

Sélection de nouvelles variétés de mandariniers triploïdes aspermes pour l'agrumiculture Marocaine

Handaji N., Benyahia H. et Benaouda H.

najat.handaji@inra.ma

Institut National de Recherche Agronomique, BP.257, Kenitra, Maroc

Résumé

Le Maroc est parmi les grands pays exportateurs des agrumes à petits fruits, telles que les mandarines et les clémentines. Dans ce groupe variétal, l'aspermie est un critère essentiel. A cet effet, la présente étude se focalise sur la sélection de meilleurs hybrides stériles de mandariniers triploïdes qui se caractérisent par des fruits aspermes. Une série de croisements, entre le clémentinier Sidi Aissa (parent femelle) et sept variétés de mandarinier, a été réalisée par l'Institut National de la Recherche Agronomique, visant principalement l'obtention de mandariniers triploïdes. 40 hybrides triploïdes de mandariniers ont été obtenus et plantés au domaine expérimental d'El Menzeh. L'évaluation variétale a porté sur des caractères de qualité durant sept années d'étude. Les analyses statistiques ont montré qu'il existe des différences significatives entre les hybrides et pour tous les caractères étudiés. Le nombre de pépins par fruit est le principal critère qui différencie les hybrides de mandariniers triploïdes de la plante mère diploïde clémentinier Sidi Aissa. Ainsi, les meilleurs hybrides sélectionnés sont : HT11, HT13, HT27, HT43, HT44, and HT49. Parmi ces hybrides prometteurs, deux ont été inscrits au catalogue officiel sous les noms de HANA (HT11) et AYA (HT44). De même, les meilleurs croisements sont C1 (Sidi AissaXWilking) et C2 (Sidi AissaXOsceola).

Mots-clés : Mandarine / Amélioration des agrumes / triploïdie / Qualité des fruits / Maroc.

Selection of new seedless triploid mandarin's varieties for Moroccan citrus growing

Abstract

Morocco is one of the major exporters of small citrus fruits, such as mandarin and Clementine. Seedlessness is a major criterion for this horticultural group. The present study focused on the selection of the best triploid mandarin hybrids characterized by seedless fruits. A series of crosses between 'Sidi Aissa' clementine (female parent) and seven mandarin varieties was performed by the National Institute for Agricultural Research. Forty triploid mandarins were obtained and planted in an experimental field at El Menzeh. Varietal evaluation focused on fruit quality traits during seven years. Statistical analyzes have shown that there are significant differences between the hybrids and for all the traits studied. The number of seeds per fruit is the main criterion that differentiates the triploid tangerine hybrids from the diploid clementine mother plant Sidi Aissa. Thus, the best hybrids selected are : HT11, HT13, HT27, HT43, HT44, and HT49. Among these promising hybrids, two have been listed in the official catalog under the names of HANA (HT11) and AYA (HT44). Likewise, the best crosses are C1 (SidiAissaXWilking) and C2 (SidiAissaXOsceola).

Keywords : Mandarin / Citrus Improvement / Triploidy / Fruit Quality / Morocco

اختيار أصناف جديدة من الماندرين ثلاثي الصبغات بدون بذور لزراعة الحمضيات المغربية

هندجي نجاة وحديد بن يحيى وحسن بن عودة

ملخص

المغرب هو أحد المصدرين الرئيسيين للحمضيات الصغيرة ، مثل الماندرين وكليمنتين. بدون البذور هي معيار رئيسي لهذه المجموعة البستانية. ركزت الدراسة الحالية على اختيار أفضل أنواع الهجين الماندرين الثلاثي الذي يتميز بالفواكه بدون بذور. نفذ المعهد الوطني للبحوث الزراعية سلسلة من التهجين بين كليمنتين "سيدي عيسى" وسبعة أنواع من الماندرين. تم الحصول على أربعين من الماندرين الثلاثي وزرعها في حقل تجريبي بالمنزة. ركز التقييم المتنوعة على سمات جودة الفاكهة خلال سبع سنوات. أظهرت التحليلات الإحصائية وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الهجينة وجميع الصفات المدروسة. عدد البذور لكل فاكهة هو المعيار الرئيسي الذي يميز هجين ثلاثي الصبغات من نبات أم كليمنتين ثنائي الصبغة سيدي عيسى. وبالتالي ، فإن أفضل الهجينة المحددة هي: HT11 و HT13 و HT27 و HT43 و HT44 و HT49. من بين هذه الهجينة الواعدة ، تم إدراج اثنين في الكتالوج الرسمي تحت أسماء HT11 (HANA) و HT44 (AYA). وبالمثل ، فإن أفضل الهجين هي (C1 SidiAissaXOsceola و ((SidiAissaXWilking (C2).

الكلمات المفتاحية: الماندرين / تحسين الحمضيات / ثلاثي الصبغات / جودة الفاكهة / المغرب

INTRODUCTION

Le secteur des agrumes constitue la composante la plus importante de l'économie mondiale en matière de production des fruits tant en valeur qu'en volume. Durant ces dernières années, la consommation en "petits fruits" d'agrumes en particulier les clémentines et les mandarines, a connu une progression rapide au niveau du marché international. La qualité des fruits représente le facteur déterminant de la valeur commerciale de cette production d'agrumes. Un certain nombre de critères variables définissent les exigences de qualité des agrumes. Les normes de qualité des agrumes dépendent de leur variété, tout comme de leur région de production et du marché auquel ils sont destinés (Jenks et al., 2011 et Ray, 2002). L'aspermie est un critères essentiel de la diversification variétale des agrumes destinés à la filière du fruit frais. Il peut être obtenu par la triploïdie (3 lots de chromosomes homologues) (Otto and Whitton, 2000; Navarro et al., 2002 ; Ollitrault et al., 2008 et Costa et al., 2019). Les plantes possédant trois lots de chromosomes au lieu de deux (diploïdes) sont caractérisées par un fort niveau de stérilité tant pour les ovules que pour le pollen. Ainsi, les nombre impairs de chromosomes ne permettent pas une méiose normale à cause de la distorsion des chromosomes provoquant l'avortement de l'embryon (Fatta Del Bosco et al., 2007). Chez les agrumes, on trouve quelques variétés triploïdes naturelles, en particulier le citron vert à gros fruit (lime Tahiti), dont le niveau de stérilité est très élevé. De tels hybrides triploïdes apparaissent spontanément dans des semis issus d'hybridation entre diploïdes (Cameron et Frost, 1968; Esen et Soost, 1971; Geraci et al, 1975 et Aleza et al., 2010). Ces triploïdes peuvent être issus soit de l'union de gamètes femelles non réduits avec des gamètes mâles réduits (18+9), soit de la fusion des gamètes femelles réduits avec des gamètes mâles non réduits (9+18) (Ollitrault et al., 2003; Handaji et al., 2008; 2007; Aleza et al., 2009 et Padoan et al., 2011). Des hybrides triploïdes peuvent également être produits en croisant un parent diploïde et un parent tétraploïde. Si des génotypes diploïdes zygotiques mono-embryonnés sont utilisés comme parent femelle et des génotypes tétraploïdes comme parent mâle, de nombreuses graines mal développées sont produites (Kaneyoshi et al., 1997 ; Recupero et al., 2005; Tokunaga et al., 2005 et Aleza et al., 2012). L'hybridation est une méthode prometteuse pour la production des variétés sans pépins dans les programmes d'amélioration des agrumes, et par extension des mandarines. Les embryons immatures, sauvés et cultivés *in vitro*, génèrent des hybrides triploïdes donnant des fruits sans pépins.

Dans ce cadre, le programme d'amélioration génétique des agrumes établi par l'INRA Maroc vise la diversification variétale sur des critères de qualité élevée, en étendant la période de production et en évitant les possibilités de pollinisation croisée avec le Clémentinier. La qualité est recherchée, tant sur des critères visuels (coloration, grain de peau, calibre, aspermie...) qu'organoleptiques (teneur en jus, sucre, acidité, arômes), ce qui constitue un enjeu central du développement de cette filière.

La présente étude se focalise sur l'évaluation de 40 hybrides de mandarinier triploïdes issus de croisements entre parents diploïdes.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 40 hybrides triploïdes de mandariniers issus d'une série de croisements dirigés entre parents diploïdes. Le parent femelle est le clémentinier Sidi Aissa (monoembryonnée et auto incompatible). Sept mandariniers ont servi de parents mâles (**Tableau 1**). Ces hybrides ont été obtenus par le sauvetage d'embryons immatures sur un milieu de Murashige and Skoog avec un supplément de 1mg/l de l'acide gibbérellique. Les plantules triploïdes ont été identifiées par cytométrie en flux (Handaji et al., 2005). Ils ont été greffés sur le porte greffe Citrange troyer et plantés au domaine El Menzeh en Avril 2002 avec une densité de 6m X 4m. Le Clémentinier Sidi Aissa très appréciée par sa bonne qualité aussi bien interne qu'externe a été utilisé comme référence. L'évaluation a duré sept années (2007 à 2013) et a porté sur les caractères agronomiques et pomologiques des fruits.

Tableau 1 : Liste de nouveaux hybrides de mandariniers issus de croisement entre la clémentine Sidi Aissa et huit parents mâles de mandariniers

Croisements	Mandarines (♂)	Clémentine Sidi Aissa (♀)	Nombre Hybrides
C1	Wilking	HT10 HT11 HT12 HT13 HT14 HT15 HT16 HT17 HT19 HT20 HT21 HT22 HT23 HT24 HT25 HT27 HT28 HT29 HT48 HT50 HT53	21
C2	Osceola	HT5 HT43 HT44 HT46 HT51 HT52 HT56	7
C3	Chienka	HT30 HT32 HT33 HT34 HT36 HT61	6
C4	Satsuma Frost	HT7 HT8	2
C5	Carvalhal	HT49	1
C6	Lee	HT6	1
C7	Satsuma Owari	HT47 HT59	2
Total	7	40	

HT (Hybride triploïde)

Caractéristiques du site expérimental

L'expérimentation a été conduite au domaine expérimental El Menzeh (INRA Kenitra ; altitude de 25 m, latitude de 34°64"). Le climat est de type méditerranéen appartenant à l'étage subhumide, sous étage à hiver tempéré et avec des gelées rares. Le sol est de type sablonneux en surface (98%) et sablo- argileux en profondeur, avec un pH de 6, une capacité de rétention de 3 à 6%, une capacité d'échange cationique de 5 meq/100g avec absence de calcaire. Les quantités d'eau nécessaires pour irriguer correctement la parcelle sont définies en fonction de la zone climatique. Les besoins en eau des agrumes sont estimés à environ 1200 mm par an, répartis sur toute l'année.

La période d'expérimentation est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 511mm. Le déficit de 589 à 689 mm a été comblé par l'irrigation de Mai à Septembre-Octobre (micro-jet) avec des apports modulés d'après les valeurs de l'évapotranspiration potentielle. Sur sept ans d'observations, la température moyenne annuelle a été de 16°C avec une moyenne des maxima de 22°C et une moyenne des minima de 10°C.

Caractères évalués

Comme le parent femelle est la clémentine sidi Aissa, la date de maturité des fruits a commencé à partir de mi-octobre. Donc, 30 fruits ont été récoltés d'une manière aléatoire au niveau de l'ensemble des arbres du même clone. Pour obtenir des échantillons représentatifs les cueillettes ont été effectuées sur les quatre directions de l'arbre et de la strate intérieure et extérieure de la frondaison. Les fruits présentant de défauts tels que des brûlures dues au soleil et des dommages causés par des insectes, des cueillettes ou des maladies ont été écartés. Les échantillons ont été analysés dans le laboratoire de l'INRA El Menzeh conformément aux standards suivants (Nadori et al., 1988).

- Teneur en jus

La réalisation d'un seul jus avec les 30 fruits en mélange a été effectuée par un extracteur à toupie tournante. Le jus recueilli est filtré à travers un filtre en plastique puis pesé. La teneur en jus exprimée en pourcentage massique est donnée par la formule :

$$\text{Teneur en jus} = \frac{\text{Poids du jus extrait de 30 fruits} \times 100}{\text{Poids total de ces fruits}}$$

-Teneur en sucre

La teneur en sucre a été déterminée par un réfractomètre à main dont les avantages sont bien connus : la précision, la rapidité de la mesure, la possibilité d'opérer avec une faible quantité de jus. Une goutte de jus du 30 fruits a été déposée sur le prisme et la lecture de l'extrait sec soluble a été faite. En fait, sa détermination est basée sur la capacité des sucres d'un jus à faire dévier la lumière.

-Acidité du jus

Pour le titrage de l'acidité du jus, 10 ml de jus décanté a été utilisé et auquel trois gouttes de phénophtaléine sont ajoutées. Le phénophtaléine est un composé qui change de couleur selon la valeur du pH de la solution dans laquelle on le place. Sous forme acide, la phénophtaléine est incolore alors que sa forme basique est de couleur rose vif. La solution de NaOH (0,1 M) est mise dans une burette de Mohr et verser lentement. Pendant le titrage, il est important d'utiliser un agitateur magnétique, pour homogénéiser continuellement la solution dans le bécher. Cette opération est essentielle, en particulier lorsque la solution s'approche de la neutralité. La fin du titrage est atteinte lorsque la couleur du jus devient et persiste rosâtre.

L'acidité est obtenue selon la formule suivante : $A = \frac{Vs}{10}$

(Vs: Volume de solution de la soude en ml utilisé pour le titrage et 10 : le volume en ml de jus utilisé).

- Coefficient de maturité ($\frac{E}{A}$)

Le fruit d'agrumes se comporte comme un organe non-climactérique. S'il est récolté avant la maturité il ne pourra jamais acquérir des qualités organoleptiques convenables (Pech et al., 1994). Le rapport $\frac{E}{A}$ est un critère très utilisé dans la détermination de la date de cueillette des fruits d'agrumes ainsi que pour l'exportation. Au début du processus de maturation le rapport sucres/acidité est bas en raison d'un contenu en sucres bas et d'un contenu en acides élevé ce qui rend le fruit aigre. Durant le processus de maturation les acides sont dégradés le contenu en sucres augmente et le rapport sucres/acidité prend une valeur plus élevée. Les fruits trop mûrs ont une faible acidité d'où le manque de saveurs caractéristiques. Le coefficient de maturité est déterminé par le rapport : $\frac{E}{A} = \frac{\text{Extrait sec soluble}}{\text{Acidité}}$

-Poids moyen du fruit (g)

Cette moyenne est déterminée en mesurant le poids total des 30 fruits. Il est apprécié à l'aide d'une balance électrique.

- Nombre de pépins par fruit

Caractéristiques pomologiques

Seuls les hybrides sélectionnés ont été caractérisés par les critères pomologiques du fruit, telles que : la coloration, la forme (diamètre équatorial/diamètre polaire), l'épaisseur de l'écorce (mince ($E < 2\text{mm}$) ; moyennement épaisse ($2\text{mm} < E < 6\text{mm}$) ou épaisse ($E > 6\text{mm}$), l'adhérence (forte moyenne légère) et la texture de la peau (lisse rugueuse semi rugueuse ou grêle) ont été évaluées.

Analyses statistiques des données

Les données obtenues ont été analysées à l'aide d'un logiciel de statistique SAS (Statistical Analysis System version 9.1 et version 5.5). L'analyse de la variance et la classification des moyennes ont été réalisées selon le test de Student-Newman-Kewls (SNK).

Résultats et discussion

Etude de la qualité du fruit des hybrides triploïdes de mandariniers

Les performances des hybrides triploïdes de mandariniers pour tous les caractères étudiés durant les sept années d'étude sont résumées dans les tableaux 2, 3 et 4. L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence hautement significative entre les différents hybrides pour tous les caractères étudiés. L'effet année est également significatif pour tous les caractères à l'exception du nombre de pépins par fruit et du coefficient de maturité (E/A). Cependant, l'interaction année X génotype demeure non significative pour tous les caractères. Les performances moyennes obtenues témoignent d'une variabilité très importante dans le profil des hybrides comparés à celui de leur parent femelle la clémentine Sidi Aissa (Tableau 2). Le nombre de pépins par fruit a varié de 0 à 3 chez les nouveaux hybrides de mandarinier, avec une proportion de 75% des hybrides présentant entre 0 et 1 pépin, comparativement à un nombre de pépins de 7 chez la variété témoin (Clémentine Sidi Aissa). Généralement, la triploïdie entraîne une stérilité mâle et femelle, en empêchant toute pollinisation croisée sur des cultivars auto incompatible (Navarro et al., 2002; Handaji et al., 2005 et Ollitrault et al., 2008). Ainsi, ce paramètre constitue un critère important de distinction et de sélection de nouvelles variétés de mandarinier.

Le poids moyen du fruit des hybrides de mandarinier est de 77g, il a varié de 48 à 125g (Tableau 2). Les hybrides triploïdes de mandariniers HT24 et HT25 sont caractérisés par les poids de fruit les plus élevés tandis que les hybrides HT21 et HT10 présentent les plus faibles valeurs pour ce paramètre. 18% des hybrides ont un poids moyen du fruit supérieur à celui du témoin, la clémentine Sidi Aissa (88g). Ce critère est très important dans la commercialisation, mais il reste très influencé par les facteurs climatiques, ainsi que la date de récolte et la position des fruits dans l'arbre (Aleza et al., 2010; Iqbal et al., 2012 et Lado et al., 2014). Par ailleurs, la teneur en jus a oscillé de 24% à 56% avec une moyenne de 44%. Les hybrides triploïdes de mandarinier HT17 et HT10 sont les plus juteux, alors que, les hybrides HT32 et HT12 présentent les fruits les moins juteux. De plus, 28% des hybrides étudiés ont un pourcentage de jus supérieur à celui du témoin (la clémentine Sidi Aissa ayant une teneur en jus de 44%). Ce paramètre, utilisé comme indice standard de commercialisation, augmente à la maturité. Il dépend des espèces et du marché de destination. En effet, les fruits les plus juteux sont les plus demandés et les plus appréciés par les consommateurs. La teneur en jus exigée par l'Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations doit être au minimum de 35% (EACCE, 2016).

Tableau 2 : Comparaison des performances moyennes des hybrides triploïdes de mandariniers testés pour les critères de qualité étudiés (2007-2013)

Hybrides	Poids moyen du fruit (g)	Nombre de pépins / fruit	Teneur en jus (%)	Acidité	Teneur en sucre	E/A
HT5	80.0cdefghij	0.0d	31.2ghi	0.3h	8.2k	22.8a
HT6	82.2cdefghi	0,3d	42.2bcdefg	1.1cdefg	9.2ghijk	8.4bcdef
HT7	59.8ijkl	3,9b	38.7bcdefgh	1.2bcdefg	9.4fghijk	8.5bcdef
HT8	82.4cdefghi	3,6b	44.9abcde	1.4abcde	8.6jk	6.5def
HT10	47.9l	0,4cd	49.3ab	1.8a	10.9abcd	6.0f
HT11	89.2bcdef	0,4cd	43.3bcdef	1.7ab	10.5abcdefg	6.4ef
HT12	78.8cdefghij	3.6b	23.6i	0.9cdefgh	8.9ijk	10.2bcdef
HT13	80.7cdefghi	0,9cd	38.4bcdefgh	1.3abcdef	10.3abcdefgh	8.5bcdef
HT14	66.7fghijkl	0,7cd	48.9abc	1.0cdefg	10.1bcdefghi	10.1bcdef
HT15	60.0ijkl	0,5cd	43.5bcdef	0.9cdefg	10.4abcdefg	11.4bcdef
HT16	81.8cdefghi	0,4cd	38.8bcdefgh	1.1cdefg	11.2ab	11.7bcdef
HT17	65.0fghijkl	3.1b	56.0a	0.8efgh	11.5a	13.9b
HT19	97,7bc	0,1d	44.4abcde	1.0cdefg	10.2bcdefghi	11.1bcdef
HT20	78,3cdefghij	0,2d	44.9abcde	1.1cdefg	9.9bcdefghij	9.2bcdef
HT21	50,5kl	1.2cd	46.3abcde	1.3abcdefg	10.4abcdefgh	8.7bcdef
HT22	74,1cdefghijk	0,5cd	37.7bcdefgh	1.1cdefg	9.4ghijk	8.9bcdef
HT23	56,7jkl	0,4cd	44.6abcde	0.8efgh	9.7cdefghij	9.6bcdef
HT24	108,2ab	0,6cd	36.8cdefgh	1.1cdefg	9.5efghij	10.4bcdef
HT25	95,3bcd	1,3cd	37.7bcdefgh	0.7gh	9.9bcdefghij	11.6bcdef
HT27	92,9bcde	0,9cd	34.5efghi	1.0cdefg	10.3abcdefgh	10.3bcdef
HT28	72,6defghijk	0.1d	40.8bcdefg	1.1cdefg	10.1bcdefghi	10.0bcdef
HT29	66,5fghijkl	2,5bc	36,5defgh	1,4abcde	9,8cdefghij	9,3bcdef
HT30	83,6cdefghi	1,2cd	49,2ab	1,2bcdefg	9,6efghij	8,8bcdef
HT32	76,6cdefghij	1.1cd	28.2hi	1.1cdefg	8.9ijk	9.5bcdef
HT33	86,9bcdefgh	0.2d	32.4fghi	0.8fgh	8.6jk	12.4bcde
HT34	77,2cdefghij	0.2d	43.1bcdefg	1.0cdefg	10.8abcde	11.1bcdef
HT36	52.2kl	0,3cd	32.2fghi	1.1cdefg	9.1hijk	8.2bcdef
HT43	84,9cdefgh	0.7cd	45.8abcde	1.0cdefg	10.1bcdefghi	10.1bcdef
HT44	82.6cdefghi	0,7cd	43.4bcdef	1.0cdefg	10.7abcdef	10.5bcdef
HT46	66.1fghijkl	0.3cd	48.2abcd	1.2bcdefg	9.5efghij	7.9cdef
HT47	64,7ghijkl	0,4cd	37.8bcdefgh	1.3abcdefg	8.9ijk	7.5cdef
HT48	76,3cdefghij	0,4cd	38.8bcdefgh	1.3abcdefg	10,2bcdefghi	8.6bcdef
HT49	80,3cdefghij	0,5cd	40.4bcdefg	1.4abcdef	10.7abcdef	7.3cdef
HT50	92,5bcde	0,8cd	39.9bcdefgh	1.5abc	10.0bcdefghi	6.6def
HT51	57,4jkl	0,9cd	43.7bcdef	1.0cdefg	10.5abcdefg	10.2bcdef
HT52	69,5efghijkl	0,6cd	48.2abcd	0.9defgh	9.7defghij	11.7bcdef
HT53	93,4bcde	0.4cd	47.2abcd	0.9defgh	11.0abc	12.5bcd
HT56	63,7ghijkl	0,7cd	42.3bcdefg	1.5abcd	9.9bcdefghij	7,1cdef
HT59	125.0a	0.0d	32.0fghi	0,7gh	9,2ghijk	12,8bc
HT61	62,7hijkl	1.0cd	45.4abcde	1.1cdefg	9.2ghijk	8.5bcdef
Sidi Aissa	87,7bcdefg	7,2a	43.7bcdef	0.9defgh	10,0bcdefghi	11.6bcdef

Au sein de chaque colonne, les valeurs portant des lettres différentes sont statistiquement différentes au niveau de probabilité P=5%

Tableau 3 : Carrés moyens de l'analyse de la variance combinée, moyenne et coefficient de variation des différents hybrides triploïdes pour tous les paramètres étudiés

Source	Carrés moyens					
	Poids moyen du fruit (g)	Nombre de pépins par fruit	Teneur en jus (%)	Teneur en sucre (E)	Acidité A	E/A
Année (y)	9043,33 THS	0,55 NS	364,73 THS	12,61 THS	0,12 NS	1,92 NS
Génotype (G)	684,07 THS	10,22 THS	125,87 THS	1,72 THS	0,25 THS	17,14 S
(Y) X (G)	318,32 NS	1,10 NS	49,76 NS	0,71 NS	0,17 NS	14,33 NS
Erreur	235,23	1,24	36,42	0,70	0,09	12,11
Moyenne	77,40	1,18	41,61	9,99	1,11	9,83

NS : non significatif, THS : très hautement significatif à 5%, 0.1% respectivement

CV : coefficient de variation.

Tableau 4 : Etude statistique de la variabilité des paramètres étudiés selon les années

Années d'études	Variables					
	Poids moyen du fruit (g)	Nombre de pépins par fruit	Teneur en jus (%)	Teneur en sucre (E)	Acidité (A)	E/A
2007	84,66ab	1,29a	37,16b	10,29b	0,82c	13,15a
2008	67,85c	1,07a	37,65b	9,83bc	0,96c	10,78bc
2009	59,55c	0,95a	44,38a	9,56c	1,37a	6,59d
2010	80,75b	1,61a	40,97ab	9,46c	1,0bc	9,28c
2011	84,86ab	1,09a	41,87ab	10,07bc	1,06bc	11,02bc
2012	89,37ab	1,16a	42,71ab	10,18b	1,22ab	9,31c
2013	96,36a	1,52a	44,57a	11,73a	1,00bc	11,97ab
Gamme (Range)						
2007	50-125	0-9	20-50	8-12	0,36-1,38	9-23
2008	45-90	0-5	23-47	8-11	0,6-1,43	7-17
2009	29-85	0-4	23-62	8-11	0,61--2,20	5-13
2010	55-110	0-10	25-50	8-11	0,77-1,62	6-14
2011	50-140	0-6	27-67	9-11	0,55-1,70	4-23
2012	70-115	0-12	26-50	8-12	0,54-1,70	5-23
2013	55-125	0-8	35-54	10-14	0,70-1,26	8-16

Dates des analyses de jus sont : D1: 22/10/2007 D2: 16/10/2008 D3: 07/10/2009 D4: 29/10/2010 D5: 26/10/2011 D6: 29/10/2012 et D7: 17/10/2013. Au sein de chaque colonne, les valeurs portant les mêmes lettres sont significativement indifférentes avec $P > 5\%$,

La teneur en jus varie selon la variété, le stade de maturité, l'exposition et le positionnement des fruits dans l'arbre, l'apport d'engrais ainsi que les conditions climatiques (Russo et Fanizza, 1991; Etxeberria et al., 2005; Iglesias et al., 2007; Albertini et al. 2006; Liu FuWen et al., 2012 ; Ashraf et al., 2012 et Handaji et al., 2013). La maturation du fruit est associée à des changements au niveau de la texture et de la coloration de l'écorce, de la teneur et de la composition en jus et au niveau organoleptique (El-Otmani et al., 1990; Grierson, 2006; Chen et al., 2012).

Aussi, l'analyse de la variance a montré que l'acidité du fruit est très variable entre les 40 hybrides et la comparaison de moyennes a permis de distinguer entre plusieurs groupes (Tableau 2). L'acidité a varié de 0,36 (HT5) à 1,87 (HT10) alors que le témoin a présenté une acidité de 0,87. De même, 88% des hybrides ont présenté une acidité supérieure à celle du témoin. Généralement, les fortes pluies durant les 2 mois qui précèdent la récolte (Septembre et octobre) réduisent significativement le taux de sucre et l'acidité des clémentines (Naim, 1994). D'un autre côté, la teneur en sucre a varié de 8,20 à 11,55 avec une moyenne globale de 9,89. Les hybrides triploïdes de mandariniers HT17 et HT16 ont été caractérisés par la teneur en sucres la plus élevée alors que les hybrides HT5 et HT8 sont les moins sucrés. 15% des hybrides triploïdes présentent des fruits plus sucrés comparativement à la variété témoin. Plusieurs études ont prouvé que la faible teneur en sucre a été causée par l'humidité excessive, les basses températures ou l'âge jeune de l'arbre (Ting et Rouseff, 1986). De plus, les fruits d'agrumes exposés au soleil sud-est ou nord-est ont une coloration plus foncée et un taux de sucre soluble plus élevé. La teneur en sucres solubles peut varier selon la variété et le stade physiologique, mais, elle est toujours comprise entre 8,5 et 12% dans le fruit à maturité.

Le saccharose représente 40% des sucres totaux et les pectines environ 50%. Zhang et al. (2012) ont montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les variétés de mandarinier d'origine chinoise pour la teneur en chlorophylle et en caroténoïde de l'écorce. De même, ils ont reporté que les différences sont significatives pour la vitesse de changement de coloration et d'accumulation de sucres ou de diminution de l'acidité. De plus, Liu FuWen et al. (2012) ont étudié l'effet de la position des fruits sur l'arbre de la mandarine Ponkan sur la variation de certains paramètres de la qualité. Au sein du même arbre, les fruits ensoleillés exposés sud-est ou nord-est ont une coloration plus foncée et un taux de sucre soluble plus élevé. En revanche, les fruits ombragés ont une tendance à avoir une teneur en jus plus élevée. Les fruits exposés sud-est présentent généralement une bonne qualité. Sdiri et al. (2012) ont montré que la qualité interne des fruits de deux hybrides triploïdes de mandarinier reste stable après la récolte. Les indices de maturité dépendent du marché de destination et des régions de croissance. Le coefficient (E/A), indicateur de la maturité du fruit, a varié de 6 à 23. Les hybrides HT5, HT17 sont les plus précoces alors que les hybrides HT8, HT10 et HT11 sont relativement les plus tardifs. Une proportion de 87% des hybrides ont présenté un coefficient (E/A) inférieur à celui de témoin. Ces résultats rejoignent ceux trouvés par Hamanitene (1989) et Pradeep et al. (2016) qui ont constaté que ce coefficient est faible chez les fruits à cueillette précoce comparés à ceux à cueillette tardive. En général, durant la croissance du fruit, les sucres et les pigments sont accumulés alors que la teneur en acidité diminue dans la pulpe ce qui détermine le stade de maturité. Les paramètres de qualité interne, utilisés à travers le monde comme indicateurs de la maturité interne, sont la teneur en jus des fruits, la teneur en sucre (E), l'acidité titrable (A), et le rapport (E/A) (Lado Jet al., 2014; Abouzar et al., 2016). Cette différence est liée à la variation climatique. Zekri (2011) a rapporté que

l'application de l'azote contribue positivement à l'augmentation de la teneur en sucre du jus et de l'acidité. En outre, Kusakabe et al. (2006) ont trouvé que le taux d'azote et la fertigation n'ont pas d'effet significatif sur la qualité du fruit. En revanche, il est connu que l'azote existe dans le jus de fruit sous forme d'acide aminé (Reforgiato et al., 2005). En général, il n'y a pas des valeurs absolues ou universelles de la maturité du fruit. Les producteurs de différents pays appliquent des variables standards et la décision de récolte dépend de la distance au marché et de la durée de transport (Lado et al., 2014).

Effet du parent mâle sur la variabilité de la qualité des fruits

Les 40 nouveaux hybrides triploïdes de mandariniers obtenus après une série de croisements dirigés représentent une population de demi-frères dont le parent en commun est la plante mère. Ainsi, sept combinaisons ont été mises en évidence et chacune est constituée par des hybrides plein frères. La comparaison des résultats de l'effet du parent mâle sur la variabilité des paramètres de qualité est présentée dans la figure 1.

Pour le nombre de pépins par fruit, les hybrides triploïdes de mandarinier issus de croisement entre Sidi Aissa et la mandarine Satsuma Frost (G4) sont caractérisés par des fruits pourvus de pépins (2 à 4 pépins par fruit), alors que les hybrides issus des parents mâles (Carvalhal, Lee et Satsuma Owari) (G5, G6 et G7) présentent des fruits aspermes (0 ou 1 pépin par fruit).

Le poids moyen du fruit est relativement faible chez les hybrides issus de la combinaison (Sidi Aissa X Satsuma Owari). Cependant, la combinaison (Sidi Aissa X Carvalhal) est caractérisée par un poids moyen du fruit élevé. L'effet du parent mâle est un paramètre influençant le poids moyen du fruit, en effet, la mandarine Carvalhal présente un grand calibre. La combinaison (Sidi Aissa X Chienka) est caractérisée par une valeur élevée du pourcentage du jus. Tandis que la combinaison (Sidi Aissa X Wilking) est caractérisée par une valeur élevée de l'acidité. De plus, la combinaison (Sidi Aissa X Carvalhal) présente la teneur en sucre la plus élevée. Des études similaires ont trouvé que chez les progénitures triploïdes, les caractères poids moyen du fruit et saveur sont très influencés par les parents tétraploïdes (Reforgiato et al., 2005). Les mêmes auteurs rapportent que les hybrides triploïdes issus de croisements entre la clémentine et l'orange Tarocco, ressemblent au parent mâle pour la taille du fruit, la facilité d'épluchage et le degré de pigmentation d'anthocyanine qui augmente avec la maturité des fruits. De même, Combrink et al. (2013) ont montré que le parent mâle a une grande influence sur la descendance. Par conséquent, les parents mâles présentant les meilleurs critères de qualité devraient être utilisés dans les programmes de sélection afin d'augmenter les chances d'obtenir de nouveaux cultivars de qualité supérieure. En outre, le parent femelle devrait préférablement être auto incompatible et monoembryonné comme le cas de clémentinier.

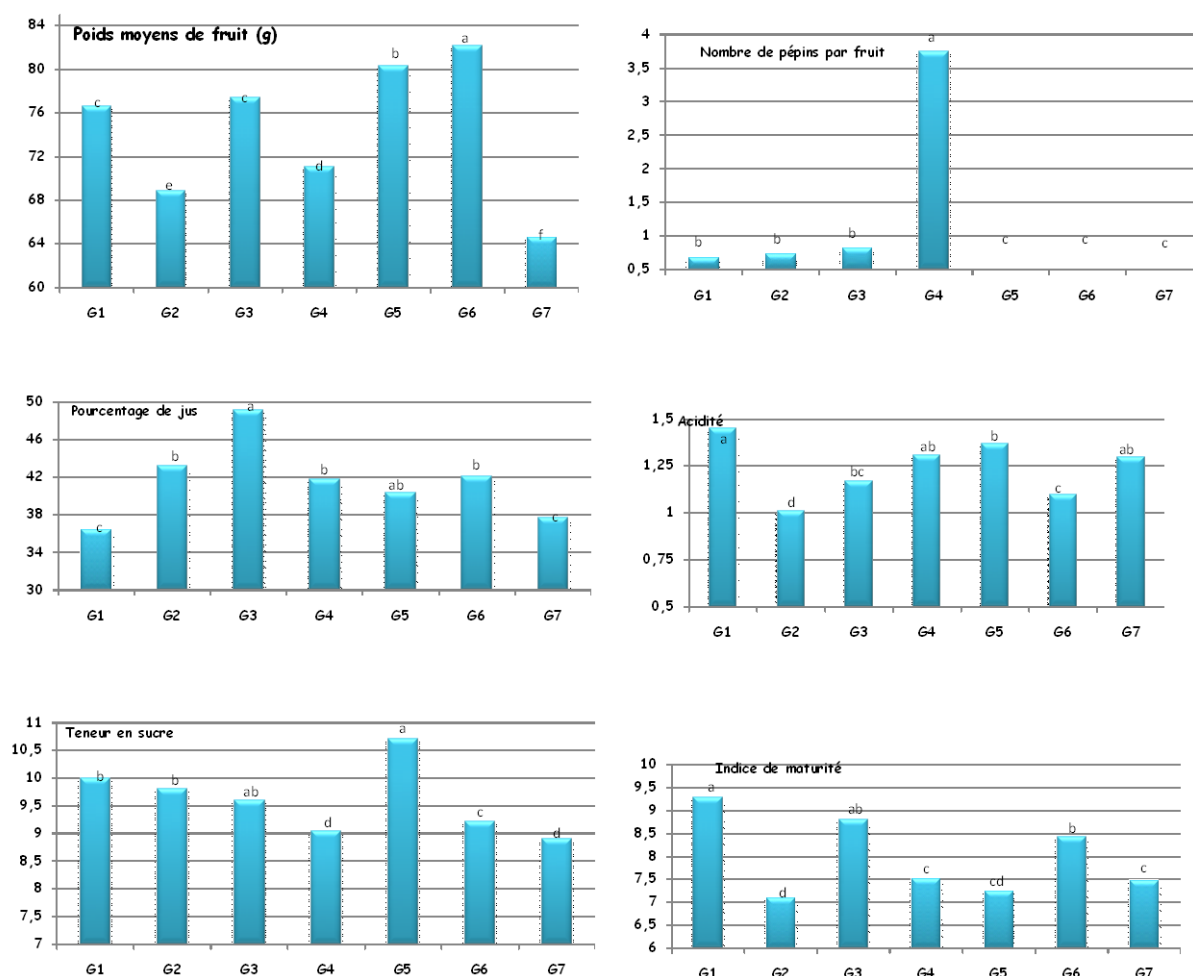


Figure 1 : Etude l'effet du parent mâle mandarinier sur la variation de la qualité des fruits selon sept séries de croisements.

Au sein de chaque colonne, les valeurs portant les mêmes lettres sont significativement indifférentes avec $P > 5\%$,

G1 : Croisement (Sidi Aissa X Wilking) G2 : Croisement (Sidi Aissa X Osceola);
G3 : Croisement (Sidi Aissa X Chienka) G4 : Croisement (Sidi Aissa X Satsuma Frost)
G5 : Croisement (Sidi Aissa X Caravalhal) G6 : Croisement (Sidi Aissa X Lee)
G7 : Croisement (Sidi Aissa X Satsuma Owari)

Les résultats de l'étude montrent que les meilleures combinaisons sont Sidi Aissa X Wilking (HT11, HT13, T25, HT27) ; Sidi Aissa X Osceola (HT43, HT44, HT51, HT52); Sidi Aissa X Chienka (HT33) et Sidi Aissa X Caravalhal (HT49). Le taux final de la sélection a été de 15%. Actuellement, une attention particulière est accordée au risque de pollinisation et à l'isolement des vergers de clémentiniers et d'autres variétés sans pépins (Porras et al., 2015). De ce fait, la culture de la mandarine Wilking a été officiellement interdite au Maroc pour éviter la production de clémentines avec trop de pépins. Mais, cette mandarine a un grand intérêt scientifique dans le programme de création des mandarines triploïdes. Elle a été utilisée comme parent mâle dans des croisements dirigés entre des mandarines diploïdes, ce qui a permis d'obtenir un nombre relativement élevé d'embryons immatures et des hybrides triploïdes (Handaji et al., 2005).

Sélection de nouveaux hybrides triploïdes de mandariniers

La description a été faite suite à la directive pour la conduite des tests DUS (Distinction, Uniformité et Stabilité) pour les agrumes (UPOV, Union internationale pour la protection des obtentions végétales, 2016). A cet effet, deux hybrides de mandariniers à fruits sans pépins ont été sélectionnés : HT11 baptisé '**HANA**' et HT44 nommé '**AYA**'.

-Mandarine hybride triploïde HT11 '**HANA**' (Fig.2)

HANA (HT11/S2 INRA Maroc) est obtenu par croisement entre la clémentine Sidi Aissa et la mandarine Wilking. Cet hybride est moyennement vigoureux, avec la plupart des fruits à l'intérieur de la canopée, offrant une protection contre le coup de soleil. Il se caractérise particulièrement par le critère sans pépins et par sa saveur supérieure (Fig. 2). La forme du fruit est légèrement pyriforme et ronde, jaunâtre orange et ferme avec une peau fine et lisse (similaire à Wilking). Le fruit tient sur l'arbre après maturité et il se conserve très bien. Il atteint la maturité optimale à la première semaine de novembre, bien qu'il puisse être récolté de fin octobre à fin Décembre. Le fruit s'épluche aussi facilement qu'une Clémentine. La taille est moyenne avec un diamètre équatorial moyen de 62,86 mm et de longueur de 61,14 mm.

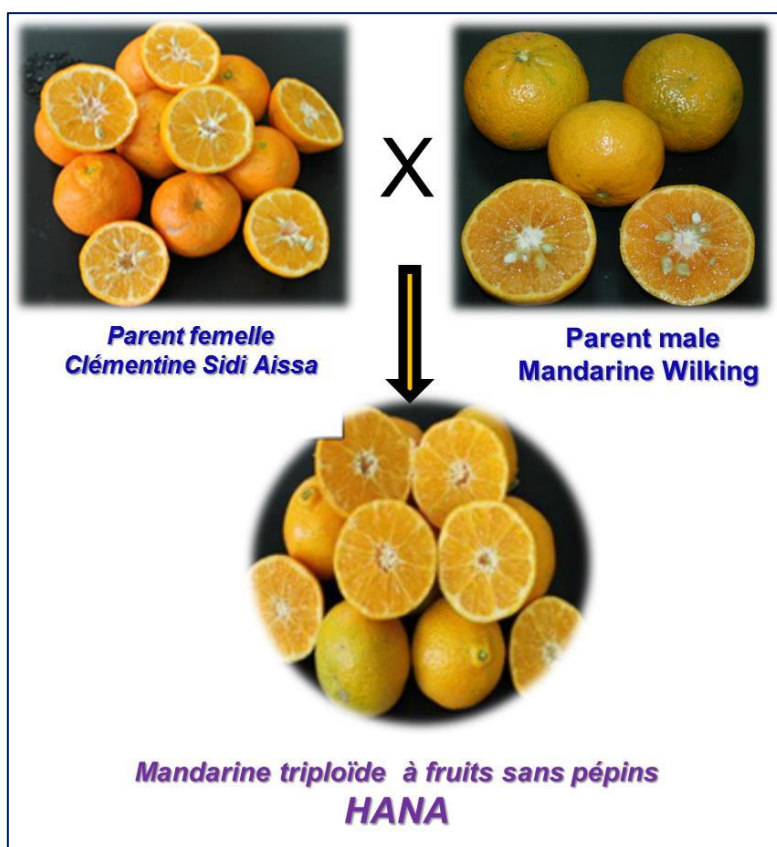


Figure 2 : Hybride triploïde de mandarinier HANA à fruits sans pépins

- Mandarine hybride triploïde AYA (Fig.3)

AYA (HT44/S2 INRA Maroc) est obtenu par croisement entre la clémentine Sidi Aissa et la mandarine Osceola. Cet hybride est vigoureux et dont la particularité est ses fruits sans pépins avec une belle coloration de la peau. De même, les fruits sont faciles à peler, uniformes avec aspect attrayant. La forme est aplatie, orange et ferme avec une peau rugueuse (similaire à Osceola). Le fruit tient sur l'arbre après maturité et il se conserve très bien. Le fruit est de taille moyenne avec un poids moyen de 81g et un diamètre équatorial et polaire de 64 mm et 52 mm respectivement. La période de maturité varie de fin octobre jusqu'à fin décembre.

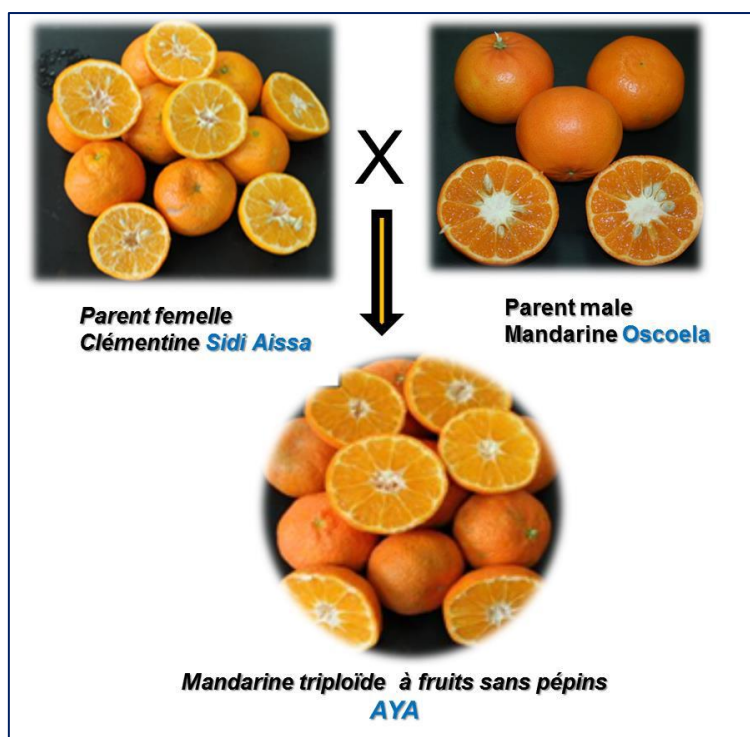


Figure 3 : Hybride triploïde de mandarinier AYA à fruits sans pépins

Conclusion

Le programme d'amélioration génétique des agrumes établi par l'INRA Maroc vise la diversification variétale pour des critères de qualité élevée, avec une maturité plus précoces ou plus tardive. Parmi les 40 hybrides triploïdes de mandarinier, deux variétés Hana et Aya ont été inscrites au catalogue officiel comme de nouvelles obtentions marocaines. Elles ont été greffées sur plusieurs porte greffes dans le but de compléter la présente étude par des essais variétaux multifocaux. Les hybrides sélectionnés sont inscrits au catalogue officiel marocain, multipliés et ensuite à la mise de la disposition des pépiniéristes. L'absence de pépins illustre cet intérêt des triploïdes. Ainsi, la triploïdisation spontanée est une voie prometteuse pour la sélection de nouvelles variétés de mandarinier à fruits sans pépins et de bonne qualité mais reste toujours la fréquence de la triploïdie relativement faible par rapport aux croisements entre parent femelle diploïde et parent mâle tétraploïde (2x X 4x).

Références bibliographiques

- Abouzari A. and Nezhad N.M. (2016). The Investigation of citrus fruit quality popular characteristic and breeding. *Acta Universitatis Agriculturae Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 64 (3). p. 725-740.
- Albertini M.V., Carcouet E., Pailly O., Gambotti C., Luro F. and Berti L. (2006). Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(21).p. 8335-8339.
- Aleza P., Juárez J., Ollitrault P. and Navarro L. (2009). Production of tetraploid plants of non apomictic citrus genotypes. *Plant Cell Reports*. 28(12). p. 1837-1846.
- Aleza P., Juárez J., Cuenca J., Ollitrault P. and Navarro L. (2010). Recovery of citrus triploid hybrids by embryo rescue and flow cytometry from $2x \times 2x$ sexual hybridization and its application to extensive breeding programs. *Plant Cell Reports*. 29(9).p.1023–1034.
- Aleza P., Cuenca J., Juárez J., Pina J.A. and Navarro L. (2010). 'Garbi' mandarin: a new late-maturing triploid hybrid. *Hort Science*. 45(1).p. 139-141.
- Aleza P., Juárez J., Cuenca J., Ollitrault P. and Navarro L. (2012). Extensive citrus triploid hybrid production by $2x \times 4x$ sexual hybridizations and parent-effect on the length of the juvenile phase. *Plant Cell Reports*. 31(9).p. 1723-1735.
- Ashraf MY., Yaqub M., Akhtar J., Khan MA., Ali-Khan M and Ebert G. (2012). Control of excessive fruit drop and improvement in yield and juice quality of Kinnow (*Citrus deliciosa* × *Citrus nobilis*) through nutrient management. *Pak. J. Bot.* 44. p. 259-265.
- Cameron JW. and Frost HB. (1968). Genetic, breeding and nucellar embryony. In: Reuther W, Batchelor LD, Webber HJ, editors. *The citrus industry*. 1 Riverside. p. 325–370. CA: University of California.
- Chen S., Huang Q., You M., Wu S., Li R. and Gan W. (2012). Analysis of polysaccharides compositions in ripe peel of *Citrus reticulata* 'Chachi'. *The Journal Board of Medicinal Plant, Cranston, USA, Medicinal Plant*. 3 (2).p. 26-29.
- Combrink N.K., Labuschagne M.T. and Bijzet Z. (2013). Variation of fruit size and shape in Kiyomitangor families. *Scientia Horticulturae*. 162. p. 357-364.
- Costa S.N., Cortez P.A., da Hora Almeida L.A., Martins, F.M., Soares Filho, W. and Filho M.A.C. (2019). Triploid frequency of sexual hybridization and pollen and ovary development in mandarins. *Braz. J. Bot.* 42.p. 73–82.
- EACCE (Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination Des Exportations). (2016). *Revue Trimestrielle - Campagne 2016*
- El-Otmani M., M'Barek A.A. and Coggins J.C.W. (1990). GA3 and 2, 4-D prolong on-tree storage of citrus in Morocco. *Scientia Horticulturae*. 44(3-4).p. 241-249.
- Esen A. and Soost R.K. (1971). Unexpected triploids in Citrus: their origin, identification, and possible use. *Journal of Heredity*. 62(6).p. 329-333.
- Etxeberria E., Gonzalez P. and Pozueta-Romero J. (2005). Sucrose transport into citrus juice cells: evidence for an endocytic transport system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130(2).p. 269-274.
- Fatta Del Bosco S., Siragusa M., Abbate L., Lucretti S. and Tusa N. (2007). Production and characterization of new triploid seedless progenies for mandarin improvement. *Scientia Horticulturae*. 114(4) . p. 258–262.
- Geraci G., Esen A. and Soost R.K. (1975). Triploid progenies from $2x \times 2x$ crosses of Citrus cultivars. *Journal of Heredity*. 66(3).p. 177-178.

- Grierson W. (2006). Anatomy and Physiology. In: Wardowski WF, Miller WM, Hall DJ and Grierson W (Eds) Fresh Citrus Fruits (2nd Edition). Florida Science Source, Longboat Key. 1. p. 1-22.
- Hamanitene A. (1989). Contribution à l'étude de l'effet du stade de récolte sur l'opération de diverdissage et de certains paramètres influençant la conservation des agrumes. Mémoire de fin d'étude. Horticulture. IAV. Hassan II, Agadir. 80 pp.
- Handaji N., Dambier D., Chahbar A., Arsalane N., Hmouni D., Benyahia H. and Ollitrault P. (2005). Etude de facteurs influents sur la production de triploïdes par hybridation entre clémentiniers et mandariniers diploïdes. Al Awamia. 113. p. 27-46.
- Handaji N., Arsalane N., Ait Haddou M.M., Kabbaj T., Srairi I., Benyahia H., Rahmouni A. and Gabonne F. (2007). Caractérisation et comportement de 35 variants d'agrumes au niveau de la région de Souss. Al Awamia. 121/122.p. 110-134.
- Handaji N., Arsalane N., Benyahia H. and Ibriz M. (2008). Identification de l'origine de gamètes parentaux diploïdes et mode de restitution nucléaire des hybrides spontanément triploïdes de mandariniers. Al Awamia. 123/124. p. 120-135.
- Handaji N., Benyahia H., Arsalane N., Ben Azouz A. and Gabonne F. (2013). Evaluation pomologique et organoleptique de 34 variants d'orangers (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) issus de semis apomictique en essai dans la région du Gharb. Al Awamia. 127. p. 47-70.
- Iglesias D.J., Cercós M and Colmenero-Flores J.M. (2007). Physiology of citrus fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology. 19(4) .p. 333–362.
- Iqbal M., Khan M.N., Zafar M. and Munir M. (2012). Effect of harvesting date on fruit size, fruit weight and total soluble solids of feutrell's early and kinnow cultivars of Mardan (*Citrus Reticulata*) on the economic conditions of farming community of Faisalabad. Sarhad J. Agric. 28(1).p. 19-21.
- Jenks M.A. and Bebeli P. (2011). Breeding For Fruit Quality. John Wiley & Sons. Inc, Oxford, UK. pp.400.
- Kaneyoshi S., Ohgawara T., Saito W., Nakamura Y. and Omura M. (1997). Production of triploid somatic hybrids in Citrus. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 66(3-4).p. 453-458.
- Khalid S., Malik A.U., Saleem B.A., Khan A.S., Khalid M.S. and Amin M. (2012). Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora). Scientia Horticulturae. 135.p.137-144.
- Kusakabe A., White S.A., Walworth J.L., Wright G.C., Thompson T.L. (2006). Response of Micro sprinkler-Irrigated Navel Oranges to Fertigated Nitrogen Rate and Frequency. Soil Science Society of America Journal. 70(5).p. 1623-1628.
- Lado J., Rodrigo MJ. and Zacarías L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. Stewart Postharvest Review.10(2).p. 1-6.
- Liu F., Liang Y. and Wang, Y. (2012). A simple method of spot-picking for higher quality 'Ponkan' mandarins by selecting locations of the tree. Journal of the Taiwan Society for Horticultural Science. 58(1).p. 11-18.
- Nadori E.B., Ouammou M. and Kayaf M. (1988). Comportement de trois clones de clémentinier sur différents porte-greffes. AL Awamia. 64 .p. 44-54.
- Naim Z. (1994). Effet de la date de récolte, du stade de maturité et de l'enrobage à base de polysaccharides sur l'aptitude à la conservation de certaines variétés d'agrumes. Mémoire d'Ingénieur Agronome option Horticulture. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe d'Agadir, 78 p.

- Navarro L., Juárez J., Aleza P. and Pina J.A. (2003). Recovery of triploid seedless mandarin hybrids from $2n \times 2n$ and $2n \times 4n$ crosses by embryo rescue and flow cytometry. In *Plant Biotechnology 2002 and Beyond* (pp. 541-544). Springer, Dordrecht.
- Ollitrault P., Jacquemond C., Dubois C. and Luro F. (2003). In: Genetic diversity of cultivated tropical plants. Hamon P, Seguin M, Perrier X, Glaszmann J., Editor. Paris: Science Publishers and CIRAD; Citrus. pp. 193–217.
- Ollitrault P., Dambier D., Luro F and Froelicher Y. (2008). Ploidy manipulation for breeding seedless triploid citrus. *Plant Breeding Reviews*. 20. p.323–354.
- Otto S.P. and Whitton J. (2000). Polyploid incidence and evolution. *Annual review of genetics*. 34(1).p. 401-437.
- Padoan D., Khan P.S.S.V., Chiancone B., Barany I., Risueno M.C., Testillano P. (2011). First stages of microspore reprogramming to embryogenesis through isolated microspore culture in *eribotrya japonica* lindl. *Acta Hort.* 887.p. 285–289.
- Pradeep Raj Rokaya, Dilli Ram Baral, Durga Mani Gautam, Arjun Kumar Shrestha and Krishna Prasad Paudyal. (2016). Effect of altitude and maturity stages on quality attributes of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *American Journal of Plant Sciences*. 7.p. 958-966. Published Online April 2016 in Sci. Res. <http://www.scirp.org/journal/ajps>
- Pech JC., Balagué C., Latche A. and Bouzayen M. (1994). Postharvest physiology of climacteric fruits: recent developments in the biosynthesis and action of ethylene. *Sciences des aliments*. 14(1).p. 3-15.
- Porras I., Brotons J.M., Conesa A., Castañer R., Pérez-Tornero O. and Manera F.J. (2015). Quality and fruit color change in Verna lemon. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 88(1).p. 215-221.
- Ray P.K. (2002). Citrus. In: *Breeding Tropical and Subtropical Fruits*. Narosa Publishing House, pp 84– 106.
- Recupero G.R., Russo G., Recupero S. (2005). New promising citrus triploid hybrids selected from crosses between monoembryonic diploid female and tetraploid male parents. *Hort Science*. 40(3).p.516-520.
- Russo G. and Fanizza G. (1991). Genotypic variability and interrelationships among Morphological and biochemical fruit Characters in Mandarins. *Proc In. Soc. Citriculture*. 7. p. 96-97.
- Sdiri S., Navarro P., Monterde A., Benabda J. and Salvador A. (2012). Effect of postharvest degreening followed by a cold-quarantine treatment on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of early-season citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 65.p.13-21.
- Ting S.V. and Rouseff Russell L. (1986). *Citrus Fruits and Their Products: Analysis-Technology*. Food Science and Technology.
- Tokunaga T., Miyahara K., Tabata K. and Esaka, M. (2005). Generation and properties of ascorbic acid-overproducing transgenic tobacco cells expressing sense RNA for L-galactono-1, 4-lactone dehydrogenase. *Planta*. 220(6).p. 854-863.
- Zhang Y. and Liu J. (2012). Changes of color, sugar and acid content in flesh of *Citrus reticulata* during maturity period. *Guizhou Agricultural Sciences*. 2.p.142-144.
- Zekri M. (2011). Factors affecting citrus fruit production and quality. *Citrus Industry*. 92(12).p. 6-9.