

INFLUENCE DU MODE DE POLLINISATION ET DES CARACTERISTIQUES DES FRUITS SEMENCIERS SUR LA CAPACITE GERMINATIVE DES GRAINES DU PAPAYER SOLO

F. TCHIO^{1,2}, E. YOUMBI², A. MAFFO² et A. N. FUNAMO¹

¹Programme Fruits, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (I R A D), Station Polyvalente de Njombé.
B P 13 Njombé, Cameroun. E-mail : fétcholi@yahoo.fr

²Laboratoire de Biotechnologie et Environnement, Unité de Physiologie et Amélioration des Plantes. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. Département de Biologie et Physiologie Végétale. B P 812 Yaoundé, Cameroun.

RESUME

La graine est l'organe principal de propagation du papayer (*Carica papaya*), chez qui les problèmes de germination sont récurrents. L'influence du mode de pollinisation et de la conservation des papayes sur la qualité de leurs semences est étudiée. Six cents fleurs hermaphrodites, de la lignée Solo n°8, sont marquées au stade ultime de bouton floral ; une moitié des fleurs est ensachée pour permettre l'autofécondation et l'autre, pour la pollinisation libre, laissée sans protection. Chaque semaine après l'ultime stade de bouton floral (SAUSBF), 10 fruits obtenus de chaque mode de pollinisation sont récoltés pour en extraire les semences. Les graines de certains fruits sont extraites après récolte et pour d'autres après des jours en conservation. Ces semences sont observées, pesées puis soumises à des tests de germination. Les premières graines consistantes sont notées dans le fruit après 10 SAUSBF et celles capables de germer y sont signalées à partir de 14 SAUSBF. L'âge du fruit a fortement influencé les performances des semences. Indépendamment du mode de pollinisation, la germination maximale est enregistrée avec les semences d'au moins 19 SAUSBF. La conservation des fruits a avancé la germination à 13 SAUSBF et offert les taux maximum aux semences dès 16 SAUSBF.

Mots clés : Qualité semencière, papayer (*Carica papaya* L.), âge du fruit, conservation post-récolte, capacité germinative, pollinisation.

ABSTRACT

GERMINATION OF PAPAYA SEED IN RELATION WITH THE AGE AND STORAGE OF FRUIT

Papaya is mostly propagated by seed, which highly fluctuates in quality. The effect of the pollination mode and that of post-harvest storage of fruits on the seed quality of papaya was investigated. 600 hermaphrodite flowers of Solo n°8 line were tagged just before their opening and the half was protected to insure self-pollination. Ten fruits were weekly harvested from each group to collect seeds at harvest or after storage. The weight and the germination capacities of the seeds were evaluated from successive age of fruit. Results showed that no strong seedy structures arose in the fruits before 10 weeks and the first seeds capable to germinate appeared at 13 weeks. The age of the fruit at harvest had a strong effect on the weight and the viability of papaya seeds. Irrespective of the pollination mode, maximum germination rate started with seeds of 19 weeks. The softening of the fruit during a storage significantly enhanced the germination behavior of seeds from younger fruits, leading to a maximum rate as from the age of sixteen.

Key words : Seed quality, *Carica papaya*, fruit age, post-harvest storage, germination rate, pollination.

INTRODUCTION

Chez les espèces fruitières, la question semencière se pose plus en termes de qualité que de quantité. Car, contrairement à certaines cultures, où la semence se constitue au détriment de la partie alimentaire, ce groupe végétal a des organes semenciers (graines, noyaux, pépins) généralement éliminés comme déchets lors de la consommation. S'il ne fait aucun doute que le développement d'une graine est indissociable de celui du fruit dans lequel elle est formée, il n'est pas sûr que celle que l'on recueille au moment de la consommation de la pulpe ait les meilleures qualités semencières. L'importance des études sur le développement et la maturité physiologique des semences repose sur le besoin de repérer le moment où la récolte de celles-ci permet d'en garantir les meilleures qualités en termes de viabilité et de vigueur (Olasoji *et al.*, 2012). Mais, le moment d'apparition de ces qualités semencières optimales, en cours de développement, et sa relation avec les caractéristiques du fruit et des graines, font l'objet de discussions qui révèlent des variations suivant les espèces et les zones de production (Demir *et al.*, 2002). Certains auteurs considèrent que le stade de maturité à la récolte est en relation étroite avec les paramètres qualitatifs des semences (Eskandari, 2012) ou qu'il est parmi les facteurs les plus importants pouvant influencer la qualité de celles-ci (Demir *et al.*, 2008). En général, les semences récoltées trop précocement ou trop tardivement germent mal en raison d'un développement incomplet des structures séminales d'une part, ou d'altérations consécutives au vieillissement, d'autre part. Le stade de développement, où une graine exprime ses meilleures qualités semencières, correspond à sa maturité physiologique ; l'idée que celle-ci coïncide avec la fin de la période de remplissage, décrite par le maximum de masse sèche de la semence, a été avancée (Harrington, 1977). Mais de nombreux travaux ont rapporté des cas où elle survient franchement au-delà de ce seuil massique (Demir et Samit, 2001). Selon TeKrony et Egli (1997), les espèces, dont les semences sont récoltées à l'état sec atteignent l'optimum de qualité juste avant ou au moment où elles ont atteint leur poids sec maximum. Les semences issues des fruits charnus, par contre, n'y parviennent qu'au-delà de ce seuil. Demir et Samit (2001) ont montré, chez la tomate, que

les qualités germinatives des semences peuvent se déprécier si la récolte est anormalement retardée, alors que chez l'aubergine, il est rapporté que les qualités semencières maximum surviennent bien au-delà de la période de remplissage (Demir *et al.*, 2002).

Chez le papayer, où il est admis depuis longtemps que les semences doivent provenir de fruits complètement mûrs (Jone et Storey, 1941), une étude de Bertocci *et al.* (1997) a rapporté de bonnes performances des semences extraites de fruits matures, mais non mûrs («mature unripe fruits»). Mais, Sangakarra (1995) soutient que la meilleure semence de papayer doit provenir non seulement de fruits complètement mûrs, mais aussi de ceux parvenus au-delà de ce stade ultime et presque en décomposition. En général, la germination des semences de papayer est limitée et variable (Bhattacharya et Khuspe, 2001), sans que cela ne soit clairement expliqué. Si Pandit *et al.* (2001) attribuent cela à une détérioration précoce des semences survenant après la récolte, la réponse positive des semences de papayer, à divers traitements artificiels (Andreoli et Khan, 1993 ; Hore et Sen, 1993 ; Patil *et al.*, 1995 ; Bertocci *et al.*, 1997 ; Salomão *et al.*, 2000 ; Bhattacharya et Khuspe, 2001) souligne l'insuffisance d'un tel argument, et suggère le besoin d'autres travaux sur le problème. En outre, le papayer est une espèce polygame qui comporte des individus mâles, hermaphrodites et femelles (Storey, 1941). Mais on y connaît aussi des lignées exclusivement dioïques, caractérisées par l'absence d'individus hermaphrodites. Chez cette espèce, la qualité génétique de la semence dépend du mode de pollinisation des fleurs qui est susceptible d'affecter les caractéristiques du fruit semencier. La présente étude a été entreprise dans le but d'évaluer l'effet du mode de pollinisation des fleurs et de la conservation post-récolte des fruits sur les capacités germinatives de ses graines, suivant différentes périodes de récolte, à partir d'individus hermaphrodites d'une lignée polygame.

MATERIEL ET METHODES

SITE DE L'ETUDE

Le présent travail a été réalisé au Cameroun dans l'arrondissement de Njombé-Penja, département du Mounjo, Région du Littoral.

Njombé-Penja, se situe approximativement entre 4°35 et 4°40 N, et 9°39 et 9°41 Est. C'est une localité de la région côtière à pluviométrie monomodale. L'espace utilisé est un sol volcanique, précédemment occupé par divers vivriers (macabo, taro, maïs, etc.) et les reliques d'une papayeraie de 5 ans.

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé est une lignée de papayer (*Carica papaya* L.) introduite à Njombé à partir des Iles Hawaï aux Etats Unis, dans les années soixante, sous la dénomination «Solo n°8» et sauvegardée, au fil des générations, par autofécondations artificielles. C'est une lignée polygame caractérisée par des fruits de petite taille (250 - 500 g) à chair rouge.

Production des fruits semenciers

Des papayers (*C. papaya* L. cv Solo n°8) de 8 semaines après semis dans des pots en pépinière ont été plantés en mars 2004 à Penja. La parcelle, mise en place suivant une densité de 2 000 plants/ha, est maintenue propre par l'usage bimensuel de l'herbicide Kalach (glyphosate 360, FIMEX International), alors que les plants ont mensuellement reçu des doses croissantes de complexes NPK (20-10-10 et 12-8-20, ADER Cameroun), en alternance, et 15 g/plant de «Sodium Tetraborate Decahydrate» (US Borax Inc.) vers le 5^e mois après plantation. En juillet 2004, 600 arbres hermaphrodites, en fructification avancée, ont été sélectionnés de manière aléatoire et leurs fleurs marquées le même jour par scarification du tronc autour de la feuille tutrice, à raison d'une fleur/arbre. Ces fleurs, occupent les positions terminales d'inflorescences choisies sur la base de la présence de pétales ouverts chez la fleur principale de l'inflorescence de rang n-1. Il s'agit en fait du stade ultime du bouton floral. Toutes les fleurs secondaires de l'inflorescence marquées sont détruites par ablation pédonculaire. Trois cents des 600 fleurs marquées ont été protégées à l'aide de sachets en toile, durant 7 j, en vue de favoriser

l'autofécondation ; l'autre moitié étant laissée sans protection en vue d'une pollinisation libre.

Récolte des fruits et préparation des semences

La récolte des fruits s'est faite à un rythme hebdomadaire, en se référant au jour du marquage des fleurs, opéré au stade ultime de bouton. Ainsi, chaque semaine après l'ultime stade de bouton floral (SAUSBF), une dizaine de fruits, résultant de leurs nouaisons, sont prélevés de chaque groupe, puis répartis en deux lots, dès le retour au laboratoire. Des fruits sont disposés dans des cartons et constituent le lot destiné à la conservation, ceux de l'autre lot sont ouverts le jour même de la récolte pour recueillir les éventuelles semences. Les graines des fruits conservés sont ultérieurement recueillies après ramollissement de la pulpe ou dès l'apparition de réels signes de putréfaction, le cas échéant. Pendant le suivi post-récolte des fruits, leur comportement a fait l'objet d'une description synthétique, alors que les délais de ramollissement de la pulpe ont été systématiquement notés. Les graines extraites après récolte ou après ramollissement de la pulpe sont frottées dans une étoffe résistante pour détruire le sarcotest éliminé lors du rinçage à l'eau du robinet. Les graines lavées sont séchées, pendant 5 j, par étalage sur des toiles en jute, dans une salle où la température moyenne était de 23° C. Le conditionnement des graines a été réalisé dans des flacons en verre, où elles ont été maintenues jusqu'au début des tests de germination.

Détermination du poids des semences

La détermination du poids des semences a concerné les graines, extraites des fruits sacrifiés juste après récolte et, qui n'ont pas été endommagées lors de la destruction du sarcotest. Trois lots de 100 graines ont été constitués par stade de fruits récoltés. Les pesées ont été faites uniquement sur les semences obtenues des fruits autofécondés. Car, au stade de récolte ayant permis la

première pesée, ils étaient les seuls à contenir d'assez de graines capables de résister au lavage par frottement. Chaque lot a été pesé au moyen d'une balance électronique (PJ Precisa, VASSE Industrie SA) de portée et de précision respectives de 0,5 à 202 g et de 0,01g.

Tests de germination

Les tests de germination ont débuté 5 j après le conditionnement des semences issues des fruits ramollis en conservation. Les semences obtenues des lots de fruits résultant de la même période de récolte, sont semées sur des planches de 70 cm de large et 25 cm de hauteur, réalisées en plein air, sur un sol non inféodé de papayer initialement en jachère. Les semences sont distribuées dans des sillons de près de 2 cm de profondeur, ouverts perpendiculairement à l'axe de la planche, et espacés de 12 cm. Dans chaque sillon, 50 semences sont réparties tous les 2 cm sur 2 lignes distantes de 3 cm. Une fois distribuées dans les sillons, les semences sont recouvertes d'une mince couche de terre, puis d'une couche de graminées (*Azonopus sp.*, *Brachiaria sp.*, *Digitaria sp.*, *Eleusine sp.*, *Eragrostis sp.*), fauchées avant épiaison puis assécher, en guise de paillage transitoire, jusqu'en début de germination. Le germe est abondamment arrosé après semis, puis tous les soirs des jours non pluvieux au cours de l'expérimentation. Les stades de développement du fruit considérés dans les tests incluent, la date où sont notées les premières graines capables de supporter la pression des doigts et, celle où la pulpe est entièrement ramollie au moment de la récolte. Toutes les semences de chaque récolte hebdomadaire ont contribué à un essai factoriel 2 x 2, dans un dispositif complètement randomisé à 3 répétitions.

Obtention des variables de germination

Trois j après semis, les planches sont inspectées quotidiennement pour déceler tout signe apparent de germination en surface caractérisée par l'apparition des tigelles encore recourbées au-dessus du sol. Au bout de deux mois d'observation (60^e j après semis), l'examen des données générées a permis d'identifier 4 variables principales pour décrire le phénomène, à savoir : les délais initial et terminal de germination, et les taux initial et final de germination. Le délai initial de germination est

obtenu par le comptage du nombre de jours écoulés entre le semis et la date d'apparition des premières tigelles ; le délai final de germination est le nombre de jours entre le semis et la date à partir de laquelle les inspections quotidiennes des planches de semis ne décèlent plus de nouvelles plantules. Après chaque inspection quotidienne des planches, le taux de germination est le résultat de l'expression : taux de germination = (nombre de plantules notées/ nombre de graines semées)*100.

Les taux initial et final de germination correspondent aux résultats de la formule ci-dessus, où le nombre de plantules notées est celui des dates de repérage respectif des délais initial et final de germination.

ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées au niveau des pesées et des tests de germination ont fait l'objet d'analyse de variance au moyen du logiciel SAS ; puis les effets moyens des traitements ont été séparés à l'aide du test de Student-Newman-Keuls (SNK). Les résultats sont présentés sous forme de tableaux ou de graphiques à base des valeurs moyennes des données.

RESULTATS

DEVELOPPEMENT DES GRAINES ET EVOLUTION POST-RECOLTE DES FRUITS

Indépendamment du mode de pollinisation, les premières structures séminales consistantes, c'est-à-dire en mesure de résister à la pression entre les doigts, ne sont apparues dans les fruits qu'à partir de l'âge de 10 SAUSBF, et celles capables d'échapper à des dommages lors de lavages par frottement n'ont pu être notées qu'à partir des fruits dont le développement sur l'arbre a atteint 13 SAUSBF. Toutefois, il semble d'emblée, que les fruits autofécondés ont eu les plus fortes proportions de graines considérées ; en outre, le développement du fruit a atteint le stade de ramollissement de la pulpe sur l'arbre à 21 SAUSBF (données non rapportées).

En cours de conservation post-récolte, les délais de ramollissement de la pulpe ont varié, entre 2 et 9 j, en moyenne, suivant l'âge du fruit à la récolte, quel que soit le mode de pollinisation

utilisé (Tableau 1). Les délais les plus courts (2 à 4 j environ) sont notés chez les fruits de 19 et 20 SAUSBF, alors que les plus longs (7 à 9 j environ) ont concerné les fruits résultant des récoltes de 12 à 18 SAUSBF. Toutefois, il est apparu que jusqu'à 15 SAUSBF, les fruits entreposés ramollissaient par putréfaction, alors qu'entre 16 et 18 SAUSBF, ils ramollissaient en murissant normalement, mais moins bien que ceux entre 19 - 20 SAUSBF.

POIDS DES SEMENCES

Le poids des semences a significativement augmenté suivant l'âge de récolte du fruit, jusqu'à un maximum à 18 SAUSBF, avant de régresser au cours des périodes de récolte subséquentes qui ont pris fin avec le ramollissement de la pulpe sur l'arbre. (Tableau 2). Dès 16 SAUSBF, ce poids avait une valeur statistiquement comparable celles de 20 ou 21 SAUSBF.

Tableau 1 : Effet du mode de pollinisation et de la conservation des fruits semenciers sur le délai de ramollissement de la pulpe des fruits de papayer récoltés à différentes dates.

Effect of pollinating mode and post-harvest storage of the fruits on the softening date of the pulp, in relation with different harvesting dates.

Mode de pollinisation	Dates de récoltes des fruits (SAUSBF)								
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Autopollinisation	8,67a	8,00a	7,33a	8,33a	8,67a	8,67a	7,00a	2,67a	2,00a
Pollinisation libre	8,33a	8,00a	7,67a	8,67a	8,67a	8,67a	7,00a	3,67a	2,33a
Moyenne	8,50	8,00	7,50	8,50	8,67	8,67	7,00	3,17	2,17
CV (%)	6,44	7,91	7,30	9,84	9,42	5,96	12,78	31,05	34,74
ETR	0,577	0,707	0,577	0,913	0,913	0,408	0,408	0,913	0,816

Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5 % suivant le test de Student-Newman-Keuls (SNK).

Means followed in a column by the same letter are not significantly different at 5 % level according to Student-Newman-Keuls test.

Tableau 2 : Effet de l'âge de récolte du fruit sur le poids des semences autofécondées de papayer (*Carica papaya* L. cv Solo n°8) préparées immédiatement après la récolte des fruits.

Effect of fruit harvesting age on the weight (g) of self pollinated papaya seeds (Carica papaya L. cv Solo n°8) prepared immediately after harvesting.

Stade de maturité S _i du fruit (SAUSBF)	Poids de 100 graines, lavées et séchées (g)
S ₁₃	0,9669f
S ₁₄	1,2270e
S ₁₅	1,3568d
S ₁₆	1,5367c
S ₁₇	1,5600bc
S ₁₈	1,7068a
S ₁₉	1,5767b
S ₂₀	1,5700bc
S ₂₁	1,5671bc
Moyenne	1,4520
Ecart-type résiduelle (ETR)	0,0050
Effet du stade de maturité	**

Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5 % suivant le test de Student-Newman-Keuls (SNK) ; ** : effet très significatif (seuil 1 %).

*Means followed in a column by the same letter are not significantly different at 5 % level according to Student-Newman-Keuls test ; ** : highly significant effect (1 % level).*

INFLUENCE DU MODE DE POLLINISATION ET DE L'AGE DES FRUITS SUR LE DELAI DE GERMINATION

Quel que soit l'âge du fruit, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative, entre les deux modes de pollinisation, sur les délais de germination, tant au début qu'à la fin du phénomène. Mais, suivant les âges, le délai initial a fortement varié (Tableau 3) : jusqu'à 15 à 21 j pour les semences issues des fruits d'au plus 15 SAUSBF, contre 9 à 12 j pour celles des fruits de 16 à 18 SAUSBF et à peine 7 à 8 j lorsque les fruits sont récoltés à 19, 20 ou 21 SAUSBF. En revanche, le délai final a atteint des valeurs moyennes, peu dispersées dans l'intervalle de 21 à 39 j, sans la moindre polarisation sur un âge ou classe d'âges (Tableau 4).

INFLUENCE DE LA CONSERVATION ET DE L'AGE DU FRUIT SUR LE DELAI DE GERMINATION

En fonction de l'âge du fruit à la récolte, l'analyse de variance a révélé des effets assez contrastés de la conservation du fruit sur le délai initial de germination (Tableau 3). Le ramollissement des fruits pendant la conservation a significativement

réduit le délai initial pour les semences obtenues des fruits de 15 ($p < 0,05$), 16 ($p < 0,001$), 17 ($p < 0,001$) et 18 ($p < 0,01$) SAUSBF, alors qu'il n'a eu aucun effet sur cette variable pour les récoltes de 19, 20 et 21 SAUSBF. Les semences provenant de ces récoltes tardives ont commencé à germer au bout de 7 à 8 j en moyenne, alors que l'absence de conservation des fruits récoltés plus jeunes a pu retarder ce délai jusqu'à plus de 24, 14 et 10 j, respectivement pour les récoltes survenues à 15, 16 et 17 et 18 SAUSBF. Mais, en dépit d'une réduction significative du délai initial de germination des semences dérivant des fruits de ces récoltes précoces, celui-ci a conservé des variations permettant de noter qu'en général, les semences obtenues des fruits plus jeunes ont pris beaucoup de temps pour commencer à germer. Au niveau du délai en fin de germination, l'effet de la conservation post-récolte des fruits n'a eu d'ampleur significative ($p = 0,0197$) que sur les semences obtenues des récoltes de 16 SAUSBF (Tableau 4). Ici, les semences obtenues des fruits ramollis ont eu leurs dernières levées vers le 25^e j après semis, alors que celles provenant des fruits fraîchement récoltés en ont requis une dizaine de jours supplémentaires.

Tableau 3 : Effet du mode de pollinisation et de la conservation des fruits semenciers sur le délai de début de germination (premières levées), des semences de papayer (*Carica papaya* cv Solo n°8) récoltées à différentes dates.

Effect of pollination mode (self and open pollination) and post-harvest storage of the fruit on the starting date of germination of papaya seeds (Carica papaya cv Solo n°8) at different stages of fruit development.

Facteurs et niveaux	Dates de récoltes des fruits (SAUSBF)								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Mode de pollinisation									
Autopollinisation	11,500	20,500	15,667	11,833	11,500	9,500	8,500	8,333	7,500
Pollinisation libre	po	17,333	20,667	12,000	11,333	9,167	7,833	8,333	7,333
Effet de traitements	dna	dna	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Etat post-récolte du fruit									
Fruit fraîchement récolté	po	28,667	24,333a	14,667a	14,167a	10,333a	8,500	8,500	7,333
Fruit ramollis en conservation	11,333	12,000	11,500b	9,167b	8,667b	8,333b	7,833	8,167	7,500
Effet de traitements	dna	dna	*	***	***	**	ns	ns	ns
Moyenne	11,400	19,143	17,917	11,917	11,417	9,333	8,167	8,333	7,417
CV (%)	5,470	7,073	48,791	10,277	13,850	8,748	7,070	10,392	12,308
ETR	0,624	1,354	8,742	1,225	1,581	0,816	0,577	0,866	0,913

Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5% suivant le test de Student-Newman-Keuls (SNK). ns : effet non significatif. *, **, *** : effet significatif respectivement aux seuils 5 %, 1 % et 0,1 %. po : pas d'observations. dna : données non analysées.

Means followed in a column by the same letter are not significantly different at 5 % level according to Student-Newman-Keuls test. ns : non significant effect. *, **, *** : significant effect at 5 %, 1 %, and 0,1 % level respectively. po : non analysed data.

Tableau 4 : Effet du mode de pollinisation et de la conservation des fruits semenciers sur le délai de fin de germination (dernières levées), des semences de papayer (*Carica papaya* cv Solo n°8) récoltées à différentes dates.

Effect of the pollination mode (self and open pollination) and the post-harvest storage of the fruit on the ending date of germination of papaya seeds (Carica papaya cv Solo n°8) of different stages of fruit development.

Facteurs et niveaux	Dates de récoltes des fruits (SAUSBF)								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Mode de pollinisation									
Autopollinisation	28,000	34,667	31,000	32,500	35,500	30,667	32,167	21,500	24,883
Pollinisation libre	po	34,000	38,500	27,500	27,500	27,333	26,000	30,667	23,883
Effet de traitements	dna	dna	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Etat post-récolte du fruit									
Fruit fraîchement récolté	po	36,333	37,167	35,500a	36,000	27,167	27,667	26,333	22,167
Fruit ramollis en conservation	26,333	32,750	32,333	24,500b	27,000	30,833	30,500	25,833	26,500
Effet de traitements	dna	dna	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Moyenne	27,000	34,286	34,750	30,000	31,500	29,000	29,083	26,083	24,333
CV (%)	16,655	16,923	28,171	18,954	28,893	27,890	26,708	25,262	18,379
ETR	4,497	5,802	9,789	5,686	9,101	8,088	7,767	6,589	4,472

Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5 % suivant le test de Student-Newman-Keuls (SNK). ns : effet non significatif. * : effet significatif au seuil 5 %. po : pas d'observations ; dna : données non analysées.

Means followed in a column by the same letter are not significantly different at 5 % level according to Student-Newman-Keuls test. ns : non significant effect. * : significant effect at 5 % level. po : non observed data. dna : non analysed data.

INFLUENCE DU MODE DE POLLINISATION ET DE L'ÂGE DES FRUITS SUR LE TAUX DE GERMINATION

Indépendamment du mode de pollinisation, aucune graine provenant de fruits de moins de 13 SAUSBF n'a pu germer. Puis, les premiers signes de germination notés en 13^e SAUSBF, bien que très faibles, ont concerné les semences obtenues aussi bien des fruits résultant de pollinisation libre que d'autopollinisation. Quel que soit l'âge du fruit à la récolte, le taux initial de germination, qui a montré de fortes variations entre les périodes de récolte, n'a pas atteint des écarts significatifs entre les traitements (Figure 1a). Ce taux initial est demeuré assez bas (< 10 %) pour les graines issues des fruits récoltés à 13, 14 et 15 SAUSBF, alors que les récoltes de 16, 17 et 18 SAUSBF en étaient entre 15 et 20 % et celles des 19, 20 et 21 SAUSBF à plus de 30 %. Le taux de germination terminal a aussi beaucoup varié entre les périodes de récolte des fruits, mais, a très peu fluctué au sein des périodes entre les deux modes de pollinisation. Toutefois, l'analyse de variance y a relevé une différence significative ($p < 0,05$) dans la période de 18 SAUSBF, où les taux notés sont de 75 et 84,67 %, pour les

semences dérivant respectivement de pollinisation libre et d'autopollinisation (Figure 1c). Autant que pour le taux initial, les semences des fruits récoltés à 13, 14 et 15 SAUSBF, ont eu les plus faibles (3 - 28 %) taux en fin de germination, alors que des taux plus que moyens (57 - 85 %) sont indexés aux fruits de 16, 17 et 18 SAUSBF et les taux maximum (93 - 96 %) à ceux de 19, 20 et 21 SAUSBF.

INFLUENCE DE LA CONSERVATION ET DE L'ÂGE DU FRUIT SUR LE TAUX DE GERMINATION

En début de germination, la mise en conservation du fruit a eu un effet assez net, avec une supériorité régulière, et parfois significative, des semences extraites de fruits ramollis sur celles recueillies de fruits, de différents âges, récoltés et traités sans conservation (Figure 1b). Mais, à la fin du phénomène, l'effet de la conservation post-récolte des fruits a paru plus contrasté : si pour les semences issues des fruits de 13 à 15 SAUSBF, d'une part, et de 19 à 21 SAUSBF, d'autre part, ce facteur a semblé être sans effet, il en a été tout autre pour celles dérivant des fruits de 16, 17 et 18 SAUSBF, où son influence,

très significative, a résulté d'écarts de taux germinatifs largement favorables aux graines issues de fruits préalablement mis en conservation. A titre d'illustration, la mise en

conservation des fruits de 16 et 17 SAUSBF a assuré à leurs semences un passage d'à peine 20 à plus de 90 % de germination (Figure 1d).

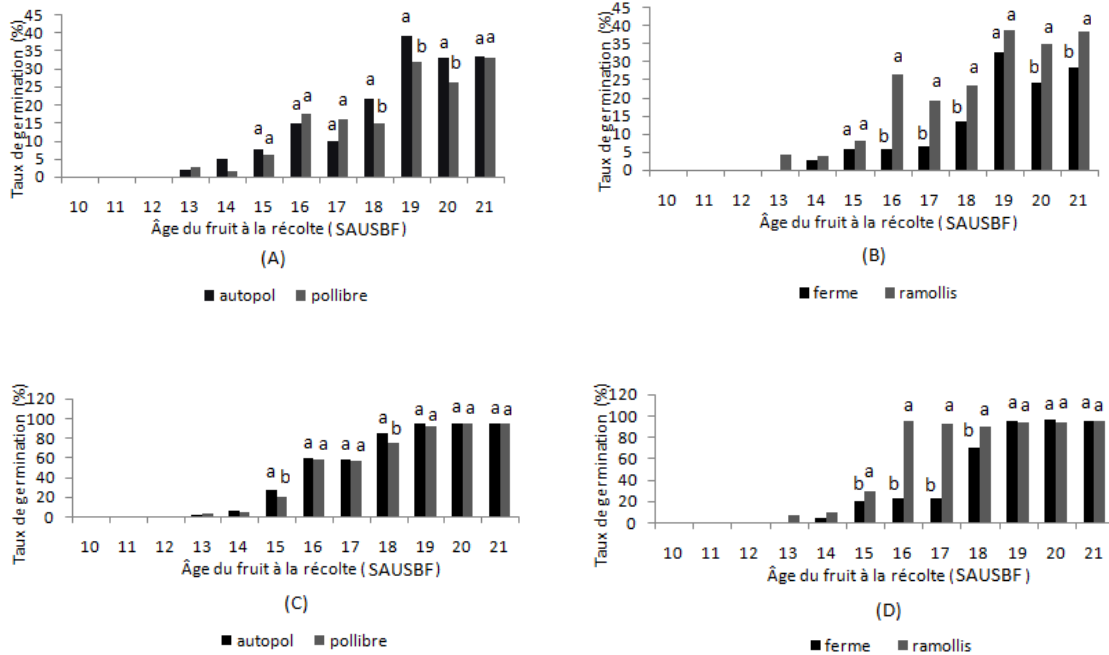


Figure 1 : Influence du mode de pollinisation des fleurs et de la conservation des fruits de papayer (*Carica papaya* cv Solo) sur les taux initial et terminal de germination des semences issues de fruits de différents âges lors d'un semis en terre.

Taux initial de germination suivant (A) le mode de pollinisation et (B) l'état post-récolte du fruit ; Taux terminal de germination suivant (C) le mode de pollinisation et (D) l'état post-récolte du fruit.

Effect of the pollination mode (self and open pollination) and the post-harvest storage of the fruit on the starting and ending rate of germination of papaya seeds (Carica papaya cv Solo n°8) of different ages of the fruits.

Initial rate of germination according to (A) pollinisation mode and (B) post-harvest status of the fruit ; Terminal rate of germination according to (C) pollinisation mode and (D) post-harvest status of the fruit.

NB : "ferme" indique les semences issues de fruits fraîchement récolté ; "ramollis" indique les semences issues de fruits ramollis en conservation ; "autopol" indique les semences issues de fruits d'autofécondés ; "polibre" indique les semences issues de fruits non autofécondés ; SAUSBF est l'abréviation de Semaines Après l'Ultime Stade de Bouton Floral. Pour chaque période de récolte, les représentations graphiques de moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5 % selon le test de Student-Newman-Keuls (SNK).

NB : "ferme" indicates seeds obtained from freshly harvested fruits ; "ramollis" indicates seeds obtained from fruits kept in conservation after harvest ; "autopol" indicates seeds obtained from self-pollinated fruit ; "polibre" indicates seeds obtained from open pollinated fruit ; SAUSBF defines the number of weeks after the attainment of the state just before the opening of the flower. For any harvesting period, the graphic exhibit of the means followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Student-Newman-Keuls test.

DISCUSSION

Un examen synthétique de l'ensemble des résultats a permis de distinguer 3 périodes d'intérêt dans le développement des semences de papayer :

- Age 13 - 15 SAUSBF, caractérisée par l'apparition des premiers indices de viabilité, une forte et régulière augmentation du poids, un impact positif de l'entreposage des fruits sur les capacités germinatives, en dépit d'une mauvaise tenue de la pulpe ;

- Age 16 - 18 SAUSBF, caractérisée par un renforcement des signes de viabilité, une forte, mais moins régulière, augmentation du poids, un bon comportement des fruits semenciers durant la conservation et une nette amélioration des capacités germinatives des semences obtenues des fruits entreposés ;

- Age 19 - 21 SAUSBF, caractérisé par le plafonnement des performances germinatives, un infléchissement du poids, une bonne évolution, mais faible longévité post-récolte des fruits semenciers et un défaut d'impact de la conservation des fruits sur les capacités germinatives.

Jusqu'à l'âge de 12 SAUSBF, aucun fruit ne renferme de graines capables de germer, quels que soient le mode de pollinisation et la conservation post-récolte. Le plus jeune âge pour lequel un fruit fraîchement récolté renferme déjà des graines capables de germer est 14 SAUSBF, alors que l'entreposage permet d'avancer ce seuil à 13 SAUSBF. Des données similaires ont été rapportées par Maun (1974) qui a trouvé que chez *Rumex crispus* L., plante adventice des pâturages, les semences issues de panicules de 6 j après l'anthèse, fauchées puis enfouies pendant quelques jours, ont pu germer à 2,5 %, alors que celles obtenues par fauchages analogues, immédiatement séchées, n'ont montré aucun signe de viabilité.

La variation significative du poids des semences provenant des fruits récoltés, à différentes périodes, a révélé que celui-ci a augmenté jusqu'à un maximum de 18 SAUSBF avant de s'infléchir. L'augmentation ainsi notée traduit clairement le processus d'accumulation des réserves qui assure des gains de poids à la semence jusqu'à un terme au-delà duquel celle-ci n'est plus le siège que de la seule activité respiratoire, vraisemblablement accentuée par

une possible sortie de dormance, d'où l'inflexion de la tendance. L'accumulation des réserves a déjà été avancée pour expliquer l'accroissement de poids des semences en cours de développement chez le blé (Nedveda et Nikolova, 1999). Dans une étude sur la tomate, Rao *et al.* (2005) ont noté la même tendance, qu'ils ont expliquée par divers phénomènes dont la respiration, avant de conclure à l'existence d'une corrélation négative entre la densité et la maturité des semences. Au vu de cette tendance assez générale, Eskandari (2012) a observé que l'accroissement en poids des semences est une fonction linéaire et quadratique où le sommet de la courbe indique la fin de la période de remplissage.

Lors des tests de germination, il est apparu que, pour les semences obtenues des fruits sans conservation post-récolte, les taux de germination s'améliorent au fil des stades de récoltes hebdomadaires, parvenant à leurs meilleurs niveaux à 19 SAUSBF et pendant les périodes subséquentes. Ainsi, les qualités semencières maximales surviennent, une semaine après la fin de la période de remplissage, avec des semences obtenues des fruits où la pulpe, encore loin du ramollissement, vient juste d'acquiescer sa pleine coloration. Betrocci *et al.* (1997) ont rapporté de bonnes performances de semences extraites de fruits matures, mais non mûrs («mature unripe fruits»), alors que Sangakkara (1995) y a relevé de très faibles capacités germinatives. La présente étude a permis de clarifier cette controverse en précisant le stade de récolte où le fruit, encore ferme, contient des semences physiologiquement matures. Par ailleurs, l'évolution relative des poids et capacités germinatives des semences étudiées, concorde avec l'idée de Tekrony et Egli (1997) présumant que les semences des fruits charnus achèvent leur remplissage avant d'acquiescer leurs qualités maximales. Une étude de Demir *et al.* (2002) sur l'aubergine a débouché sur des conclusions similaires. Chez la tomate, Rao *et al.* (2005) sont parvenus à la même conclusion et ont également noté un infléchissement du poids des semences au moment de leur maturité physiologique.

Dans l'ensemble, le ramollissement post-récolte des fruits a conduit à des semences où les premiers signes de viabilité sont avancés à 13 SAUSBF, pendant que les valeurs maximum y sont notées dès 16 SAUSBF. Il est possible

qu'en cours de conservation, les graines des fruits récoltés dans ces périodes, aient poursuivi leur développement à partir des réserves constituées dans la pulpe des fruits. La pertinence de cette hypothèse a été corroboré par Chan *et al.* (1979) qui ont montré que chez la papaye, l'accumulation du sucre commence vers la 16^e semaine après l'anthèse. L'impact positif de la conservation des fruits sur les qualités de la semence de papayer qui n'est pas physiologiquement mature au moment de la récolte, reposerait sur la qualité des réserves contenues dans la pulpe. Pendant la conservation, les fruits des stades 12 à 18 SAUSBF ont vu leurs pulpes ramollir dans des délais très proches. Mais, les pulpes des uns entraient en putréfaction (stades 12 à 15 SAUSBF), pendant que celles des autres murissaient normalement (stades 16 à 18 SAUSBF). Habituellement, il est admis que les meilleures semences de papayer proviennent des fruits complètement mûrs (Jones et Storey, 1941), sans autres précisions. Cependant, Sangakkara (1995) y a contribué en soutenant que la meilleure semence de papayer ne peut être obtenue que de fruits complètement mûrs, ou en voie de décomposition. Nos résultats montrent clairement que chez la lignée Solo n°8, les meilleures qualités des semences sont acquises dans les fruits de 19 SAUSBF, alors que la pulpe n'a pas encore ramolli. En revanche, seule une conservation post-récolte des fruits d'âge inférieurs permet d'avoir des semences capables de germer vite et mieux, égalant les performances physiologiques maximales dès l'âge de 16 SAUSBF. Tout se passe comme si, dès cet âge, le développement atteint par les graines se poursuit à un rythme accéléré lors du ramollissement de la pulpe en conservation, pour atteindre en à peine 10 j, des semences physiologiquement matures. Autrement dit, les fruits semenciers de papayer peuvent être cueillis dès l'âge de 16 SAUSBF et entreposés jusqu'au ramollissement avant l'extraction des semences. En avançant si loin la récolte de ces fruits, on les préserve sûrement des voleurs, des dégâts d'oiseaux ou de toute confusion avec les fruits de consommation lors d'une cueillette normale. On peut aussi penser à un gain de près de deux semaines sur le calendrier de pépinière ou du cycle de la plante. Un tel gain de temps est à souligner, sachant qu'il peut influencer le moment de maturité et de mise sur le marché des produits concernés (Currah, 1978). De plus, cet effet de l'évolution post-récolte du fruit sur la viabilité des semences offre

la possibilité de sauvegarder naturellement une lignée de papayers portant au plus des fruits de 13 SAUSBF. On n'oubliera pas l'opportunité de valoriser la pulpe d'un fruit semencier convenablement suivi. De bons comportements post-récoltes ont été notés chez les fruits de 16 à 20 SAUSBF, avec des délais moyens de ramollissement d'environ 9 à 2 j suivant l'âge. Au-delà de l'opportunité ainsi offerte d'envisager des expéditions de semences de papayer sous forme de fruits, cette observation peut aussi contribuer à un choix judicieux des stades de récoltes des papayes en fonction des circuits de commercialisation. Les délais notés ne sont pas très éloignés des 7, 6, 4 et 3 j rapportés par Bron et Jacomino (2006) pour décrire les temps requis en conservation par des papayes de 4 stades de maturité pour acquérir le plein murissement.

Globalement, nos résultats laissent entrevoir que le plein développement des graines de papayer se situe dans l'intervalle 16 - 19 SAUSBF d'évolution du fruit sur l'arbre. Etant donné que les fruits de moins de 16 SAUSBF ramollissent mal ou pourrissent carrément en conservation, on peut considérer que 16 SAUSBF est une étape décisive dans le développement de la graine et de la pulpe chez le papayer. C'est le lieu de rappeler ou de signaler deux études susceptibles d'appuyer ce point de vue : celle de Chan *et al.* (1979), citée plus haut, et celle de Calegario et Puschmann (1997) qui ont montré qu'une papaye atteint ses dimensions maximales au bout de 110 j (soit 15,71 semaines) après l'anthèse.

Lors de la présente étude, les semences des fruits de 18 SAUSBF avaient le poids moyen le plus élevé, suggérant que c'est à cet âge que les dernières graines bien formées sont au maximum de leur développement. Cependant, le fait que le taux de germination augmente avec l'âge, atteignant son maximum seulement dès 19 SAUSBF, suggère qu'au terme de leur croissance, les graines de papayer transitent par une sorte de dormance d'environ une semaine et en sortent totalement aptes à germer. Ainsi, dès 19 SAUSBF, toutes les graines bien formées ont achevé leur croissance depuis au moins une semaine et sont pleinement aptes à germer. Une telle dormance serait sans doute d'origine embryonnaire; car selon Noggle et Fritz (1976), les embryons, encore rudimentaires en fin de remplissage, ont nécessairement besoin de terminer leur développement avant d'entrer en germination.

Chez le papayer, cette explication prend tout son sens, car Lassoudière (1968) a remarqué que son embryon se développe très lentement et présente assez d'irrégularités au cours de ses premiers stades.

De façon particulière, cette étude révèle que, plus que le mode de pollinisation des fleurs, ce sont l'âge et la conservation des fruits qui ont clairement influencé la qualité physiologique des semences de papayer. En dépit de quelques apparences, le seul effet marquant du mode de pollinisation concerne la germination des semences issues de fruits récoltés à 18 SAUSBF, où une supériorité des autofécondées a été notée. Sachant qu'une parcelle de papayers conduite en isolement a un meilleur rendement semencier que celle soumise à des conditions de pollinisation contrôlée (Mansha-Ram et Ram, 1995), on peut en déduire que les fruits hermaphrodites résultant des fleurs autofécondées contiendraient moins de graines que ceux dérivant de pollinisation libre. Il est donc possible que les graines les moins nombreuses aient profité des réserves, qui seraient proportionnellement plus abondantes dans leur fruit, pour évoluer un peu plus vite au cours du développement. Mais, cette avance n'aurait pu s'exprimer qu'à 18 SAUSBF, qui marque la transition entre le développement maximum des graines et l'acquisition de leurs qualités physiologiques maximales.

Il reste néanmoins à savoir si l'évolution post-récolte doit absolument parvenir au ramollissement des fruits de moins de 19 SAUSBF pour en garantir des semences de qualité maximale, et ce qui adviendrait d'un ramollissement artificiellement forcé. En outre, il serait intéressant d'envisager aussi des études permettant d'aller au-delà de la viabilité pour apprécier et la vigueur, et la longévité relatives des meilleurs lots de semences révélés par la présente étude. Car, si l'habilité germinative est la principale composante de la qualité des semences, elle en est la mesure la moins discriminante (Olasoji *et al.*, 2012) et une comparaison définitive des lots distincts de semences se doit nécessairement de s'appuyer sur d'autres variables de performance.

CONCLUSION

A la lumière des résultats qui viennent d'être exposés, il apparaît que plus que le mode de pollinisation, ce sont l'âge et la conservation des

fruits qui ont nettement influencé les qualités physiologiques des semences de papayer. De façon générale, ces semences atteignent leur maturité physiologique au-delà de la fin de la période de remplissage repérée par 18 SAUSBF. Les semences physiologiquement matures surviennent ainsi dans les fruits de 19 SAUSBF, caractérisés par une pulpe intensément colorée, mais non encore ramollie. A partir de cet âge, aucune évolution du fruit, sur pied ou en conservation, n'affecte l'expression des qualités physiologiques maximales des semences. Mais en-deçà, un ramollissement de la pulpe du fruit, lors de la conservation, est un préalable à une meilleure expression des qualités semencières, notamment avec les fruits prélevés à partir de 16 SAUSBF d'évolution sur pied. C'est aussi le stade de développement à partir duquel, la pulpe du fruit ramollit en murissant normalement pendant l'entreposage. En l'absence de repère clair pour retrouver le stade idéal de récolte, on devrait, soit prélever uniquement les fruits ramollis sur pied, soit récolter et laisser ramollir en conservation les fruits de stades de maturité initiale à moyenne, en vue de semences de papayer de bonnes qualités physiologiques. Il demeure qu'une franche appréciation des qualités desdites semences devrait aller au-delà des seules capacités germinatives et considérer aussi les variables telles que leur longévité en stock et la vigueur des plantules.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié de divers appuis de l'IRAD, et notamment d'une aide financière à travers le projet REPARAC. L'aide de J. DONGMO (Observateur de recherche) lors de la collecte des données et l'expertise de L. KOUODIEKONG (Biométricien) lors des analyses statistiques sont à louer, vus leurs contributions décisives dans l'aboutissement de la présente recherche.

REFERENCES

- Andreoli C. and A. A. Khan. 1993. Improving papaya seedling emergence by matricconditioning and gibberellin treatment. *HortScience* 28(7) : 708 - 709.

- Bertocci F., V. Vecchio and P. Casini. 1997. Effect of seed treatments on germination response of papaya (*Carica papaya* L.). *Adv. Hort. Sci.* 11(2) : 99 - 102.
- Bhattacharya J. and S. S. Khuspe. 2001. *In vitro* and *in vivo* germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Scientia Horticulturae* . 91 : 39 - 49.
- Bron H. U. and A. P. Jacomino. 2006. Ripening and quality of «Golden» papaya fruit harvested at different maturity stages. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(3) : 389 - 396.
- Calegario F. F. and R. Puschmann. 1997. Relationships between peel color and fruit quality of papaya (*Carica papaya* L.) harvested at different maturity stages. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110 : 228 - 231.
- Chan H.T., K. L. Hibbard, T. Goo and E.K. Akamine. Sugar composition of papaya during fruit development. *HortScience* 14 : 140 - 141.
- Currah I. E. 1978. Plant uniformity at harvest related to variation between emerging between seedlings. *Acta Horticultura.* 72 : 57 - 68.
- Demir I. and Y. Samit .2001. Seed quality in relation to fruit maturation and seed dry weight during development in tomato. *Seed Sci. Tech.* 29 : 453 - 462.
- Demir I., A. M. Ashirov and K. Mavi. 2008. Effect of seed production environment and time of harvest on tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedling growth. *Res. J. Seed Sci.* 1 : 1 - 10.
- Demir I., K. Mavi, T. Sermen and M. Ozcoban. 2002. Seed development and maturation in aubergine (*Solanum melongena* L.). *Gattenbauwissenschaft.* 67 (4) : 148 - 154.
- Eskandari H. 2012. Seed quality variation of crop plants during seed development and maturation. *Int. J. Agro. Plant Prod.* 3 (11) : 557 - 560.
- Harrington J. F. 1977. Seed storage and longevity. *In* : Kozlowski, T. T. (Eds.). *Seed biology.* Academic Press, New York. Academic Press, New York. pp : 145 - 245.
- Hore J. K. and S. K. Sen. 1993. Viability of papaya (*Carica papaya* L.) seeds under different pre-storage treatments. *Env. Ecol.* 11(2) : 273 - 275.
- Jones W. W. and W. B. Storey. 1941. Propagation and culture of the papaya. *Bul. Hawaii Agric. Exper. St. Univ. Hawaii* 87 : 23 - 31.
- Lassoudière A. 1968. Le papayer (*Carica papaya*): Etude bibliographique. R. A. Ifra (R.A. 68/Pap.). Doc. 74. Montpellier. 116 p.
- Nedveda D. and A. Nikolova. 1999. Fresh and dry weight changes and germination capacity of natural or premature desiccated developing wheat seeds. *Bul. J. Plant Physiol.* 25 (1 - 2) : 3 - 15.
- Noggle G. R. and G. J. Fritz. 1976. *Introductory plant physiology.* Printice-Hall, Inc. New Jersey, USA. 688 p.
- Olasoji J. O., A. O. Aluko, O. N. Adeniyen, S. O. Olanipekun, A. A. Olosunde and J. O. Okoh. 2012. Effect of time of harvest on physiological maturity and kenaf (*Hibiscus cannabinus*) seed quality. *Afr. J. Plant Sci.* 6 (10) : 282 - 289.
- Pandit V. K., S. Nagarajan and J. P. Sinha. 2001. Improving papaya (*Carica papaya*) seed germination and seedling growth by presowing treatments. *Indian J. Agric. Sci.* 71 (11) : 704 - 6.
- Patil K. B., B. B. Patil and M. T. Patil. 1995. Studies on seed germination of papaya with different nutrients solutions in different months. *J. Maharashtra Univ.* 20(3) : 447 - 448.
- Rao R. G. S., P. M. Singh and M. Rai. 2005. Effect of seed maturity and priming on viability and vigour in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Europ. J. Hort. Sci.* 70 (4) : 177 - 182.
- Salomão A. N. and R. C. Mundim. 2000. Germination of papaya seed in response to desiccation, exposure to subzero temperature and gibberellic acid. *HortScience* 35 (5) : 904 - 906.
- Sangakarra U. R. 1995. Influence of seed ripeness, sarcotesta, drying and storage on germinability of papaya (*Carica papaya* L.) seed. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 18 (3) : 193 - 199.
- Storey W. B. 1941. The botany and sex relationships of the papaya. *Bul. Haw. Agric. Exp. St. Univ. Haw.* 87 : 5 - 22.
- TeKrony D. M. and D. B. Egli. 1997. Accumulation of seed vigour during development and maturation. *In* : Ellis R. H., Black M., Murdoch A. J. and Hong T. D. (Eds.). *Basic and Applied Aspects of Seed Biology.* Kluwer Academic publishers, Boston. pp. 369 - 384.