDERS, S. WALSH, K. S. JACOBSEN, L. A. JORGE, A. MARGARET, E. STEF DE HAAN, L. KUMAR, and C. STAVER, Why interventions in the seed systems of roots, tubers and bananas crops do not reach their full potential. *Food Security*, 11 (2019) 23 - 42
- [7] - L. T. MUKWA, A. GILLIS, V. VANHESE, G. ROMAY, S. GALZI, N. LABOUREAU, M. A. KALONJI, M-L. CARUANA and C. BRAGARD, Low genetic diversity of Banana bunchy top virus, with a sub-regional pattern of variation, in Democratic Republic of Congo. *Virus Genes*, 52 (6) (2016) 900 - 905
- [8] - T. LESCOT, et C. STAVER, Les bananes, les plantains et d'autres espèces de la famille des Musacées dans: Matériel de plantation de qualité déclarée. Protocoles et normes pour les cultures à

- multiplication végétative. Etude FAO. Production végétale et protection des plantes. *Fiche, 195*(2014) 17 - 35
- [9] - F. T. MUKWA, M. MUENGULA, I. ZINGA, A. KALONJI, I. M. CARUANA, et C. BRAGARD, Occurrence and Distribution of Banana Bunchy Top virus Related Agro-ecosystem in south western Democratic Republic of Congo. *American Journal of Plant Sciences*, 5 (2014) 647 - 568
- [10] - C. NIYONGERE, A. OMONDI and G. BLOMME, Banana bunchy top. *Virus Diseases of Tropical and Subtropical Crops* (eds P. Tennant and G. Fermin), (2015) 17 - 26
- [11] - L. M. LEFRANC, T. LESCOT, C. STAYER, M. KWA, I. MICHEL, I. NKAPNANG and L. TEMPLE, Macropropagation as an Innovative Technology: Lessons and Observations from Projects in Cameroon. *Proc. IC on Banana and Plantain in Africa* Eds.: T. Dubois et al. *Acta Horticulturae*, 879 (2010) 727 - 733
- [12] - J. N. TCHATCHAMBE, F. B. KIRONGOZI, J. G. ADHEKA1, D. O. ONAUTSHU, R. SWENNEN et B. D. DHED'A, Production of BBTV-free plants by micropropagation and macropropagation in Kisangani, DR Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 26 (2) (2019) 498 - 502
- [13] - J. NTAMWIRA, C. SIVIRIHAUMA, W. OCIMATI, M. BUMBA, L. VUTSEME, M. KAMIRA and G. BLOMME, Macropropagation of banana/plantain using selected local materials: A cost effective way of mass propagation of planting materials for resource-poor households. *European Journal of Horticultural Science*, 82 (1) (2017) 38 - 53
- [14] - T. M. MULIELE, C. M. MANZENZA, L. W. EKUKE, C. P. DIAKA, D. M. NDIKUBWAYO, O. M. KAPALAY et A. N. MUNDELE, Utilisation et gestion des pesticides en cultures maraîchères : cas de la zone de Nkolo dans la province du Kongo Central, République démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 119 (2017) 11954 - 11972
- [15] - D. KUPESA, B. MFUTI, H. B. MENAKUNTUALA, E. N. BAMBALA, H. K. LONGI, T. B. KUPESA et A. K. M. LEMA, Identification et occurrence des fourmis dans les champs de manioc au centre de recherche de Mvuazi. *Afrique SCIENCE*, 12 (6) (2016) 383 - 390
- [16] - E. T. MENAKUNTIMA, L. E. WOTO, T. B. ZEYIMO, G. T. NDOMATESO, A. N. MAYANGA, M. T. NSIMBA, C. B. MAKUKA, M. B. MAKUMBU, M. M. NGOMA, G. N. MAYANGA et P. M. MBUNGU, Effet des quelques biopesticides sur la réduction de la population de la mouche blanche du manioc au centre de recherche de Mvuazi. *Afrique SCIENCE*, 14 (5) (2018) 84 - 93
- [17] - IITA (International Institute of Tropical Agriculture), Virus Detection in Banana A Laboratory Manual. Edit. Lava Kumar, Virology and Molecular Diagnostics Unit International Institute of Tropical Agriculture, (2010) 70p.
- [18] - P. L. KUMAR, R. HANNA, O. J. ALABI, M. SOKO, T. OBEN, G.P. VANGU and R. NAIDU, Banana bunchy top vii investigations on virus distribution and diversity. *Virus Research*, 159 (2011) 171 - 182
- [19] - C. STAYER, B. INGE VAN DEN, E. KARAMURA, G. BLOMME. et T. LESCOT, Targeting actions to improve the quality of farmer planting material in Banana and plantain-Building a National Priority-setting framework. *Tree and Forestry Science and Biotechnology* (2010) 10p.
- [20] - I. M-L. CARUANA, Banana virus diagnostics for clean seed production, safe germplasm exchange and surveillance of banana bunchy top disease. Training course, CIRAD, Montpellier, France, July 15-25 (2014)
- [21] - C. STAYER, et T. LESCOT, La multiplication de matériel de plantation de qualité pour améliorer l'état sanitaire et la productivité des cultures. Pratiques clefs pour les bananiers et les bananiers plantains. *Guide illustré FAO*, (2015) 56p.
- [22] - B. M. BANGATA, K. N. MOBAMBO, M. KASONGO, D. SHUNGU, K. VUVU, P. VANGU, A. OMONDI et C. STAYER, Evaluation du potentiel prolifératif de six cultivars de bananier (cv. AAB, ABB, et AAA) par macropropagation en République Démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 127 (2018) 12770 - 12784

- [23] - B. M. BANGATA, K. N. MOBAMBO, D. SHUNGU, K. VUVU et P. VANGU, Influence de la fertilisation organique et minérale sur la prolifération des plantules à partir d'explants de bananier plantain (*Musa* sp.) par macropropagation en serre. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2 (3) (2019) 44 - 51
- [24] - P. LEPOINT, R. SIBOMANA, C. NIYONGERE and G. BLOMME, Cultural Practices for Banana Bunchy Top Disease Management : A Sustainable Option for Burundian Smallholders ? *Acta Horticulturae*, 986 (2013) 1 - 9
- [25] - B. E. OKOTHOMAS et J. B. MUKALAY, Analyse technique et économique de la multiplication de bananiers par la technique de plants issus de fragment de tige (PIF) à Lubumbashi, RD Congo. *Afrique SCIENCE*, 14 (2) (2018) 48 - 56
- [26] - M. A. D. BOYE, D. F. SOKO, A. L. J. LOLO, E.T. AKAFFOU et Y. J. KOUADIO, Production de Plants de bananier plantain *Musa* AAB Var. Orishele par la méthode DESHYPIF à partir des Rejet-Écailles et rejets baïonnettes. *European Scientific Journal*, 13 (30) (2017) 96 - 107
- [27] - B. M. DZOMEKU, S. K. DARKEY, J. N. WÜNSCHE, and R. K. BAM, Response of selected local plantain cultivars to PIBS (Plants Issus de Bourgeons Secondaires) technique. *Journal of Plant Development*, 21 (2014) 117 - 123
- [28] - T. C. KOUA, T. KONE, Y. TOURE, and M. KONE, Typology of Nurseries and Adoption's level of the Technique of Plants Derived Stem Fragment 'PIF' for the Production of Plantain Planting Material (*Musa* spp.) in Côte d'Ivoire. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4 (2019) 220 - 228
- [29] - J. P. MAYEKI, B. M. NDONG, C. N. ELLA, F. MOLOUBA, D. DEMIKOYO, S. MIBEMU and B. EFFA, Influence de la composition des substrats sur le sevrage des vivoplants de plantains (*Musa* sp), Laboratoire de Biotechnologies Végétales, IRAF CENAREST in *Sciences Sud*, 3 (2010) 1 - 16
- [30] - E. O. MENSAH, B.M. DZOMEKU, P.O. AMOAKO, S.O. NKETIA, and H. K. DAPAAH, Sucker multiplication in plantain using chicken manure as a substrate supplement. *African Journal of Plant Science*, 11 (5) (2017) 168 - 173