

Effets de différents traitements sur l'évolution de la maturation de la mandarine Marisol (*Citrus reticulata* Blanco)

S LIEGEOIS
Laboratoire de phytotechnie
tropicale et subtropicale
Université catholique
de Louvain
Louvain
Belgique

J PONS
IRTA
Centre experimental
de l'Ebre
Amposta
Espagne

M JUAN,
V ALMELA
M AGUSTÍ
Dpto Producción Vegetal
Universidad Politécnica
Valencia
Espagne

Reçu : juillet 1993
Accepté : janvier 1995

Effets de différents traitements sur l'évolution de la maturation de la mandarine Marisol.

RÉSUMÉ.
L'éthéphon (200 mg/l), appliqué au moment où le fruit débute sa maturation, augmente de manière significative la coloration de la mandarine Marisol. Cet effet est dû à une dégradation accélérée des chlorophylles de l'écorce. L'action peut être renforcée par un déverdisage des fruits en chambre à éthylène. Les défoliations observées peuvent être limitées en ajoutant des sels de calcium à l'éthéphon, mais la coloration des fruits est alors moins intense. Le Figaron appliqué juste après la nouaison a le même effet que l'éthéphon. La date de récolte peut être également avancée en combinant un traitement au champ et un déverdisage en chambre à éthylène, mais le Figaron semble être plus efficace. Les caractéristiques du fruit ne sont pas modifiées par le traitement, hormis les extraits secs solubles qui augmentent dans les fruits traités au Figaron.

MOTS CLÉS
Espagne, mandarine, maturation, éthéphon, Figaron, couleur, pigment, abscission, composition globale, fruit.

Effects of various treatments on the maturation process in Marisol mandarin.

ABSTRACT
Ethephon application (200 mg/l) one month before colour break, considerably increased fruit colour in Marisol mandarin at maturity. This effect was due to faster chlorophyll degradation in the peel, and enhanced when treated fruit was degreened in a chamber. Leaf abscission provoked by the treatment was markedly reduced by mixing Ethephon with calcium salts, but the effect on fruit colour was also reduced. Figaron application just after the June drop gave rise to a similar response. Repetition of the treatments did not improve the response. As for Ethephon, the harvest date could be advanced by combining orchard treatments with degreening in a chamber, but Figaron seems more efficient. The fruit characteristics were not modified by treatment, except for the total soluble solids, which were increased in Figaron treated fruit.

KEYWORDS
Spain, mandarins, maturation, ethephon, Figaron, colour, pigments, abscission, fruit composition, fruits.

Efectos de diferentes tratamientos en la evolución de la madurez de la mandarina Marisol.

RESUMEN
El etefón (200 mg/l), aplicado en el momento en el cual el fruto comienza su maduración, aumenta de manera significativa la coloración de la mandarina Marisol. Dicho efecto se debe a una degradación acelerada de las clorofilas de la corteza. La acción puede ser fortalecida mediante una desverdización de los frutos en cámara con etileno. Puede reducirse la defoliación observada añadiendo al etefón sales de calcio, pero la coloración de los frutos es entonces menos intensa. El Figarón aplicado justo después de la caída fisiológica de frutos tiene el mismo efecto que el etefón. También se puede adelantar la fecha de la cosecha combinando un tratamiento en el campo con una desverdización en cámara con etileno, en este caso el Figarón parece ser más eficaz. Las características de los frutos no se ven modificadas por el tratamiento excepto los sólidos solubles, los cuales aumentan en los frutos tratados con Figarón.

PALABRAS CLAVES
España, mandarina, maduración, etefón, Figarón, color, pigmentos, abscisión, composición del fruto, fruta.

● introduction

La mandarine Marisol est une mutation de la variété Oroval (*Citrus reticulata* Blanco), détectée en 1970 à Betxi (Catellón) en Espagne. Le port de ses arbres est moins dressé et la couleur de ses feuilles est plus claire que celle de la variété dont elle est issue ; par ailleurs, elle entre en production environ 15 jours avant les mandariniers Oroval (BONO *et al.*, 1985 ; PONS *et al.*, 1989a).

Cette caractéristique de précocité est très importante pour la citriculture espagnole basée principalement sur l'exportation. En Espagne, la production d'agrumes s'est élevée à 5 200 000 t durant la campagne 1994/1995, dont 1 800 000 t de mandarines, parmi lesquelles 1 200 000 t de clémentines. Plus de 65% de ces mandarines, et 75% des clémentines, sont exportées principalement vers les pays de la CEE qui importent près de 87% de l'ensemble de ces mandarines exportées d'Espagne. Le pouvoir d'achat élevé de ces pays fait que la qualité prime au-delà de tout autre critère et se révèle le facteur principal de la fixation des prix. Sur un tel marché, une commercialisation anticipée de quelques jours donne une valeur ajoutée importante à la qualité intrinsèque d'une variété.

L'obtention de clones précoces est obtenue actuellement par la détection, la sélection et la propagation de mutations caractérisées par une phase de croissance linéaire et très courte des fruits (BAIN, 1958). Cependant, la précocité étant un caractère génétique, il est difficile de modifier la durée de cette phase de croissance, mais il est possible d'accélérer les dernières phases du développement au moyen de techniques adéquates. La plus efficace d'entre elles concerne l'application de régulateurs de croissance.

Bien que l'efficacité de ces substances soit moindre sur les *Citrus* que sur les fruits climactériques, leur emploi a permis de progresser dans l'étude de la maturation des agrumes.

L'application des substances libératrices d'éthylène, comme l'acide 2-chloroéthylphosphonique (éthéphon), accélère la dégradation des chlorophylles. Cet effet a été relié d'une part à la stimulation de l'activité chlorophyllase produite par l'éthylène (SHIMOKAWA *et al.*, 1978), et d'autre part à la synthèse de saccharose, qui, additionné à un milieu de culture contenant des auxines,

stimule la synthèse d'éthylène par leur intermédiaire (MEIR *et al.*, 1985). Un effet n'exclut pas l'autre, et ces deux phénomènes ont probablement lieu en même temps et indépendamment. Il a été prouvé que l'enzyme chlorophyllase, dont la présence est nécessaire à la disparition des chlorophylles durant le déverdissement du fruit en présence d'éthylène, n'est pas le régulateur de cette dégradation (PURVIS et BARMORE, 1981). L'azote contenu dans l'écorce, en interaction avec les sucres et sous le contrôle de la température et d'autres facteurs de l'environnement (HUFF, 1983), modifie le processus. Les mécanismes du contrôle nutritionnel, hormonal et moléculaire de la maturation des agrumes ont été révisés par GOLDSCHMIDT (1988).

L'application d'éthéphon (IWAHORI, 1978 ; PONS *et al.*, 1992) et de quelques auxines de synthèse, parmi lesquelles le Figaron est la plus remarquable (HIROSE *et al.*, 1978 ; CASAS et MALLENT, 1983 et 1986 ; PONS *et al.*, 1989b), stimulent la coloration du fruit. L'un et l'autre de ces produits, dont les mécanismes d'action ne sont cependant pas tout à fait connus, présente une utilité pratique certaine ; leur utilisation n'est pas exempte de problèmes, mais certains d'entre eux peuvent cependant être corrigés.

Dans le cadre des travaux présentés, une mise au point des modalités d'emploi de l'une et l'autre substance a été faite à des fins commerciales.

● matériel et méthode

Les expériences ont été réalisées dans une plantation commerciale de mandariniers Marisol âgés de 5 ans (*Citrus reticulata* Blanco) et greffés sur bigaradiers (*Citrus aurantium* L.). Le sol de ce verger, qui est irrigué en surface, est limono-argileux.

Deux traitements, l'un à l'éthéphon et l'autre au Figaron ont été appliqués.

L'éthéphon utilisé était une formulation commerciale (Ethrel) dosant à 48% de matière active. Une solution à 200 mg/l a été appliquée seule ou mélange avec de l'acétate calcique ou du nitrate calcique à des concentrations respectives de 2% et 2,7% ; le pH a été ajusté à 8.

Le Figaron appliqué était une formulation expérimentale d'éthylchlozate à 20% de matière active, aux concentrations de 100 et 200 mg/l.

Un agent tensioactif non ionique a été ajouté dans tous les cas, aux doses recommandées.

Les traitements d'éthéphon et du mélange avec les sels de calcium ont été appliqués à la mi-septembre, environ un mois avant la date de récolte. Les traitements avec le Figaron ont été réalisés fin juillet pour chaque concentration, et répétés sur la moitié des arbres 15 j plus tard. Tous les traitements ont été réalisés avec un pulvérisateur à dos, à une dose d'environ 6 l/arbre, selon un dispositif expérimental de blocs randomisés avec cinq répétitions par traitement.

Afin de pouvoir déterminer le nombre de feuilles tombées du fait de certains des traitements effectués, les feuilles de cinq branches repérées à l'avance sur chaque arbre étudié ont été comptées à deux époques différentes : au moment du traitement, puis 15 j plus tard. Le pourcentage de chute a ainsi été établi.

Durant la période de maturation, deux échantillons de dix fruits par répétition ont été prélevés, respectivement le 24 septembre et le 5 octobre, pour analyser les caractéristiques des mandarines.

Les contenus en écorce et jus ont été déterminés par gravimétrie. L'épaisseur de l'écorce de chaque fruit a été mesurée sous une loupe binoculaire. Le contenu en solides solubles totaux du jus a été évalué par réfractométrie et l'acidité libre par titrage avec de la soude (NaOH) 0,1 N. Ces résultats ont été exprimés respectivement en degrés Brix et en grammes d'acide citrique anhydre par 100 ml de jus.

Les contenus en pigments de l'écorce ont été déterminés en utilisant les méthodes officielles de l'AOAC (1975) ; les résultats ont été exprimés en mg par unité de poids frais d'écorce pour les chlorophylles, et en unité d'absorbance, mesurée à 440 nm, d'une solution d'extrait de 20 mg d'écorce dans 1 ml d'hexane, pour les caroténoïdes.

Le calcul de l'indice de couleur des agrumes (ICC) a été réalisé en accord avec le critère de JIMENEZ-CUESTA *et al* (1981), en déterminant les paramètres de couleur du fruit par un Hunter Lab Différence Metter (TING et ROUSEFF, 1986).

Une analyse de variance a été réalisée pour tous les résultats. La comparaison des moyennes a été faite par utilisation du test de NEWMAN et KEULS.

● résultats

effet de l'éthéphon

Une solution d'éthéphon à 200 mg/l, appliquée quand le fruit débute sa phase de maturation, accélère la dégradation des chlorophylles chez la mandarine Marisol. Le traitement n'a pas encore d'effet 10 j après cette application, mais, 20 j après l'opération, la teneur en chlorophylle de l'écorce des fruits traités est environ 25% inférieure à celle des fruits témoins (tableau I). Simultanément le contenu en caroténoïdes de l'écorce des fruits traités augmente de 50% (tableau I).

Cet effet de l'application d'éthéphon sur la coloration du fruit est accompagné d'une défoliation de l'arbre dont la gravité dépend non seulement de la concentration utilisée, mais encore de la variété considérée et des conditions de traitement. L'addition des sels de calcium (acétate et nitrate) diminue de façon significative l'intensité de cette chute (tableau II), mais la présence de l'un et l'autre sel réduit en même temps l'efficacité de l'éthéphon sur la coloration de l'épiderme. L'acétate calcique annule aussi la stimulation de la dégradation des chlorophylles provoquée par l'éthéphon, ce que ne fait pas le nitrate calcique (tableau I).

Mise à part la couleur de l'écorce, les caractéristiques du fruit n'ont pas été altérées par les traitements appliqués (tableau III). La différence observée entre les rapports [solides solubles totaux] / [acidité libre] des fruits traités à l'éthé-

Tableau I
Effet de l'application d'éthéphon, seul et en mélange avec des sels de calcium, sur le contenu et l'évolution des pigments de l'écorce de la mandarine Marisol (traitements effectués le 13 septembre).

Traitements	Chlorophylles ($\mu\text{g/g}$ poids frais)		Caroténoïdes (DO à 440 nm)	
	24/09	05/10	24/09	05/10
Témoins sans traitement	40,4	36,4 b	$7,3 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$ a
Ethéphon à 200 mg/l	39,2	28,2 a	$7,9 \times 10^{-2}$	$12,4 \times 10^{-2}$ b
Ethéphon à 200 mg/l + acétate calcique 2%	-	43,6 b	-	$8,2 \times 10^{-2}$ a
Ethéphon à 200 mg/l + nitrate calcique 2,7%	-	26,8 a	-	$8,1 \times 10^{-2}$ a

a et b : identification des valeurs significativement différentes, d'après le test de Newman et Keuls, à $p \leq 0,05$.

Tableau II
Effet de l'application d'éthéphon, seul et en mélange avec des sels de calcium, sur l'abscission des feuilles de la mandarine Marisol ; les dates des traitements et les concentrations appliquées sont celles présentées dans le tableau I ; les valeurs sont exprimées en nombre de feuilles par branche.

Traitements	Dates comptages		Abscission (%)
	13/09	29/09	
Témoin sans traitement	20,6	20,4	0,97 a
Ethéphon	23,7	21,2	10,62 c
Ethéphon + acétate calcique	19,8	19,0	4,04 b
Ethéphon + nitrate calcique	19,2	18,4	4,38 b

a, b et c : identification des valeurs significativement différentes, d'après le test de Newman et Keuls, à $p \leq 0,05$.

phon, et analysés les 24 septembre et 5 octobre, n'est pas significative du point de vue statistique. Elle pourrait être due à la variabilité des échantillons. D'autre part, les différences en solides solubles totaux et acidité libre mesurées à ces deux dates ne sont pas importantes.

effet du Figaron

L'application du Figaron diminue la teneur en chlorophylles de l'écorce de la mandarine Marisol. La réponse dépend davantage de la concentration appliquée que du nombre d'applications (tableau IV). En effet, 2 mois après la première

application, les fruits traités sont tous significativement différents des fruits témoins, mais ils ne se différencient pas entre eux. Dix jours plus tard, quand les fruits commencent à se colorer, seuls ceux traités avec 200 mg/l de Figaron présentent une teneur en chlorophylles de leur écorce significativement réduite, quel que soit le nombre d'applications effectuées.

Le Figaron n'affecte pas la caroténogénèse, contrairement à ce qui a été observé avec l'éthéphon. Malgré cela, au début de la coloration du fruit, la teneur en caroténoïdes de l'écorce a tendance à augmenter du fait du traitement, et cette valeur croît au fur et à mesure que grandit la concentration appliquée (tableau IV). Cependant les différences observées ne sont jamais significatives.

L'application de Figaron augmente, par ailleurs, le taux en solides solubles totaux du jus (tableau V). Cet effet est provoqué soit par un traitement à 200 mg/l de Figaron, soit par la répétition d'un traitement à 100 mg/l. Les différences obtenues sont suffisantes pour augmenter de façon significative le rapport [solides solubles totaux] / [acidité libre] (= E/A) mesuré dans les fruits récoltés à la fin du mois de septembre, le taux d'acidité libre n'étant pas alors altéré par les traitements. Pour les fruits analysés 10 jours plus tard, seule la répétition de l'application du traitement à 200 mg/l de Figaron permet d'observer un taux d'extraits secs solubles totaux des

Tableau III
Influence de l'application d'éthéphon, seul et en mélange avec des sels de calcium, sur les caractéristiques du fruit de la mandarine Marisol (pas de différences significatives entre les traitements) ; les dates des traitements et les concentrations appliquées sont celles présentées dans le tableau I.

Traitements	Écorce				Jus		
	Diamètre/ hauteur	Épaisseur (mm)	%	% (P/P)	°Brix (E)	% acidité (A)	E/A
24/09							
Témoin sans traitement	1,16	2,41	21,0	61,4	10,85	1,43	7,55
Ethéphon	1,16	2,52	22,2	60,0	10,60	1,57	6,70
Ethéphon + acétate calcique	1,21	2,78	25,4	62,1	10,51	1,45	7,22
Ethéphon + nitrate calcique	1,20	2,61	22,0	60,4	10,61	1,43	7,42
05/10							
Témoin sans traitement	1,15	2,85	23,8	59,9	10,94	1,22	8,93
Ethéphon	1,25	2,60	22,0	60,5	10,00	1,28	7,81
Ethéphon + acétate calcique	1,17	2,79	24,4	58,2	10,51	1,28	8,20
Ethéphon + nitrate calcique	1,17	2,73	23,1	59,8	10,49	1,25	8,37

Tableau IV

Effet de l'application du Figaron sur le contenu et l'évolution des pigments de l'écorce de la mandarine Marisol ; les traitements ont été appliqués le 20 juillet, puis le 3 août (si deux traitements).

Traitements	Chlorophylles ($\mu\text{g/g}$ de poids frais)		Caroténoïdes (DO à 440 nm)	
	24/09	05/10	24/09	05/10
Témoin sans traitement	40,4 b	36,4 b	$7,3 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$
Figaron, un traitement à 100 mg/l	33,4 a	31,4 b	$6,8 \times 10^{-2}$	$10,2 \times 10^{-2}$
Figaron, deux traitements à 100 mg/l	33,9 a	32,4 b	$7,3 \times 10^{-2}$	$10,3 \times 10^{-2}$
Figaron, un traitement à 200 mg/l	35,0 a	20,2 a	$8,5 \times 10^{-2}$	$11,7 \times 10^{-2}$
Figaron, deux traitements à 200 mg/l	32,7 a	21,9 a	$8,2 \times 10^{-2}$	$11,9 \times 10^{-2}$

a et b : identification des valeurs significativement différentes, d'après le test de Newman et Keuls, à $p \leq 0,05$.

mandarines traitées significativement supérieur à celui mesuré dans les fruits sans traitement. Cette augmentation affecte le rapport E/A (tableau V).

évolution de l'indice de couleur

La coloration des fruits pourrait être améliorée et la récolte pourrait être avancée en soumettant le fruit au processus de déverdissement. Selon le traitement appliqué aux mandarines, la coloration de l'écorce pourrait être cependant légèrement modifiée. L'évolution de l'indice de couleur (ICC), en fonction du temps, des fruits sans traitement et de ceux traités avec de l'éthéphon

et du Figaron est parallèle (fig 1). La coloration des fruits ayant reçu une application de Figaron est la plus importante ; celle qui correspond aux fruits non traités est la plus faible ; l'application d'éthéphon induit une coloration de l'écorce intermédiaire.

discussion

Des applications d'éthéphon et de Figaron peuvent permettre d'avancer la récolte du fruit, puisqu'elles accélèrent la dégradation des chlorophylles (tableaux I et IV). Cet effet avait déjà été

Tableau V

Influence de la concentration de Figaron et du nombre de traitements sur les caractéristiques du fruit de la mandarine Marisol ; les traitements ont été appliqués le 20 juillet, puis le 3 août (si deux traitements).

Traitements	Écorce				Jus		E/A
	Diamètre/ hauteur	Épaisseur (mm)	%	% (P/P)	°Brix (E)	% acidité (A)	
24/09							
Témoin sans traitement	1,16	2,41	21,0	61,4	10,85 a	1,43	7,55 a
Figaron 100 mg/l, 1 fois	1,20	2,31	19,5	63,5	10,80 a	1,45	7,43 a
Figaron 100 mg/l, 2 fois	1,14	2,52	20,5	61,6	11,30 b	1,39	8,13 b
Figaron 200 mg/l, 1 fois	1,18	2,40	19,7	63,1	11,55 b	1,41	8,19 b
Figaron 200 mg/l, 2 fois	1,20	2,58	21,2	60,7	11,70 b	1,44	8,14 b
05/10							
Témoin sans traitement	1,15	2,85	23,8	59,9	10,94 a	1,22	8,93 a
Figaron 100 mg/l, 1 fois	1,24	2,64	20,8	60,2	11,15 a	1,26	8,84 a
Figaron 100 mg/l, 2 fois	1,16	2,33	19,5	61,0	11,50 a	1,27	9,02 a
Figaron 200 mg/l, 1 fois	1,21	2,55	20,9	61,3	11,70 ab	1,29	9,03 a
Figaron 200 mg/l, 2 fois	1,22	2,81	23,2	58,9	12,40 b	1,30	9,60 b

a et b : identification des valeurs significativement différentes, d'après le test de Newman et Keuls, à $p \leq 0,05$.

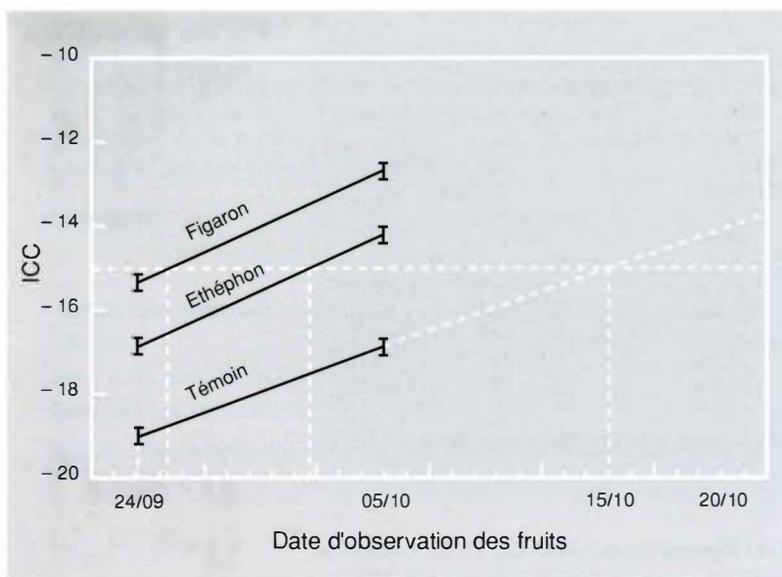


Figure 1
Évolution comparée de l'indice de couleur des fruits (ICC) de la mandarine Marisol sans traitement, ou traitée avec des solutions d'éthéphon (appliquée le 13/09) ou de Figaron (appliquée le 20 juillet) à 200 mg/l.

démonstré chez les agrumes dans le cas de l'éthéphon (PURVIS et BARMORE, 1981 ; PONS *et al.*, 1992) et dans celui du Figaron (KAMURO et HIRAI, 1981 ; CASAS et MALLENT, 1983 ; PONS *et al.*, 1989b). Lors de l'application d'éthéphon, l'éthylène provoque des changements sur la structure du chloroplaste (SHIMOKAWA *et al.*, 1978), mais le mécanisme d'action du Figaron n'est pas connu.

L'efficacité des traitements à l'éthéphon dépend des conditions de l'environnement. Ils sont inefficaces si la température est très élevée et si l'arbre se trouve en activité (MONSELEISE, 1979). De plus, ces conditions, de même que la variété exploitée, peuvent influencer sur l'abscission de certains organes de l'arbre (IWAHORI, 1978), notamment des feuilles. Celle-ci peut être partiellement contrôlée par l'addition des sels de calcium (tableau II). L'utilisation de l'acétate calcique (tableau I), qui présente un effet inhibiteur de l'action de l'éthéphon sur la maturation du fruit, est donc déconseillée. À l'inverse, le nitrate calcique ne présente pas cet inconvénient.

Parallèlement à cet effet, l'application d'éthéphon dans les expérimentations réalisées a provoqué une stimulation de la caroténogénèse. L'addition d'un sel de calcium (acétate ou nitrate de calcium) à la solution d'éthéphon utilisée a neutralisé cette action (tableau I).

Pour pallier les problèmes d'abscission des feuilles, une application d'éthéphon a été tentée sur le fruit après récolte. Cette opération n'a pas donné de meilleurs résultats que les applications standards d'éthylène faites pour induire le déverdissement (JAHN, 1973) ; son utilisation est cependant plus simple. En immergeant les fruits dans des solutions de 200 à 300 mg/l d'éthéphon, l'effet attendu est obtenu dans des délais assez courts. Cependant, tous les inconvénients résultant de l'application d'éthéphon sur la totalité de l'arbre ne sont pas résolus pour autant. Les taches sur fruits, conséquences d'une coloration inégale, sont dues à l'éthylène (YOUNG et JAHN, 1972), indépendamment des caractéristiques du traitement. De plus, l'apparition de résidus peut constituer un désavantage de l'emploi de l'éthéphon par rapport à celui de l'éthylène (MONSELEISE, 1979).

L'application de Figaron, qui ne provoque pas l'abscission des feuilles, est plus efficace, car, bien que ne stimulant pas la synthèse des caroténoïdes (PONS *et al.*, 1989b ; tableau IV), elle induit aussi une coloration uniforme du fruit. Des applications de 200 mg/l de cette substance faite à la mi-juillet permettent d'avancer de 7 à 10 j la coloration de l'orange Navelina (CASAS et MALLENT, 1986) et des mandarines Clausellina (CASAS et MALLENT, 1983), Oroval (PONS *et al.*, 1989b), Satsuma (HIROSE *et al.*, 1978 ; KAMURO et HIRAI, 1981 ; TOMINAGA et DAITO, 1981 ; CASAS et MALLENT, 1986 ; PONS *et al.*, 1989b) et Marisol (tableau IV). La répétition du traitement 15 j plus tard n'améliore pas la réponse obtenue, déterminée par la concentration appliquée (tableau IV).

Les résultats obtenus peuvent être sensiblement améliorés si l'application de l'une et l'autre substance est combinée au déverdissement par traitement à l'éthylène après la récolte des fruits. Selon JIMENEZ-CUESTA *et al.* (1981) celle-ci peut être menée à bien quand l'indice de couleur atteint la valeur de -15. En appliquant ce critère, les mandarines de la variété Marisol, non traitées, ont pu être déverdiées, dans les conditions de l'expérimentation réalisée, à partir de la mi-octobre (fig 1). Sur cette même base, la récolte des fruits traités au champ avec une solution d'éthéphon a pu être avancée de plus de 10 j (2 octobre) ; celle des mandarines traitées avec 200 mg/l de Figaron durant la seconde quinzaine de juillet ont eu une

récolte plus précoce encore puisque celle-ci a précédé de 20 j (25 septembre) celle des fruits non traités, pris comme référence. Les fruits récoltés ont ensuite été déverdis.

Les caractéristiques internes du fruit ne sont pas modifiées par l'éthéphon, comme pour la mandarine Satsuma (IWAHORI, 1978) ; en particulier, ni la teneur en sucres, ni le taux d'acidité libre ne sont affectés (tableau III).

En revanche, les traitements avec application de Figaron (200 mg/l) provoquent une augmentation de la teneur en sucres solubles totaux sans modifier l'acidité (tableau V), ce qui permet des augmentations significatives du rapport sucres/acidité. Une réponse identique a été observée pour d'autres variétés de mandarines et d'oranges (CASAS et MALLENT, 1983 et 1986 ; PONS *et al.*, 1989b). Au Japon cependant, l'application de Figaron, à des concentrations de 100 et 200 mg/l, 40 à 60 j après la pleine floraison, donne lieu à l'observation de valeurs très variables pour les paramètres permettant de mesurer l'évolution de la maturité interne ; la tendance demeure cependant à une plus grande précocité (HIROSE *et al.*, 1978).

● conclusion

L'ensemble des résultats obtenus permet d'attribuer un net avantage à l'utilisation du Figaron par rapport à celle de l'éthéphon. Bien que la chute des feuilles provoquée par l'application d'éthéphon n'ait pas été très élevée dans les conditions de l'expérimentation réalisée, ce phénomène constitue un inconvénient important pour l'utilisation de cette substance. Selon la variété exploitée et certains paramètres du climat enregistrés au moment du traitement, la défoliation des arbres traités peut, en effet, être très importante. Le contrôle de ce phénomène est possible en ajoutant des sels calciques à la solution d'éthéphon. Cependant, seul le nitrate calcique peut être utilisé commercialement, car l'acétate calcique neutralise l'effet positif de l'éthéphon sur la coloration du fruit.

L'application d'une solution de Figaron ne provoque pas la chute de feuilles.

La possibilité d'avancer la récolte de la mandarine Marisol, de maturation précoce, de quelque 20 j, et d'augmenter la teneur en extraits secs solubles

totaux des fruits sans induire d'effets indésirables provoqués par son application, fait de cette auxine de synthèse une substance prometteuse quant à son utilisation à des fins commerciales. L'absence de registre en Europe, empêche, cependant, actuellement, sa recommandation.

remerciements

Les auteurs souhaitent remercier M J BENAVENT pour sa collaboration dans les tâches au champ et pour le prêt des parcelles à des fins expérimentales.

Ce travail a été en partie financé par l'entreprise ETISA (Barcelone, Espagne).

● références

- Association Of Official Analytical Chemists (1975) *Official methods of analysis*. Washington, États-Unis, W Horwitz, ed, 12th ed, Chapter 3
- Bain JM (1958) Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L) Osbeck. *Aust J Bot* 6, 1-24
- Bono R, Soler R, Fernandez De Cordova L (1985) *Varietades de agrios cultivados en España*. Valencia, Espagne, Generalitat Valenciana, Consell de Agric, Pesca y Aliment D L V-1706, 70 p
- Casas A, Mallent D (1983) Aclareo químico y modificación de la maduración de mandarinas Clausellinas con Figaron (éster etílico del ácido 5-cloro-1H-3-indazolacético). *Rev Agroquim Tecnol Aliment* 23, 360-368
- Casas A, Mallent D (1986) Efectos del Figaron (éster etílico del ácido 5-cloro-1H-3-indazolacético), sobre la calidad de las naranjas Navelinas y de las mandarinas Satsumas. *Rev Agroquim Tecnol Aliment* 26, 239-248
- Goldschmidt EE (1988) Regulatory aspects of chlorochromoplast interconversions in senescing Citrus fruit peel. *Israel J Botany* 37, 123-130
- Hirose H, Iwagaki I, Suzuki K (1978) IZAA (5-chloro-indazol-8-acetic acid ethyl ester) as a new thinning agent of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc). *Proc Int Soc Citriculture* 270-273
- Huff A (1983) Nutritional control of regreening and degreening in citrus peel segments. *Plant Physiol* 73, 243-249
- Iwahori S (1978) Use of growth regulators in the control of cropping of mandarin varieties. *Proc Int Soc Citriculture* 263-270
- Jahn OL (1973) Degreening citrus fruit with postharvest applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid (Ethephon). *J Am Soc Horticult Sci* 98, 230-233
- Jimenez-Cuesta J, Cuquerella J, Martinez-Javega JM (1981) Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc Int Soc Citriculture* 2, 750-752

- Kamuro Y, Hirai K (1981) Physiological activity of ethylchlorzate fruit thinning and maturity accelerating effects for citrus. *Proc Int Soc Citriculture* 1, 260-263
- Meir S, Philopsof-Hadas S, Epstein E, Aharoni N (1985) Carbohydrates stimulate ethylene production in tobacco leaf discs. I-Interaction with auxin and the relation to auxin metabolism. *Plant Physiol* 78, 131-138
- Monselise SP (1979) The use of growth regulators in citriculture; a review. *Sci Hort* 4, 151-162
- Pons J, Agusti M, Almela V (1989a) Características del desarrollo y la maduración del fruto de la mandarina « Marisol » (*Citrus reticulata* Blanco). *Fruits* 44, 73-79
- Pons J, Almela V, Agusti M (1989b) Efectos de las aplicaciones de Figaron (etilclorzate) en la maduración de las mandarinas Oroval (*Citrus reticulata* Blanco) y Satsuma (*Citrus unshiu* Marc). *Lev Agr* 289/290, 19-24
- Pons J, Almela V, Agusti M (1992) Use of Ethephon to promote colour development in early ripening Clementine mandarins. *Proc Int Soc Citriculture* 1, 459-462
- Purvis AC, Barmore CR (1981) Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. *Plant Physiol* 68, 854-856
- Shimokawa K, Sakanoshita I, Horiba K (1978) Ethylene induced changes of chloroplast structure in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc). *Plant Cell Physiol* 19, 229-236
- Ting SV, Rouseff, RL (1986) *Citrus fruit and their products. Analysis and technology*. Marcel Dekker, Inc, New York, 27-29
- Tominaga S, Daito H (1981) Effect of ethylchlorzate (ethyl-5-chloro-1H-3-indazolylacetate) on fruit quality of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc). *Proc Int Soc Citriculture* 1, 233-236
- Young R, Jahn O (1972) Degreening and abscission of citrus fruit with preharvest applications of 2-(chloroethyl) phosphonic acid (Ethephon). *J Am Soc Hortic Sci* 97, 237-241