

Effets endogamiques sur la germination et la croissance de semis du cultivar autocompatible Tuono (*Prunus dulcis*)

Ahmed Oukabli^{a*}, Ali Lansari^b, Walali Loudiyi^c, Abdelhadi Abousalim^c

^a Inra,
Programme Arboriculture
fruitière,
BP 578, Meknès,
Maroc

^b École nationale d'Agriculture
de Meknès,
route Hj Kaddour, Meknès
Maroc

^c Institut Agronomique
et vétérinaire Hassan II,
BP 6202, Rabat,
Maroc

Effects of endogamy on germination of seeds and growth of seedlings descended from the self-compatible cv. Tuono (*Prunus dulcis*).

Abstract — Introduction. Self-compatible parents of almond trees were often used to insert the character of self-compatibility into their progenies. However, during such breeding programs of variety creation, problems of seed germination and difficulties of survival of the young seedlings were underlined. The objectives of the work completed was to quantify the effects of consanguinity on certain seed development characteristics resulting from such parents. **Materials and methods.** The progenies of the self-compatible variety Tuono self-pollinated or cross-pollinated with genetically distant male parents were followed and compared from the germination stage to the age of 3-years. The germination and emergence percentages and the emergence rates were evaluated. Then the seedling growth was studied, regularly measuring axis diameters and seedling heights. The number of nodes, internodes, anticipated branches and the mortality rates of the seedlings were also noted. **Results.** Compared to the seeds resulting from cross-pollination, the seeds resulting from self-pollination had an average lower germination rate (61% against 81%); the seedling vigor, their radial and apical growth and the number of anticipated branches formed were lower; their mortality rate was higher (28% against 0.6%). **Discussion and conclusion.** The anomalies underlined during this work would be due to the endogamy and related to the accumulation of unfavorable genes in the consanguineous progenies.

Morocco / *Prunus dulcis* / self compatibility / inbreeding / seed / germinability / seedlings / growth / agronomic characters / biological properties

Effets endogamiques sur la germination et la croissance de semis du cultivar autocompatible Tuono (*Prunus dulcis*).

Résumé — Introduction. Des géniteurs d'amandiers autocompatibles ont souvent été utilisés pour introduire le caractère d'autocompatibilité dans leur descendance. Cependant, lors de tels programmes de création variétale, des problèmes de germination des graines obtenues et des difficultés de survie des jeunes plants ont été mis en évidence. L'objectif des travaux réalisés a été de quantifier les effets de la consanguinité sur certaines caractéristiques du développement des semences issues de tels géniteurs. **Matériel et méthodes.** Les descendance de la variété autocompatible Tuono autofécondée ou croisée avec des géniteurs mâles génétiquement éloignés ont été suivies et comparées, de la germination à l'âge de 3 ans. Les taux de germination, de levée et la vitesse de levée ont été évalués. Puis la croissance des plants a été étudiée à partir de la mesure régulière du diamètre de l'axe et de la hauteur des plants. Le nombre de nœuds, d'entre-nœuds, de rameaux anticipés et le taux de mortalité des plantules ont également été notés. **Résultats.** Par rapport aux semences issues d'allopollinisation, les graines issues d'autofécondation ont présenté un taux de germination moyen inférieur (61 % contre 81 %) ; la vigueur de leurs plantules, leur croissance radiale et apicale et le nombre de rameaux anticipés formés ont été plus faibles ; leur taux de mortalité a été supérieur (28 % contre 0,6 %). **Discussion et conclusion.** Les anomalies mises en évidence au cours de ces travaux seraient dues à l'endogamie et liées à l'accumulation de gènes défavorables dans la descendance consanguine.

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 12 mai 2000
Accepté le 16 août 2000

Fruits, 2001, vol. 56, p. 197–205
© 2001 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 205

Moroc / *Prunus dulcis* / autocompatibilité / inbreeding / semence / faculté germinative / plantule / croissance / caractère agronomique / propriété biologique

1. Introduction

Dans les pays du bassin méditerranéen, l'amandier a été, durant des siècles, multiplié par semis [1]. Dans certains pays comme au Maroc, de tels amandiers issus de semis sont encore nombreux ; leurs populations présentent une assez large variabilité génétique du fait de l'allogamie presque générale de l'espèce [2, 3]. Ce mode de multiplication couplé, jusqu'au XIX^e siècle, à l'action de sélections à la fois naturelle et humaine ont favorisé la formation de plusieurs écotypes parmi lesquels figure celui de la région des Pouilles en Italie [1]. Les génotypes de cet écotype, qui constitue actuellement une source d'autocompatibilité pour l'espèce [4–6], ont des caractéristiques agronomiques et physiologiques communes [1, 7] et présentent des caractères moléculaires et biochimiques proches [8, 9]. Ainsi, une étude de caractérisation par RAPD (Random Amplified DNA Polymorphism) de 17 cultivars de la région des Pouilles a mis en évidence une certaine similarité des structures génotypiques concernées [9], ce qui confirmerait leur origine commune à partir d'un même ancêtre autocompatible, probablement issu d'un hybride avec *Prunus webbii* [10].

La création de variétés d'amandiers autocompatibles fait partie des objectifs de sélection poursuivis par plusieurs pays. Les programmes d'amélioration génétiques entrepris dans ce sens ont souvent utilisé comme géniteurs des amandiers de la région des Pouilles dont, surtout, les variétés Tuono, Genco, Filippo Ceo et certaines autres [5, 7]. De nouvelles variétés autocompatibles comme Ayles, Guara et Moncayo, Lauranne et Stelliette ont été issues de tels programmes [5, 11].

Cependant, lors de ces travaux de création variétale, l'utilisation de génotypes autocompatibles de la région des Pouilles a souvent entraîné des problèmes de germination des graines et des difficultés de survie des jeunes plants [5, 12]. Ces anomalies de germination ont été observées d'abord en 1964 sur un semis de Tuono issu de fécondations libres [12], puis en 1968 sur la

même variété fécondée par le pollen de variétés d'origine française (Dorée, Aï, Princesse 103 et Ferragnès), enfin, en 1973, avec des graines issues de l'autofécondation de variétés autocompatibles (Tuono, Ginbo, Filippoco). Des anomalies similaires, attribuées à des effets dépressifs de la consanguinité liés à l'acquisition de l'auto-fertilité chez cette espèce originellement allogame [12], ont été observées lors du croisement de ces cultivars avec des génotypes relativement apparentés [10, 13].

Chez les angiospermes, il existe une corrélation inverse entre la viabilité des graines et leur niveau de consanguinité [14, 15]. Ainsi la germination difficile de pépins de pomme issus d'autofécondation a pu être attribuée à la consanguinité [16]. Chez les myrtilles, Krebs et Hancock ont mis en évidence la viabilité médiocre des graines issues d'autofécondations [17], alors que Melville et al. ont rapporté que les graines de fraisiers issues d'une troisième génération d'autofécondations présentaient de faibles taux de germinations [18]. Ces problèmes sont plus importants dans les croisements qui génèrent des coefficients de consanguinité élevés et ils deviennent optimaux lors d'autofécondations. Certains gènes responsables de la synthèse d'acide ribonucléiques messagers et, par la suite, d'enzymes spécifiques à des réactions conduisant à la germination seraient réprimés [19]. Les régulateurs de croissance dont, en particulier, l'acide gibbérellique et l'acide abscissique, ont aussi un impact significatif sur la germination [20] mais leurs effets n'ont pas fait l'objet d'études particulières dans le cas de consanguinité.

Chez les espèces fruitières, les problèmes de consanguinité ont donné lieu à des manifestations variables observables au stade du jeune plant. La vigueur des plantules issues de graines obtenues par autofécondation s'est révélée réduite chez le fraisier [21] et la myrtille [20]. Chez le fraisier, ce manque de vigueur se manifeste par une réduction du volume de la couronne et par de petites tiges et feuilles [18]. Chez le pommier [16], le poirier [22], le noyer [23] et le cerisier, une réduction de la vigueur a été également rapportée après plus de deux générations

d'autofécondation [24]. En revanche, chez le pêcher qui appartient au même genre *Prunus* que l'amandier, la tolérance à la consanguinité est remarquable [25, 26]. Cette tolérance serait liée à la « purification » de son génome grâce à son système de reproduction autogame. Les gènes défavorables auraient été éliminés par la pression de sélection au fil des siècles. Les problèmes de consanguinité n'apparaissent donc, chez cette espèce, qu'après plusieurs générations d'autofécondation [27].

Chez l'amandier, d'autres anomalies sur des plants en parcelles de pré-sélection ont été rapportées. Des nécroses et des fentes de l'écorce ont été signalées sur des descendances apparentées [12, 28]. Des fendillements d'écorce et les phénomènes de nanisme ont également été observés sur des descendants de la deuxième génération de l'amandier Tardy Nonpareil [29]. Des symptômes similaires ont été rapportés pour des semis issus de variétés autocompatibles [7]. Dans de telles descendances, il a aussi été possible d'observer des plants qui, après une croissance normale durant les premières années, ont montré des symptômes de craquellement d'écorce sur les rameaux de l'année [29]. Ces anomalies seraient d'origine génétique [29]. Les effets de consanguinité peuvent également se manifester par une longue période juvénile [5, 30] ou par une très faible productivité [4]. En revanche, lors de croisements impliquant une variété autocompatible et un autre génotype d'origine génétique éloignée, les anomalies sont rares et peu marquées [10].

Malgré ces diverses constatations, l'évaluation des effets de la consanguinité chez l'amandier n'a pas encore été effectuée de façon très précise et les symptômes qui en découlent n'ont pas été toujours bien caractérisés. L'objectif de nos travaux a donc été d'étudier les conséquences de l'endogamie sur la germination de graines, puis sur la croissance et le développement de jeunes semis de la variété d'amandier Tuono, obtenus soit par autofécondation, soit par croisements réalisés avec des géniteurs mâles génétiquement éloignés.

2. Matériel et méthodes

Après test de flottabilité dans l'eau permettant d'éliminer d'éventuelles graines vides, l'étude a porté sur :

- 258 graines issues d'autopollinisation de la variété Tuono ;
- 644 graines issues d'allopollinisation : croisement de Tuono avec des génotypes d'origine différentes (Marcona, Ferragnes et L.I. Meknès).

Les graines ont été stratifiées pendant 45 j dans des caissettes remplies de sable humide, entreposées à la température de 5 °C. Elles ont été ensuite repiquées dans un substrat composé d'un mélange de sable, fumier bien décomposé et terre franche en part égale (1:1:1 ; v:v:v), réparti en sachets de polyéthylène de 25 cm × 10 cm placés dans une serre vitrée (15 à 20 °C de température moyenne).

Chaque lot de graines d'origine différente (auto- ou allopollinisation) a été réparti en quatre sachets. Une graine a été considérée comme germée lorsque l'hypocotyle avait percé l'enveloppe et était devenu visible [19] au moment du repiquage. Le pourcentage de graines germées a été calculé sur les deux années 1995 et 1996. Les observations sur la levée ont été effectuées pendant les 70 j qui ont suivi le repiquage. Une graine a été considérée comme levée lorsque l'épicotyle était sorti du sol et que les cotylédons étaient devenus visibles.

L'indice de levée [I_1], assimilé à celui de la germination formulé par Ng-Timothy et Tigchelaar [31], a été exprimé par la formule :

$$I_1 = [(K - R_1)N_1 / S] + [(K - R_2)N_2 / S] + \dots + [(K - R_n)N_n / S],$$

où K est la durée égale au nombre de jours + 1, soit 71 j, du test de levée ; R_1, R_2, \dots, R_n représentent le nombre de jours s'écoulant entre le premier jour du test, jusqu'à la première, deuxième, et n ème lecture, respectivement, qui s'effectuent tous les 2 j ; N_1, N_2, \dots, N_n sont le nombre de graines levées au moment de la lecture ; S est le nombre total de graines levées à la fin du test.

Les valeurs de $[L]$ ont reflété les vitesses de levée, en jours, et ont permis de comparer les lots entre eux [31]. Les taux de germination, de levée et les taux des graines pourries ont été comparés statistiquement par une analyse de la variance après transformation angulaire des pourcentages en Arcsin pour stabiliser la variance [32].

La croissance de la tige principale a été évaluée par des observations effectuées tous les 10 j durant le premier cycle annuel de végétation, puis à l'issue des deuxième et troisième année de développement des arbres. Les mesures ont porté sur :

- le diamètre de l'axe mesuré au niveau du collet et la hauteur des plants évalués après une, deux et trois années de croissance ;
- le nombre total de nœuds et celui des entre-nœuds rapportés à 20 cm de longueur de tige après 6 mois de croissance ;
- le nombre de rameaux anticipés portés par la tige principale après 6 mois de croissance ;
- le taux de mortalité des plantules.

3. Résultats

3.1. Germination et levée des graines

La germination des graines a débuté pendant la stratification. Le taux de germination des graines de Tuono a été de 61 % pour les semences résultant d'autopollinisation et de 81 % pour celles issues d'allopollinisation (*tableau I*). Cette différence s'est révélée significative.

Les graines germées n'ont pas toutes levé ; les taux de levée ont été respectivement de 81 % et 82 % pour les semences issues d'auto- et d'allofécondation (*tableau I*). Il y a donc eu environ 18 % des graines qui, dans un cas comme dans l'autre, ont dégénéré au stade de l'émergence de l'hypocotyle avant que le méristème apical n'entame sa croissance aérienne. Les taux de levée n'ont pas été statistiquement différents d'une origine des semis à l'autre. Cette phase de développement semble se dérouler sans obstacles notables.

La vitesse de levée a été plus rapide pour les graines issues d'allopollinisation que pour celles obtenues par autopollinisation. Le retard de germination observé en fin de période de stratification pour les graines issues d'autopollinisation peut expliquer cette différence.

3.2. Croissance et développement des semis

Après la germination, la tige s'allonge et le méristème apical forme de nouvelles séquences régulières de feuilles, de nœuds et d'entre-nœuds.

3.2.1. Dynamique d'allongement de la tige

Les cinétiques d'allongement des tiges (*figure 1*) présentent des courbes de même allure pour les plants issus des deux types de pollinisation. L'allongement de la tige se prolonge sur quatre mois et son évolution semble linéaire. Un ralentissement de croissance est observé durant la période estivale

Tableau I.

Taux de germination et de levée des graines de Tuono obtenus par auto- et allopollinisation.

Type de pollinisation	Taux de germination (%)	Taux de graines pourries (%)	Taux de graines levées parmi les graines germées (%)	Indice de levée (jours)
Autopollinisation	61	18	81	63
Allopollinisation	81	12	82	52
Signification	**	ns	ns	–

** Différence significative au seuil $P = 5\%$.

en juin et juillet. La partie aérienne est constituée d'un axe caractérisé donc par un accroissement moyen de $0,43 \text{ cm} \times \text{jour}^{-1}$ pour les plants issus d'allopollinisation et de $0,37 \text{ cm} \times \text{jour}^{-1}$ pour les autres.

La hauteur atteinte 6 mois environ après la levée a été significativement plus importante chez les plants issus d'allopollinisation que chez ceux obtenus à partir d'auto-pollinisation qui ont une hauteur moyenne réduite de 14 % par rapport à l'autre lot (*tableau II*). Cet ordre de différence est maintenu durant les deuxième et troisième années de croissance en parcelle de présélection.

3.2.2. Diamètre de la tige

L'accroissement radial de la tige a présenté un gain moyen hebdomadaire de 0,2 mm et 0,3 mm, respectivement, pour les plants issus d'auto- et d'allopollinisation. Le diamètre de la tige a été statistiquement plus faible pour les plants issus d'auto-pollinisation (*tableau II*). Ce taux de réduction a été de 14 % par rapport aux plants issus d'allopollinisation. Cette réduction serait en relation avec la faible dynamique de croissance observée durant le cycle annuel. Ainsi, la vigueur des plants, évaluée par le diamètre et la hauteur de sa tige, serait inférieure pour les plants issus d'autofécondation et cette réduction de vigueur se maintiendrait jusqu'à la troisième année de croissance (*tableau II*).

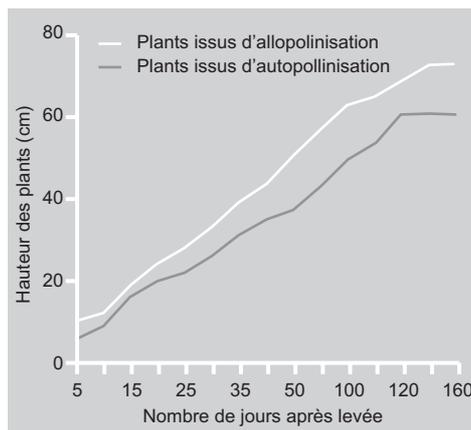


Figure 1. Courbes de croissance de jeunes plantules du cultivar Tuono (*Prunus dulcis*) issues d'auto- et d'allopollinisation.

3.2.3. Nombre de nœuds et longueur des entre-nœuds

L'allongement de la pousse est le résultat de l'élongation asynchrone des entre-nœuds successifs et de la morphogenèse du méristème apical. Le nombre de nœuds formés chez les plants issus d'allopollinisation a été significativement plus élevé que chez les plants issus d'auto-pollinisation (*tableau II*). Cependant, la longueur des entre-nœuds n'a pas été influencée par le type de pollinisation.

3.2.4. Nombre de rameaux anticipés

Les plants issus d'allopollinisation ont présenté près de quatre fois plus de rameaux anticipés que les plants issus d'autofécondation. Sur les axes d'arbres provenant

Tableau II.

Paramètres de croissance des plants d'amandiers de la variété Tuono issus soit d'auto-pollinisation et soit d'allopollinisation.

Type de pollinisation	Hauteur (m)			Diamètre (mm)			Longueur moyenne des entre-nœuds ¹ (cm)	Nombre de nœuds sur 20 cm ¹	Nombre de rameaux anticipés ¹
	6 mois	2 ans	3 ans	6 mois	2 ans	3 ans			
Autopollinisation	0,62	1,26	2,24	6,0	8,5	12,6	1,08	5	0,80
Allopollinisation	0,73	1,45	2,68	7,5	10,7	15,2	1,12	17	3,03
Signification	***	**	**	**	**	**	ns	*	**

Différence non significative (ns) et significative à un seuil de 5 % (*), 1 % (**) et 0,1 % (***).

¹ Mesurés après 6 mois de croissance.

d'allopollinisation, les rameaux latéraux se sont localisés par deux ou trois, essentiellement au niveau de la moitié inférieure de la tige.

3.2.5. Mortalité des jeunes semis

Les taux de mortalité enregistrés, après la levée, chez les semis issus de l'autofécondation de la variété Tuono ont atteint 28 % (figure 2). La croissance des plants qui ont déperé s'est arrêtée à des hauteurs variant de 2 cm à 25 cm ; les feuilles se sont flétries, puis desséchées. Cette mortalité a commencé à partir du dixième jour après la levée et s'est étalée sur toute la période de croissance. Elle a eu tendance à se concentrer durant le premier mois après la levée. Les taux moyens de mortalité enregistrés pour les plants issus d'allopollinisation ont été, en revanche, négligeables ; ils n'ont représenté que 0,6 % des semis.

4. Discussion et conclusion

Le taux de germination des graines de la variété d'amandier Tuono issues d'autopollinisation est faible par rapport à celui des graines provenant d'allopollinisation, puisqu'il lui est inférieur de 20 %.

La germination peut être influencée par des facteurs externes comme la température et la durée de stratification [19]. Dans notre expérimentation, ces facteurs n'ont pas semblé être limitants puisque la température de

stratification (5 °C) et sa durée (45 j) étaient suffisantes pour lever la dormance des graines [1]. La germination s'est d'ailleurs produite en partie pendant la stratification bien que la germination (*stricto sensu*) des graines issues d'autofécondation ait été plus lente et que 63 j ait été alors nécessaires pour l'achèvement de cette phase.

L'incapacité à germer ainsi que la germination plus lente des amandes issues d'autofécondation pourraient être expliquées par la structure même du génome de l'embryon qui aurait accumulé des allèles délétères lors de l'autofécondation. Ces gènes pourraient affecter le déroulement de certains processus biochimiques entrant en jeu dans la germination.

La germination est un phénomène complexe mettant en jeu plusieurs facteurs tels que des régulateurs de croissance et des enzymes hydrolytiques [19, 20] qui interagissent pour déclencher le processus. L'embryon sécrète de l'acide gibbérélique qui induit la synthèse de l' α -amylase dont la production dépend de l'ARNm qui traduit pour cette enzyme [33, 34]. Si l'ARNm n'est pas altéré [20, 35], l' α -amylase synthétisée est capable de dégrader les réserves stockées dans les graines et de déclencher la germination. Une répression du matériel génétique, par fixation d'allèles létaux contrôlant la production de l'acide gibbérélique dans le génome de l'embryon serait donc une cause possible des anomalies observées. Le cas des graines de mutants d'*Arabidopsis thaliana* ne germant pas du fait de déficiences en acide gibbérélique [20] renforcerait cette hypothèse.

Après germination, les semis issus de l'autopollinisation de la variété autocompatible Tuono ont eu une croissance difficile. Les différents paramètres relatifs à la croissance considérés tels que l'allongement de la pousse, la croissance radiale de la tige ou l'émission de rameaux anticipés ont, en effet, été affectés dans le cas de plants issus d'autofécondation. Leur vigueur a été réduite d'environ 14 % en ce qui concerne la longueur de la tige et de 15 % pour ce qui touche le diamètre des plants qui ont produit, par ailleurs, peu de ramifications latérales. L'édification de nouveaux rameaux anticipés est, en effet, un caractère lié à la

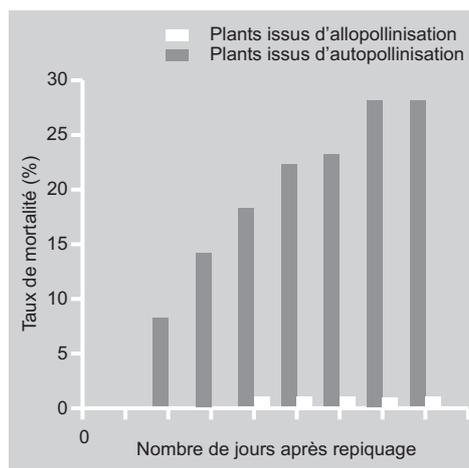


Figure 2. Évolution des taux de mortalité dans des semis du cultivar Tuono (*Prunus dulcis*) issus d'auto- et d'allopollinisation.

vigueur, qui dépend aussi des géniteurs utilisés. Ainsi, la variété d'amandier Marcona forme de nombreux rameaux d'anticipés alors que la variété Ferragnes en produit moins (communication personnelle, Grasselly, 1996). Cette moindre vigueur se maintient après deux cycles de croissance. Selon Hellman et Moore [36], une meilleure aptitude à la combinaison obtenue dans le cas des allopollinisations contribuerait à améliorer la vigueur des plants issus de ce type de croisement par rapport à ceux issus d'auto-pollinisation.

Le taux de mortalité après la levée a concerné 28 % des plants issus des graines provenant d'autofécondation. La mortalité a touché les plants de faible vigueur, ayant une hauteur inférieure à 25 cm. La disparition des jeunes plants aux premiers stades de croissance pourrait être liée à une sensibilité accrue à des cryptogames ; cette sensibilité aurait pu être acquise après la perte de gènes de tolérance à ces organismes. Grasselly et Olivier ont ainsi rapporté que la sensibilité aux cryptogames, lors de la germination des graines, est une conséquence de la consanguinité [29]. Les inhibiteurs de la germination sont aussi des inhibiteurs des premières phases de la croissance [19]. La mortalité pourrait être aussi liée à une défaillance de certains mécanismes de base nécessaires à la croissance et au développement.

Ces anomalies ne se sont pas manifestées sur les plants de la variété Tuono croisée avec des génotypes non apparentés. De plus, de tels semis ont été caractérisés par une production importante de rameaux latéraux.

L'inbreeding permettrait donc de maintenir, au niveau du génome de l'espèce, des allèles délétères ou létaux à des fréquences faibles. Une perte importante en matériel végétal s'opère, en effet, durant la germination des graines et les premiers stades de croissance et de développement des plants issus d'autopollinisation.

Bien que réduits, les taux de germination obtenus dans le cas de telles fécondations ne constituent pas un frein à l'utilisation des semis issus des autopollinisations dans les programmes d'amélioration génétique.

Toutefois, une attention particulière doit être apportée aux phases de germination et de croissance qui suivent. La production d'un grand nombre d'amandes est alors nécessaire pour compenser les effets dépressifs de la consanguinité sur la germination et la survie des plants.

Références

- [1] Grasselly Ch., Crossa Raynaud P., L'amandier, Édition Coster R., G.P. Maisonneuve et Larose, France, 1980, 446 p.
- [2] Laghezali M., L'amandier au Maroc, Options Méditerranéennes 85 (1) (1985) 91–96.
- [3] Lansari A., Self-incompatibility in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) and inbreeding and multivariate relationships among almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb) cultivars, PhD, Michigan St. Univ., USA, 1993, 97 p.
- [4] Grasselly Ch., Crossa-Raynaud P., Olivier G., Gall H., Transmission du caractère d'auto-compatibilité chez l'amandier, Colloque Grempa, Options Méditerranéennes, Ciheam / lamz 81/I (1981) 71–75.
- [5] Socias I. Company R., Breeding self-compatible almonds, Plant Breeding 8 (1990) 313–337.
- [6] Kester D.E., Gradziel T.M., Grasselly Ch., Almonds (*Prunus*). Genetics resources of temperate fruits and nuts crops, Acta Hort. 290 (1991) 701–758.
- [7] Grasselly Ch., Olivier G., Mise en évidence de quelques types autocompatibles parmi les cultivars d'amandier (*Prunus Amygdalus* Batsch) de la population de Pouilles, Ann. Amélioration Plantes 26 (1) (1976) 107–113.
- [8] Cerezo M., Socias R., Arus P., Identification of almond cultivars by pollen iso-enzymes, J. Am. Soc. Hortic. Sci. 114 (1989) 164–169.
- [9] Resta P., Ferrara G., Fanizza G., Palasciano M., Godini A., Random amplified DNA polymorphism of almond (*Amygdalus communis* L.) cultivars in Apulia, Options Méditerranéennes 33 (1998) 11–18.
- [10] Socias I Company R., Felipé A.J., Self-compatibility in almond: transmission and recent advances in breeding, Acta Hort. 224 (1988) 307–317.
- [11] Godini A., de Palma L., Palasciano M., Role of self-pollination and reciprocal stigma/anthers position on fruit set of eight self-compatible almonds, HortScience 27 (8) (1992) 887–889.

- [12] Grasselly Ch., Olivier G., Difficultés de survie de jeunes semis d'amandier de certaines descendances, Colloque Gremp, Options Méditerranéennes, Serie Études IAMZ 1 (1981) pp. 65–67.
- [13] Garcia, J.E., Dicenta F., Evaluation of losses of plant material during an almond breeding programme, *J. Genet. Breed.* 48 (1994) 155–160.
- [14] Crowe L.K., The polygenic control of outbreeding in *Borago officinalis*, *Heredity*, 27 (1971) 111–118.
- [15] Seavey S., Bawa K.S., Late-acting self-incompatibility in angiosperms, *Bot. Rev.* 52 (2) (1986) 195–219.
- [16] Brown A.G., Apples, In: Janick J., Moore James V. (Eds), *Advances in fruit breeding*, Purdue Univ. Press, 1975, pp. 3–30.
- [17] Krebs S.L., Hancock J.F., The consequence of inbreeding on fertility in *Vaccinium corymbosum* L., *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113 (6) (1988) 914–918.
- [18] Melville A.H., Galletta G.T., Draper A.D., Seed germination and early seedling vigor in progenies of inbred strawberry selections, *HortScience* 15 (6) (1980) 749–450.
- [19] Côme D., Les obstacles à la germination, Masson et Cie (Éds.), Paris, 1970, pp. 9–133.
- [20] Roberts J.A., Hooley R., Plant growth regulators, Blackie and Son Ltd. (Eds), New York, USA, 1988.
- [21] Marrow E.B., Darrow G.M., Effects of limited inbreeding in strawberries, *Am. Soc. Hortic. Sci.* 5 (1951) 269–277.
- [22] Bell R.L., Janick J., Zimmermen R.H., Van der Zwet T., Blacke L.C., Response of pear to inbreeding, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106 (5) (1981) 584–589.
- [23] Germain E., Les effets dépressifs chez le noyer commun, *Options Méditerranéennes* 16 (1997) 49–52.
- [24] Lewis D., Crowe L.K., The induction of fertility in tree fruits, *J. Hortic. Sci.* 29 (1954) 220–225.
- [25] Reynders S., Monet R., Évolution, au cours du temps, de la consanguinité des variétés de pêcher. Étude des distances génétiques de quelques géniteurs, *Fruits* 42 (9) (1987) 529–535.
- [26] Scorza R., Sherman W.B., Lightner G.W., Inbreeding and co-ancestry of low chill short fruit development period freestone peaches and nectarines produced by the university of Florida breeding program, *Fruit Varieties J.* 42 (3) (1988) 79–85.
- [27] Lesley J.W., A genetic study of inbreeding and crossing inbred lines of peaches, *Prod. J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 70 (1957) 93–103.
- [28] Kester D.E., Asay R., Almonds, In: Janick J., Moore James V. (Eds), *Advances in fruit breeding*, Purdue Univ. Press, 1975, pp. 387–420.
- [29] Grasselly Ch., Olivier G., Phénomènes d'inbreeding dans les descendances issues d'amandier, *Proceedings septième colloque Grempa, Reus., Espagne, 1987*, pp.73–78.
- [30] Noiton D.A.M., Alsprach P., Founding clones, inbreeding, coancestry, and status number of modern apple cultivars, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121 (5) (1996) 773–782.
- [31] Ng-Timothy J., Tigchlaar E.C., Inheritance of low temperature seed spouting in tomato, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 98 (1973) 314–316.
- [32] Dagnelie P., Théorie et méthodes statistiques, Applications agronomiques, vol. II, Presses Agronomiques Gembloux, Gembloux, Belgique, 1975.
- [33] Higgins T.J.V., Jacobsen J.V., Zwar J.A., Gibberellic acid and abscisic acid modulate protein synthesis and mRNA levels in barley aleurone layers, *Plant Mol. Biol.* 1 (1982) 191–215.
- [34] Morohashi Y., Katoh H., Keneko Y., Matsushima H., Control of α -amylase development in cotyledons during and following germination on Mung Bean seeds, *Plant Physiol.* 91 (1989) 253–258.
- [35] Raynal M., Aspart L., Gaubier P., Depigny D., Grellet F., Deseny M., Gene expression during seed formation and maturation in Cruciferae, In: Dattée Y., Dumas C., Gallais A. (Eds.), *Reproductive biology and plant breeding*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1992, pp. 225–234.
- [36] Hellman E.W., Moore J. N., Effect of genetic relationship to pollinizer on fruit, seed and seedling parameters in Highbush and Rabbetteye Blueberries, *J. Am. Hortic. Sci.* 108 (3) (1983) 101–105

Efectos endogámicos en la germinación y crecimiento de semillas del cultivar autocompatible Tuono (*Prunus dulcis*).

Resumen — Introducción. Se han utilizado a menudo progenitores de almendros autocompatibles para introducir el carácter de autocompatibilidad en su descendencia. Sin embargo, en dichos programas de creación varietal, se han evidenciado problemas de germinación de las semillas obtenidas y dificultades de supervivencia de las plántulas. El objetivo de los trabajos realizados ha sido cuantificar los efectos de la consanguinidad sobre ciertas características del desarrollo de las semillas procedentes de tales progenitores. **Material y métodos.** Las descendencias de la variedad autocompatible Tuono autofecundada o cruzada con progenitores masculinos genéticamente alejados fueron seguidas y comparadas desde la germinación hasta los tres años. Se evaluó la tasa de germinación, de emergencia y velocidad de emergencia. Seguidamente, se estudió el crecimiento de las plantas a partir de la medición regular del diámetro del eje y de la altura de las plantas. El número de nudos, entrenudos, ramos anticipados y la tasa de mortalidad de las plántulas también fueron registrados. **Resultados.** Con respecto a las semillas procedentes de la alopolinización, las semillas de autofecundación presentaron una tasa de germinación media inferior (61% frente a 81%); el vigor de sus plántulas, su crecimiento radial y apical y el número de ramos anticipados formados fueron más bajos; su tasa de mortalidad fue superior (28% frente a 0,6%). **Discusión y conclusión.** Las anomalías evidenciadas durante estas experiencias serían consecuencia de la endogamia y vinculadas a la acumulación de genes desfavorables en la descendencia consanguínea.

Marruecos / *Prunus dulcis* / autocompatibilidad / endogamia / semillas / poder germinativo / plantulas / crecimiento / características agronómicas / propiedades biológicas