



Effets des sources de carbone (sucrose, glucose), et des doses de saccharose sur l'induction de la rhizogénèse chez l'hybride FHIA-01 (AAAB) du bananier en culture *in vitro*.

Mazinga Kwey Michel^{1*}, Mario Godoy Jara², Baboy Longanza Louis^{3&4}, Useni Sikuzani Yannick⁴, Nyembo Kimuni Luciens⁴, Kasongo Lenge Mukonzo Emery⁴, Van Koninckxloo Michel⁵.

¹Laboratoire de culture *in vitro* des plantes, Département de phytotechnie, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi B.P 1825 Lubumbashi, RD Congo. E-mail : michelmaz2003@yahoo.fr. Tél : +243970648542 ;

²Haute École Provinciale du Hainaut Occidentale-Condorcet et laboratoire de culture *in vitro* du centre de Recherches « Centre pour l'agronomie et l'agro-industrie de la Province de Hainaut » (CARAH asbl), rue Paul Pastur 11, 7800 ATH/Belgique ;

³Collaborateur Scientifique au Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale, à l'Université Libre de Bruxelles, Avenue F.D. Roosevelt 50, CP 169 B-1050 Bruxelles, Belgique

⁴Département de phytotechnie, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi B.P 1825 Lubumbashi, RD Congo

⁵Centre pour l'agronomie et l'agro-industrie de la Province de Hainaut (CARAH asbl) et Inspection générale de l'enseignement supérieur de la Province de Hainaut. , rue Paul Pasteur 11, 7800 ATH/Belgique.

*Auteur correspondant : michelmaz2003@yahoo.fr

Original submitted in on 22th October 2013 Published online at www.m.elewa.org on 31st January 2014.

RÉSUMÉ

Objectifs : Évaluer les effets des sources de carbone (sucrose, glucose), et des doses de saccharose sur l'induction de la rhizogénèse chez l'hybride FHIA-01 (AAAB) du bananier en culture *in vitro*. La phase de prolifération a été réalisée au laboratoire de culture *in vitro* du CARAH de l'H.E.P.H.O Condorcet à Ath.

Méthodologie et résultats : L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif complètement randomisé. Pour le premier essai, 4 traitements ont été constitués : le témoin, milieu dans lequel aucune source de carbone n'a été appliquée (T0); 30 g/l de sucrose (T1); 31,71 g/l de glucose (T2); 15 g/l Sucrose + 15,855 g/l glucose (T3). Par ailleurs, pour l'étude portant sur les effets des doses de sucrose, les doses de 5 g/l, 10 g/l, 15 g/l et 20 g/l (témoin) ont été ajoutées dans les milieux de culture d'enracinement et ont constitué les quatre traitements dans le cadre de cet essai. Les résultats obtenus ont montré que l'enracinement de l'hybride FHIA-01 n'est pas influencé par la source de carbone, le saccharose, le glucose et leur combinaison ayant donné des effets similaires. Par ailleurs, les différentes diminutions de la concentration de saccharose affectaient significativement l'enracinement. **Conclusion et principales applications de la recherche** : Les différentes sources de carbone moins coûteuses permettent de réduire le coût d'enracinement *in vitro* des vitroplants afin de répondre efficacement au besoin en matériel de plantation des paysans des régions pauvres. En outre, elles réduiraient les pertes de vitroplants enregistrées lors de la phase d'acclimatation, dues à une mauvaise qualité du système racinaire.

Mots clés : Bananier, carbone, rhizogénèse, FHIA-01, vitroplants, *in vitro*

ABSTRACT

Effects of carbon sources (sucrose, glucose), and doses of sucrose on the induction of rooting in FHIA-01 (AAAB) banana *in vitro*.

Objectives: To evaluate the effects of carbon source (sucrose, glucose), and of saccharose concentration on the *in vitro* root induction of the banana FHIA-01 hybrid (AAAB). The proliferation phase was achieved at the laboratory of *in vitro* culture of the CARAH of the Condorcet H.E.P.H.O in Ath.

Methodology and results: For the first test, 4 treatments were constituted: control treatment without carbon source, (T0); 30 g/l of sucrose (T1); 31, 71 g/l of glucose (T2); 15 Sucrose g/l + 15,855 g/l glucose (T3). In order to examine the effects of sucrose concentration, 5 g/l, 10 g/l, 15 g/l and 20 g/l (control treatment) sucrose were added in the rooting medium. The results showed that rooting of the FHIA-01 hybrid is not influenced by the source of carbon, sucrose, glucose and their combination having given similar effects. However, the different reductions of the saccharose concentration affected rooting significantly.

Conclusion and mains applications of research: Different sources of less expensive carbon can reduce the cost of *in vitro* rooted plantlets to effectively respond to the need for planting material of farmers in poor regions. In addition, they reduce losses vitroplants recorded during the acclimatization phase, due to poor quality of the root system.

Key words: Banana tree, carbon, rooting, FHIA-01, vitroplants, *in vitro*,

INTRODUCTION

La culture de méristème est la méthode la plus sûre pour éviter l'apparition de plantes non conformes à la plante mère ou variant (Saadi, 1991). En culture *in vitro* des plantes, les tissus sont largement hétérotrophes à l'égard du carbone, suite à l'absence ou à l'influence de l'assimilation chlorophyllienne. D'où l'ajout d'une source de carbone (glucides) au milieu de culture est impérativement souhaitable. Par ailleurs, cette source de carbone se substitue en énergie nécessaire pour la croissance des tissus et maintient une pression osmotique du milieu de culture (Zryd, 1988; Veen, 1963 ; Raghavan & Torrey, 1963). Les glucides les plus généralement utilisés comme source de carbone sont le saccharose et le glucose (Belaizi & Boxus, 1995 ; Druart & Samyn, 1995 ; Walker & Parrott, 2001). Le maltose peut constituer une bonne source carbonée puisqu'il permet, dans certains travaux portant sur l'embryogenèse, d'améliorer à la fois la qualité et la quantité d'embryons somatiques produits (Saadi, 1991). Parmi les différentes sources de carbone intervenant dans la différenciation et dans l'ajustement osmotique, le saccharose reste la source la plus communément utilisée en culture *in vitro* du bananier. La

rhizogénèse, un facteur complexe comportant différentes phases parmi lesquelles : la dédifférenciation, la formation d'amas de cellules méristématiques, la différenciation mais aussi l'organisation des amas méristématiques en primordium racinaire qui se développent en jeunes racines (Margara, 1989 ; Boxus, 1995). La riboflavine, souvent associée à une auxine (AIB), est utilisée à cette fin. Toutefois, en dépit de ses avantages, l'utilisation de la riboflavine pose un problème de coût et de quantité à appliquer. L'utilisation d'auxine ou de riboflavine pour l'induction racinaire rendrait élevé le coût de production des vitroplants pour les entreprises industrielles ; ce qui ne faciliterait pas l'accès des paysans des régions pauvres au matériel de propagation de qualité (vitroplants). Par ailleurs, les sources de carbone comme le sucrose ou glucose sont rencontrées dans le commerce et même le sucrose de ménage peut être utilisé en culture *in vitro* du bananier. En plus, ces sources de carbones ne coûtent pas très cher comme la riboflavine. Manzanera et Pardos (1990) ont montré que le pourcentage de bourgeons enracinés ainsi que le nombre moyen de racines, augmentent avec la concentration en saccharose,

mais que le maximum dépend des clones. Néanmoins, le saccharose reste la source la plus communément utilisée (Brhadda, 2008). Haissing et Thorpe (1974) ont également montré chez quelques espèces ligneuses que l'initiation de la rhizogénèse est un processus qui nécessite beaucoup d'énergie et ont utilisé le saccharose

comme source de carbone. Dans cette étude, l'efficacité de différentes sources et concentrations de sucre sur l'induction de la rhizogénèse chez l'hybride FHIA-01 de bananier (*Musa sp.*) en culture *in vitro* a été évaluée, afin d'identifier la source de sucre et la concentration adaptées pour la phase d'enracinement.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu : Pour évaluer les effets des différentes sources de carbone sur la rhizogénèse du bananier en culture *in-vitro*, les explants (bourgeons non enracinés) de l'hybride FHIA-01 provenant de la phase de prolifération ont été utilisés comme matériel végétal. La phase de prolifération a été réalisée au laboratoire de culture *in vitro* du CARAH de l'H.E.P.H-Condorcet à Ath.

Matériels et Méthodes : Les explants de FHIA-01 étaient issus de la 7^{ème} subculture de prolifération. Par ailleurs, la taille de l'explant a été réduite à 2 cm de hauteur. Le milieu de culture MS (Murashige & Skoog, 1962), était additionné de 5 g. l⁻¹ d'agar, 1µM IAA, 10 µM MemTR et 10 µM BAP. Cependant, pour l'essai des doses de saccharoses, le milieu de culture MS a

été enrichi de 5 g. l⁻¹ d'agar, 1µM IAA, 20 µM mT. Les récipients; les bacs en plastiques contenant 100 ml de milieu, le matériel végétal FHIA-01 et les conditions de culture sont les mêmes dans les deux essais. Les essais ont été placés à la lumière à 27°C de température, une photopériode de 16 h. Cinq (5) explants ont été inoculés par répétition. Au total, 10 répétitions par traitement ont été effectuées dans les deux essais conduits suivant un dispositif complètement randomisé. Le pH 5,8 a été ajusté avec du (NAOH ou KOH 1M). La durée des essais était de 45 jours. Les traitements ci-dessous ont été enrichis dans le milieu d'enracinement. La photo 1 présente l'explant de FHIA-01, qui a été utilisé comme matériel végétal.



Photo 1 : L'explant de départ, sa taille est réduite à 2 cm de longueur

Pour l'évaluation des effets des différentes sources de carbone, les traitements suivants ont été constitués : le témoin, milieu dans lequel aucune source de carbone n'a été appliquée (T0); 30 g/l (1M) de sucrose (T1); 31,71 g/l (1 M) de glucose (T2); 15 g/l Sucrose + 15,855 g/l glucose (T3). Le choix des cytokinines, auxine et de sa concentration est celui utilisé par Van den Houwe et Swennen (2000) et Panis (2009). Par ailleurs, pour l'étude portant sur les effets des doses de sucrose, les doses de 5 g /l, 10 g/l, 15 g/l et 20 g/l (témoin) ont été ajoutées dans les milieux de culture d'enracinement et ont constitué les quatre traitements dans le cadre de cet essai.

Paramètres d'observation : Tous les paramètres ci-dessous ont été observés pour les deux essais, 45 jours après l'inoculation des explants sur le milieu d'enracinement. Les résultats ont été soumis aux analyses statistiques avec le logiciel Stat box 7.0 :

- Nombre de bourgeons ou pousses par explant ;
- Nombre de feuilles émises par explant ;
- Nombre de racines induit par explant ;
- Taille de l'explant après 45 jours de l'expérience en milieu d'enracinement.

RÉSULTATS

Effets des sources de carbone (sucrose, glucose), sur la rhizogénèse de FHIA-01 : Il ressort des résultats obtenus dans cette étude, que les traitements n'ont pas influencé l'induction de la rhizogénèse. Les résultats enregistrés, ne révèlent aucune différence significative entre les deux sources de carbone tout comme avec leur combinaison. Tous les traitements ont produit un nombre moyen de racines par explant. L'absence d'une source de carbone dans le milieu de culture d'enracinement, a eu un effet inhibiteur sur la prolifération de bourgeons ou des pousses pendant la phase d'enracinement. Par ailleurs, l'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre

les traitements. Du point de vue taille de racines par explant initial, le glucose est la source de carbone qui a induit des racines de petite taille, soit 4,9 cm en moyenne. L'analyse de la variance a révélé un effet traitement, le sucrose a induit des racines de taille supérieure comparativement à la combinaison saccharose + glucose. Par contre, aucune différence n'a été observée sur la taille moyenne de l'explant comparativement aux traitements. En ce qui concerne le nombre de feuilles émises par explant de FHIA-01 au cours de 45 jours d'enracinement en culture *in vitro*, l'analyse de la variance n'a révélé aucun effet de traitement (Tableau 1).

Tableau 1 : Effets des sources de carbone sur le nombre de racines néoformées par explant. Ceci au bout de 45 jours de phase d'enracinement en culture *in vitro*.

Traitements	Doses (g. l ⁻¹)	Nombre de racines	Nbre bourgeons	Nbre de feuilles	Taille racines (cm)	Taille explant (cm)
Témoin	0	8,6±4,2 a	1,2 ±1,4 b	4,4±1,0 a	9,2±4,6 a	5,0±1,2 a
Sucrose	30	5,6±1,6 b	1,3±1,7 ab	5,0±1,1 a	7,7±4,7 a	4,0±1,2 b
Glucose	31,71	5,3±2,6 b	1,8 ±1,8 ab	5,0±0,9 a	7,1±2,9 ab	3,9±0,8 b
Gluco+Sucrose	15, 8+15	6,6±2,1 b	2,3±1,6 a	4,6±1,0 a	4,9±3,5 b	4,5±1,1 ab
ANOVA		F= 8,2 S PPDS = 1,9	F= 3,0 S PPDS = 1,1	F= 0,9 NS	F= 5,8 S PPDS =2,8	F= 6,9 S PPDS = 0,7

Moyennes ± Ecart-types. Pour chaque paramètre, les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas différentes après comparaison par Test Bonferroni au niveau 5%

De façon générale, aucune différence n'est observée entre les sources de carbone (saccharose et glucose) sur les paramètres ; nombre de racines induit par explant, taille de l'explant, nombre de feuilles émises par explant et nombre de bourgeons induit par explant au bout de 45 jours d'enracinement en culture *in vitro*.

Effets des doses de saccharose sur l'induction de la rhizogénèse de FHIA-01 : L'induction de la rhizogénèse était proportionnelle à l'augmentation de la dose de saccharose. Le traitement à 20 g de saccharose avait un nombre supérieur de racines que les trois autres ($p < 0,05$; Figure 1).

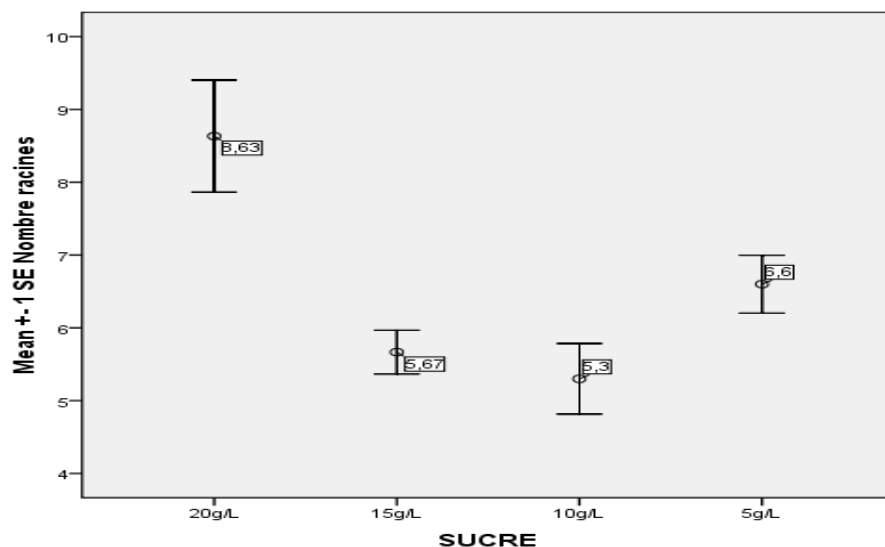


Figure 1. Effet des doses croissantes de saccharose sur l'induction de racines.

Les valeurs moyennes étaient respectivement de $8,6 \pm 4,2$ (a); $5,6 \pm 1,6$ (b); $5,3 \pm 2,6$ (b); $6,6 \pm 2,1$ (b) pour 20 g, 15 g, 10 g et 5 g de saccharose. Une relation en forme de U était constatée, les traitements à 20 g, 15 g et 5 g avaient influencé positivement la croissance de

racines exprimée en taille (cm) ($p = 0,01$; Figure 2). Les valeurs moyennes étaient respectivement de $9,2 \pm 4,6$ (a), $7,7 \pm 4,7$ (a), $4,9 \pm 2,9$ (b), $7,1 \pm 3,5$ (ab) pour 20 g, 15 g, 10 g et 5g de saccharose.

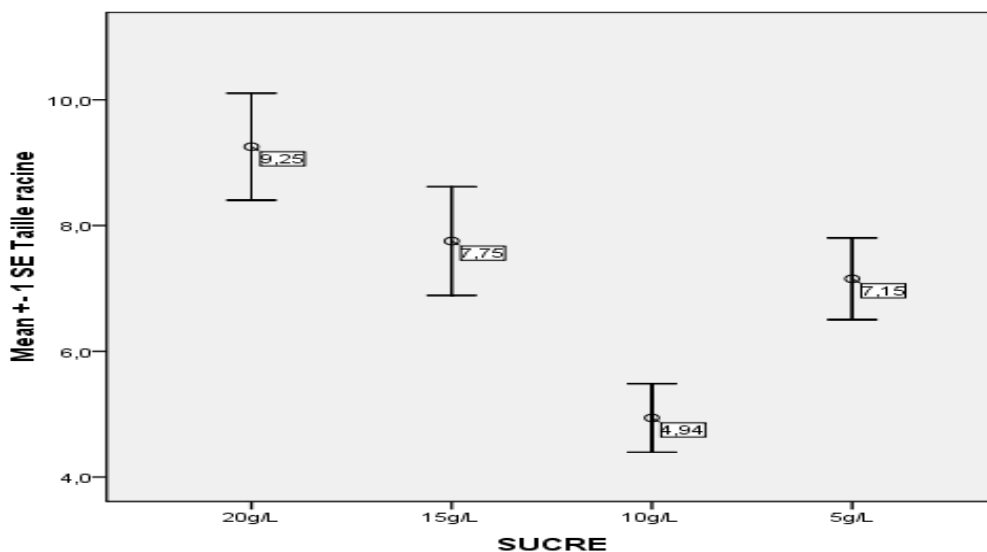


Figure 2 : Effet des doses croissantes de saccharose sur la taille de racines.

L'augmentation du nombre de bourgeons était inversement proportionnelle à l'augmentation de la concentration de saccharose ($p = 0,03$; Figure 3).

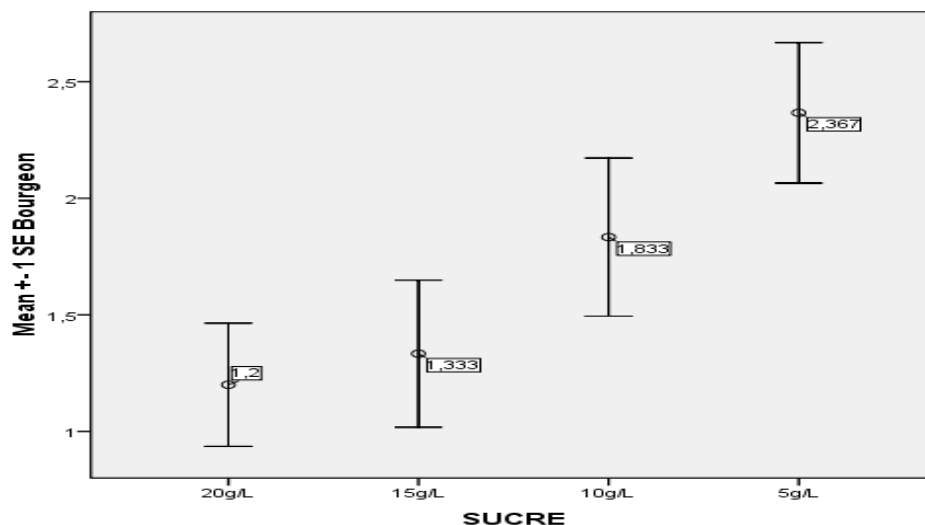


Figure 3 : . Effet des doses croissantes de saccharose sur la formation de bourgeon.

Les valeurs moyennes du nombre de bourgeons étaient de $1,2 \pm 1,4$ (b), $1,3 \pm 1,7$ (ab), $1,8 \pm 1,8$ (ab) et $2,3 \pm 1,6$ (a) respectivement pour 20 g, 15 g, 10 g et 5 g de saccharose. Une relation en forme de U était constatée pour le paramètre taille d'explant, les

traitements à 20 g et 5 g avaient influencé positivement la croissance d'explant exprimé en taille (cm) ($p = 0,01$). Les valeurs moyennes étaient respectivement de $5 \pm 1,2$ (a), $4 \pm 1,2$ (b), $3,9 \pm 0,8$ (b), $4,5 \pm 1,1$ (ab) pour 20 g, 15 g, 10 g et 5 g de saccharose (Figure 4).

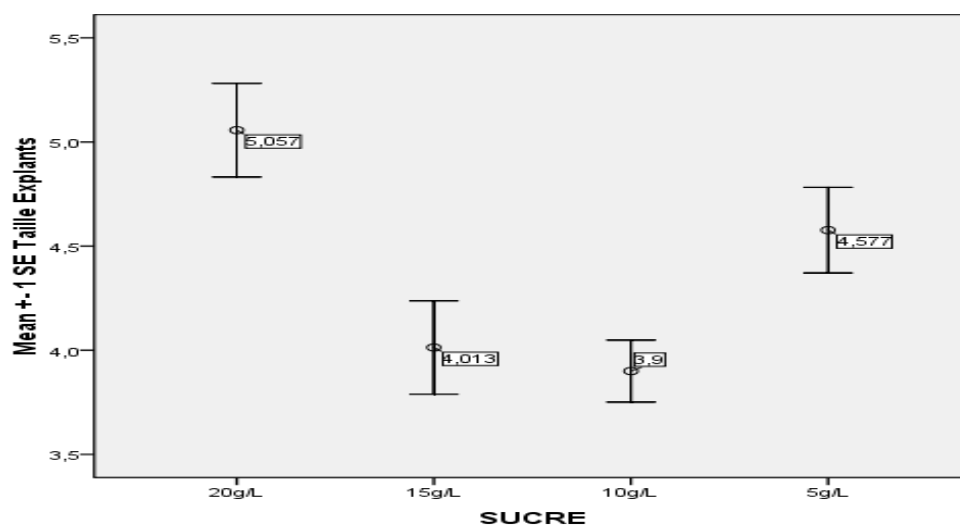


Figure 4 : Effet des doses croissantes de saccharose sur la taille de FHIA-01.

Il ressort du tableau 2 que la taille d'explant, le nombre de feuilles émises et de racines révèlent des corrélations négatives significatives avec les bourgeons proliférés. Par contre, les autres paramètres ont montré

des corrélations positives significatives à l'exception du nombre de bourgeons.

Tableau 2 : Les corrélations des paramètres de croissance et de développement en présence des différentes concentrations croissantes de saccharose

		Bourgeon	Taille Explants	Nombre feuilles	Nombre racines	Taille racine
Bourgeon	Corrélation de Pearson	1	-,155	-,228*	-,147	-,193*
	Sig. (bilatérale)		,092	,012	,109	,034
	N	120	120	120	120	120
Taille Explants	Corrélation de Pearson	-,155	1	,268**	,506**	,546**
	Sig. (bilatérale)	,092		,003	,000	,000
	N	120	120	120	120	120
Nombre feuilles	Corrélation de Pearson	-,228*	,268**	1	,084	,118
	Sig. (bilatérale)	,012	,003		,361	,199
	N	120	120	120	120	120
Nombre racines	Corrélation de Pearson	-,147	,506**	,084	1	,452**
	Sig. (bilatérale)	,109	,000	,361		,000
	N	120	120	120	120	120
Taille racine	Corrélation de Pearson	-,193*	,546**	,118	,452**	1
	Sig. (bilatérale)	,034	,000	,199	,000	
	N	120	120	120	120	120

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

DISCUSSION

Pardos (1981) a montré que la diminution de la concentration en saccharose ne modifie pas significativement l'enracinement des bourgeons. Mais il faut tout de même signaler que suite à l'absence d'une source de carbone dans le milieu d'enracinement, les racines induites par les vitroplants issus du traitement témoin étaient très fragiles suite à leur petitesse. Ceci pouvait rendre difficile, les manipulations de repiquage en pots lors du transfert de vitroplants en serre d'acclimatation. Le même constat a été fait pour le Chêne-liège, où la présence d'une source de carbone paraît indispensable (Manzanera & Pardos, 1990). Haissing & Thorpe (1974) ont montré chez quelques espèces ligneuses que l'initiation de la rhizogénèse est un processus qui nécessite beaucoup d'énergie et utilise le saccharose comme source de carbone. Les embryons somatiques d'olivier cv. 'Picholine marocaine' ont été obtenus sur les milieux de culture

contenant du saccharose (Brhadda et al., 2007). Romano et al. (1995) ont également enregistré une augmentation de bourgeons en passant de 1 à 4 % de saccharose. Ces résultats traduisent un manque d'affinité spécifique de FHIA-01 à un type de glucide (saccharose ou glucose). Les résultats similaires pour les autres sucres (fructose, glucose, sorbitol), où il n'y a pas eu de différences significatives en termes de longueur des bourgeons ont été obtenus (Romano et al., 1995 ; Belaizi & Boxus, 1995). Alors que pour l'enracinement, le sorbitol (3 %) s'est avéré inefficace tandis que le fructose (3 %), le glucose (3 - 6 %) et le saccharose (6 %) ont donné 100 % de rhizogénèse. Le glucose à 3 et 6 % a donné un nombre de racines par bourgeon supérieur par rapport au saccharose. Associé au glucose, le fructose a été moins efficace que le saccharose (Romano et al., 1995). Rugini (1995) a trouvé que l'augmentation de l'osmolarité par le sorbitol

inhibe la germination des embryons somatiques chez certains cultivars d'olivier tel que ' *Dolce agogia* '. Chez d'autres espèces comme le pêcher, le glucose ou le sorbitol ont donné de meilleurs résultats que le fructose et le saccharose. Chez le céleri aussi, le mannitol améliore la différenciation normale des embryons somatiques et favorise la formation d'embryons secondaires (Unnikrishnan et al., 1990). Ceci traduirait des affinités spécifiques pour un type donné de sucre. D'autres auteurs ont montré que le pourcentage d'enracinement est stimulé par l'augmentation de la concentration en sucres (Romano et al., 1995). Et que le maximum de rhizogénèse est obtenu en présence de 30, 40 ou 60 g/l de glucose ou 60 g/l de saccharose chez la Chêne liège. Manzanera & Pardos (1990) ont révélé que le pourcentage de bourgeons enracinés ainsi que le nombre moyen de racines augmentent avec la concentration en saccharose, mais que le maximum dépend des clones. Par ailleurs, El Kbiach et al., (2002) ont constaté que l'enracinement diminue pour des concentrations inférieures et supérieures. Cette amélioration de la rhizogénèse enregistrée dans cette étude, peut être attribuée au type et à la concentration de phytohormones associée à celle de la source de carbone (Druart, 1995 ; Hobbie, 1998 ; Abrie & Stadn, 2001; Compton et al., 2001). Par ailleurs, la dose de 20 g/l appliquée au cours d'enracinement dans cette étude, répond parfaitement à l'induction de la rhizogénèse de FHIA-01. Aussi, elle rejoint la concentration de saccharose généralement utilisée pour l'induction de racines en culture *in vitro* du bananier (20 g/l) (Haicour, 2002). Le saccharose à 20 g/l apparaît donc comme une dose bénéfique à l'induction de racines. Par contre, la concentration de 20 g/l de saccharose a proliféré, un nombre de bourgeons ou pousses inférieur comparativement à la dose de 5 g/l de saccharose. Les concentrations élevées de saccharose peuvent avoir des effets négatifs sur la formation des embryons comme dans le cas du géranium où par exemple les concentrations 6 ; 9 ou 12 % empêchent la formation d'embryons somatiques (Gill et al., 1993). Cependant, la concentration de sucre de 20 à 30 g.l⁻¹ est généralement utilisée pour l'induction et le développement des embryons somatiques chez plusieurs espèces telles que la laitue (Han & Xi, 1989) et le rosier (Rout et al., 1991). Mais aussi, chez d'autres espèces, l'induction et le développement des embryons somatiques nécessitent un taux élevé de saccharose tel que chez l'asperge (5 %) (Komura et al., 1990) et le chrysanthème (12-18 %) (May & Trigiano,

1991). Les résultats de cette étude sur le nombre de bourgeons ou pousses néoformées peuvent être liés aux différents facteurs externes qui les englobent et les milieux (notamment leur composition en régulateurs de croissance et les sucres) et les conditions de cultures. Dans ce cas la présence d'une auxine (AIA) et les faibles doses de saccharose. Ceci peut également s'expliquer du fait que l'addition de 20 g/l de sucrose au milieu de culture, a permis d'obtenir un nombre de racines néoformées, élevées mais a diminué, le nombre de bourgeons néoformés. Cette étude a mis en évidence des corrélations négatives significatives du nombre élevé de racines, de feuilles émises, la taille d'explant avec la prolifération de bourgeons. Ceci dit, plus l'induction racinaire est considérable moins est le nombre de bourgeons néoformés. Pour la prolifération, chez la Chêne liège, les meilleurs résultats ont été enregistrés avec 3 ou 4 % de saccharose (Romano et al., 1995). Le saccharose à 20 g/l donne les meilleurs résultats sur l'induction de bourgeons du bananier (El Kbiach et al., 2002). Par ailleurs, les résultats obtenus dans cette étude, avec la dose de 15 et 20 g.l⁻¹ de saccharose sur le nombre de bourgeons néoformés par explant, répondent parfaitement à l'objectif de l'essai. L'effet dose peut avoir, une grande influence sur le devenir morphogénétique des cultures. Dans ce cas, l'exemple du tournesol est très significatif, l'usage d'une concentration de 1-2 % en saccharose peut orienter le processus vers la voie de l'embryogénèse somatique, alors qu'une concentration de 3 % conduirait vers la néoformation de bourgeons (Charnière, 1999). Les explants issus du traitement à 5 g/l de saccharose ont eu une croissance voisine de celle des explants issus du traitement témoin (20 g/l de saccharose), à l'opposé de celles des explants issus des traitements à 10 et 15 g/l de saccharose. Ceci s'explique du fait que l'allongement est aussi favorisé par une diminution de la concentration en saccharose (Mateille & Foncelle, 1989). En effet, plusieurs auteurs signalent qu'à travers son interaction avec les régulateurs de croissance, le contenu en saccharose du milieu de culture affecte la croissance du cal et par la suite, l'embryogénèse somatique (Button, 1978; Ozias et al., 1983 ; Rugini, 1995). Le sucre est un ingrédient très important du milieu de culture. Les tissus organisés montrent une meilleure croissance et prolifération après l'addition au milieu d'une source adéquate de carbone (Van den Houwe et al., 1998; Rugini, 1988). Pierik (1987) a signalé que le taux de photosynthèse *in vitro* est faible ou quasi nul. La source commune de carbone est le saccharose, additionnée à des concentrations

comprises entre 1 et 5 % ; de même, le glucose et le fructose sont amplement utilisés (Pierik, 1987). La concentration de 20 g/l en saccharose qui est parmi les concentrations qui ont induit une meilleure taille de l'explant obtenue dans cette étude est aussi utilisée par d'autres auteurs pour la culture de Fraisier (Belkengren

& Miller, 1962; Badawi et al., 1990). Les hydrates de carbone présentent des effets très favorables sur la taille et la couleur des plantes obtenues *in vitro* (Damiano, 1980).

CONCLUSION

L'enracinement de l'hybride FHIA-01 n'est pas influencé par la source de carbone, le saccharose, le glucose et leur combinaison ayant donné des effets similaires. Les différentes concentrations en saccharose testées dans cette étude, il a été constaté que 20 g.l⁻¹ donnent le maximum de la rhizogénèse

chez FHIA-01 ; le nombre de racines néoformées n'est pas affecté par une concentration supérieure en saccharose. Il a été observé d'une manière générale dans cette étude, que les différentes diminutions de la concentration de saccharose affectaient significativement l'enracinement.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le laboratoire de culture *in vitro* du CARAH asbl (Centre pour l'agronomie et l'agro-industrie de la province de Hainaut) en Belgique.

BIBLIOGRAPHIE

- Abrie A.L. & Stadn J.V., 2001. Micropropagation of the endangered *Aloe polyphylla*. *Plant Growth Regulation* 33: 19 - 23.
- Badawi M.A., Alphonse M., Bondok A.Z. & Hosni Y.A., 1990. Propagation of some strawberry cultivars by means of tissue culture technique. - *Egypt. J. Hortic*, 17(1): 9-16.
- Belaizi M. & Boxus P., 1995. *In vitro* shoot multiplication of cork oak (*Quercus suber* L.). Influence of different carbohydrates. - *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, 30: 1-2, 39-46.
- Belkengren R.O., & Miller P.W., 1962. Culture of apical meristems of *Fragaria vesca* strawberry plants as a method of excluding latent A virus. - *Plant Dis. Rep*, 46: 119-121.
- Boxus P., 1995. Multiplication végétative: micropropagation et embryogenèse somatique in *biotechnologies végétales*. BV 93, Ed CNED. AUPELF- UREF 191p.
- Brhadda N., Loudyi D.E.W. & Abousalim A., 2008. Effet du sucre sur l'embryogenèse somatique de l'olivier (*Olea europaea* L.) cv. ' Picholine marocaine ' *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. 12 : 3, 245-250
- Brhadda N., Walali L.D.M. & Abousalim A., 2007. Étude histologique de l'embryogenèse somatique de l'olivier (*Olea europaea* L.) cv. ' Picholine marocaine '. *Fruits*, 62: 2, 115-124.
- Button J., 1978. The effects of some carbohydrates on the growth and organization of *Citrus ovular callus*. *Z. Pflanzenphysiol.*, 88: 61-68.
- Charnière F., Sotta B., Miginiac E. & Hahne G., 1999. Induction of adventitious shoots or somatic embryos on *in-vitro* cultured zygotic embryos of *Helianthus annuus*: variation of endogenous hormone levels. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(9): 81-94.
- Compton E.M., Pierson B.L. & Staub J.E., 2001. Micropropagation for recovery of *Cucumis hystrix*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 64: 63 – 67
- Damiano C., 1980. Strawberry micropropagation. - In Proceedings of the conference on nursery production of fruit plants through tissue culture: Applications and feasibility. Beltsville, Maryland, USDASEA, *Agricultural Research Results* 11: 11-22.
- Druart PH. & Samyn G., 1995. Carbohydrates and *in-vitro* organogenesis. *Bull.Rech.Agron.Gembloux* 30(1-2): 1-3.
- Druart PH., 1992. *In-vitro* culture and micropropagation of plum (*Prunus spp*) " *Biotechnology in Agriculture and forestry* " V(18) High -Tech and micropropagation II Ed Y.P.S Bajaj .Springer - Verlag Berlin Heidelberg: 279-301.
- El Kbiach M.L., Lamarti A., Abdali A.& Badoc A., 2002. Culture *in vitro* des bourgeons axillaires de chêne-liège (*Quercus suber* L.) I - Influence des cytokinines sur l'organogenèse et la callogenèse de noeuds de plantules. - *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 141(1-4): 73-88.

- Gill G., Gerrath J.M. & Saxena P.K., 1993. High frequency direct somatic embryogenesis in thin layer cultures of hybrid seed geranium (*Pelargonium x hortorum*). *Can. J. Bot*, 71: 408-413.
- Haicour R., Ducreux G. & Ambroise A., 2002. Biotechnologies végétales : technique de laboratoire, édition Tec & Doc. Lavoisier, 305p.
- Haissing B.E., 1974. Origins of adventitious roots. - *N. Z. J. For. Sci.*, 4: 299-310.
- Han H. & Xi T., 1989. Rapid propagation of lettuce by embryos. *Plant Physiol. Commun.*, 2: 17-20.
- Hobbie L.J., 1998. Auxin molecular genetics approaches in *Arabidopsis*. *Plant Physiology et Biochemistry*, 361: 91-102.
- Komura H., Chokyu S. & Ikeda Y., 1990. Micropropagation of *Asparagus* through somatic embryogenesis. 1. Somatic embryogenesis and plant regeneration from seedlings. *Bull. Hiroshima Prefect. Agric. Exp. Stn*, 53: 43-50.
- Manzanera J.A. & Pardos J.A., 1990. Micropropagation of juvenile and adult *Quercus suber* L. - *Plant Cell, Tissue Organ Cult.*, 21 (1): 1-8.
- Margara F., 1989. Bases de multiplication végétative : les méristèmes et l'organogénèse. Ed INRA Paris 262p.
- Mateille T. & Foncelle B., 1989. Techniques de production de vitro-plants de bananier CV. « Poyo ». P.H.M., - *Revue Horticole* 44 : 39-45.
- May R.A. & Trigiano R.N., 1991. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaves of *Dendranthema grandiflora*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 116 (2): 366-371.
- Murashige T. & Skoog F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*, 15: 473-492.
- Ozias Akins P. & Vasil I.K., 1983. Improved efficiency and normalisation of somatic embryogenesis in *Triticum aestivum* L. *Protoplasma*, 117: 40-44.
- Panis B., 2009. Cryoconservation de matériel génétique de bananier : 2^{ème} édition. Guides techniques No. 9 (F. Engelmann et. E. Benson, eds). Bioversity International, Montpellier, France. INIBAP ISBN 978-2-910810-87-0.
- Pardos J.A., 1981. *In vitro* plants formation from stem pieces of *Quercus suber* L. - *Colloq. Int. Cult. in vitro* Essences For., Fontainebleau, 31 août - 4 septembre, AFOCEL, 186-190.
- Pierik R.L.M., 1987. Commercial micropropagation in Western Europe and Israel. In Debergh (P.C.), Zimmerman (R.H.) *Micropropagation. Technology and application*. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, p 155-165.
- Raghavan V. & Torrey J.G., 1963. *Amer. J. Bot*, 50 (6): 540-551.
- Romano A., Noronha C. & Martins-Loução M.A., 1995. Role of carbohydrates in micropropagation of cork oak. - *Plant Cell, Tissue Organ Cult*, 40: 159-167.
- Rout G.R., Debata B.K. & Das P., 1991. Somatic embryogenesis in callus cultures of *Rosa hybrida* L. cv. 'Landora'. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 27(1): 65-69.
- Rugini E., Jacobini A. & Bazzoffia A., 1988. A simple *in vitro* method to avoid initial dark period and to increase rooting in fruit trees". *Acta Hort*, 227: 438-440.
- Rugini E. & Cariccatto G., 1995. Somatic embryogenesis and recovery from mature tissues of olive cultivars (*Olea europaea* L.) 'Canino' and 'Maraiolo'. *Plant Cell Rep.*, 14: 257-260.
- Saadi A., 1991. Régénération de plantes de pois *Pisum sativum* L par embryogénèse somatique. Thèse de doctorat. Paris Grignon 162p.
- Seon E.J., Jeongae K.O. & Seon R.Y., 1998. Mass propagation of *Wasabia japonica* by apical meristem culture. *Journal of the Korean society for Horticultural Science* 39(3): 278-282.
- Unnikrishnan S.K., Mehta A.R. & Bhatt P.N., 1990. Abscissic acid induced high frequency embryogenesis from *Sapindus trifoliatus* leaves. *Acta Hort*, 280: 89-94.
- Van den Houwe I. & Swennen R., 2000. Characterization and control of bacterial contaminants in *in vitro* cultivars of banana (*Musa spp.*). *Acta Horticulturae* 530: 69-79.
- Van den Houwe I., J Guns & R. Swennen 1998. Bacterial contamination in *Musa* shoot tip cultures, *Acta Hort*. 490: 485-492.
- Veen H., 1963. *Acta Bot. Neerl.*, 12(2):129-171.
- Walker D.R. & Parrott W.A., 2001. Effect of polyethylene glycol and sugar alcohols on soybean somatic embryo germination and conversion. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 64: 55-62.

Werbrouck S., Strnad M., Van Onckelen H. & Debergh P., 1996. Meta-topolin, an alternative to benzyladenine in tissue culture? *Physiologia plantarum*; 98: 291-297.

Zrýd J.P., 1988. Cultures de cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Première édition. *Presses polytechniques romandes*, CH -1015 Lausanne