ITEA (1997), Vol. 93V N.º 3, 164-176

EL CONCEPTO DEL IDEOTIPO EN LA MEJORA DE CULTIVARES DE ALMENDRO

R. Socias i Company*
A.J. Felipe*
J. Gómez Aparisi*
J.E. García**
F. Dicenta**

* Unidad de Fruticultura
SIA-DGA
Apartado 727, 50080 Zaragoza

** Departamento de Mejora y Patología Vegetal
CEBAS-CSIC
Apartado 4195, 30080 Murcia

RESUMEN

La mejora genética frutal persigue la creación de nuevos cultivares que, con sus características, resuelvan los problemas que los actuales cultivares presentan. Para ello hay que definir los problemas y establecer unos objetivos a alcanzar con el fin de resolver estos problemas de cultivo. En el caso del almendro se han pretendido establecer las características que debería reunir el cultivar ideal, tanto en lo que se refiere a la calidad del fruto como a las características agronómicas, que pueden ser relacionadas con el clima (adaptabilidad a la zona de cultivo), fitopatológicas (resistencias a plagas y enfermedades), vegetativas (crecimiento y ramificación que faciliten el manejo de la plantación), reproductivas (que aseguren una producción elevada y constante) y fisiológicas (que aseguren esta capacidad reproductiva).

Palabras clave: Almendro, Cultivares, Mejora, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY
THE IDEOTYPE CONCEPT IN ALMOND BREEDING

Fruit breeding pursues the creation of new cultivars differing from the present ones by improved characteristics solving the actual growing shortcomings. Thus, the objectives of any breeding program have to be defined taking into account the problems to be solved. In almond, the traits of an ideal variety have to cover the requirements of fruit quality as well as those of the growing characteristics of the tree. These late traits include those related to climate (adaptation to the growing region), to phytopathology (resistance to pests and diseases), to vegetation (growth and branching facilitating the orchard management), to reproduction (ensuring a high and constant yield) and to physiology (ensuring this reproductive ability).

Key words: Almond, Breeding, Cultivars, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

La mejora genética vegetal consiste, básicamente, en la creación y búsqueda de nuevos cultivares que posean unas características más favorables que los actualmente cultivados y, por tanto, capaces de resolver los problemas que éstos presentan en su cultivo, en su comercialización y/o en su procesamiento industrial posterior. Históricamente, este proceso ya se inició cuando los primeros agricultores empezaron a seleccionar como parentales de su siguiente generación de plantas aquéllas que más les satisfacían desde el punto de vista productivo. Hoy la mejora genética, con unos conocimientos más precisos y unas bases científicas más amplias, debe seguir el mismo proceso de seleccionar unos parentales para conseguir nuevos cultivares que superen a los genitores, en la dirección de alcanzar un cultivar ideal que, teóricamente, no debería presentar problemas en su cultivo ni en la utilización posterior de sus frutos, en las condiciones para las que se ha llevado a cabo su selección. Esto es especialmente importante pues el comportamiento de este material es el resultado de la interacción del genotipo con el ambiente, y esta interacción es variable de la misma manera que lo es el ambiente.

Por ello, cualquier programa de mejora genética se establece teniendo en cuenta un conocimiento preciso de las limitaciones del cultivo de los distintos cultivares, y de las posibilidades que el germoplasma de la propia especie y de las especies vecinas ofrecen para superar estas limitaciones (KESTER *et al.*, 1990; SOCIAS I COMPANY y FELIPE 1992). En el caso del almendro, se ha procedido de esta forma desde el inicio de los diferentes programas de mejora (FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1985; GARCÍA *et al.*, 1985, 1996; GRASSELLY, 1984; KESTER y GRADZIEL, 1996), por lo que originariamente ya se definieron una serie de objetivos, con una diferente gradación en su inmediatez: prioritarios, importantes y deseables, según la urgencia con la que se considerase la resolución de un problema concreto del cultivo del almendro (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1987a).

Es muy difícil definir un cultivar ideal para todas las circunstancias, siendo más aconsejable hacerlo para una situación concreta. A pesar de ello, ha habido intentos de definir un cultivar ideal, y así se ha establecido en cada programa de mejora bien estructurado, conscientes de las posibilidades de la especie y de las necesidades del sector. Por ello, este concepto tiene un componente dinámico, variable a medida que se profundiza en el conocimiento de los distintos aspectos y su posible resolución.

El concepto de ideotipo

En muchos casos se ha tratado de definir de una manera exhaustiva y racional todos los caracteres básicos que debe reunir un cultivar en una especie determinada, y así se llegó a definir el "ideotipo" de una especie por DONALD (1968) en cereales, con la idea de que "es un modelo de planta que se espera que produzca un producto útil en mayor cantidad o de mejor calidad cuando se desarrolle como cultivar". Este modelo se basa en un concepto global de la mejora genética, que no se limita a un conjunto de caracteres deseables, sino al conjunto de la planta. Evidentemente no se trataba de un concepto nuevo, pero sí, quizás, de una presentación nueva de este concepto.

Durante muchos años, la idea del ideotipo en la mejora genética vegetal se limitó a su aplicación a plantas herbáceas. En el campo

de los cultivos leñosos, fue en el sector forestal en el que se intentó definir por primera vez el ideotipo de un árbol por DICKMANN (1985), que llegó a considerar un árbol modelo cuya producción económica se acercaría al máximo en un ambiente particular (o en una cierta localización), aplicando unas determinadas técnicas culturales y admitiendo un uso final bien definido para el producto que se cosecha. Evidentemente, en el caso del almendro la idea de acercarse al máximo de la producción irá dirigida a la producción de pepita de calidad, aunque puedan existir productos secundarios que en algunos casos se puedan tener en cuenta, si bien su importancia económica sea mucho menor. Así mismo, el concepto "calidad" es muy relativo según el destino de la producción: peladillas, turrones, mazapanes, harinas, leches, cosméticos..., por lo que constituye una variable más a considerar en el proceso de evaluación de un determinado cultivar.

El propio DICKMANN (DICKMANN *et al.*, 1994) extendió el concepto del ideotipo a los cultivos leñosos en general, si bien reconociendo que la aplicación de este concepto en los programas de mejora es totalmente lógico, aunque se hayan publicado pocos ideotipos. Evidentemente los ideotipos se han formulado más o menos explícitamente al plantear un programa, como ya se ha expuesto previamente en la definición de un cultivar ideal del almendro. Desde el punto de vista del concepto de "ideotipo", queremos ampliar esta definición y exponerla en el conjunto del cultivo del almendro, siguiendo las pautas globales expresadas por DICKMANN *et al.* (1994).

El ideotipo del almendro

En el Cuadro 1 se enumeran las diferentes características deseables en un cultivar tanto en sus aspectos morfológicos como de crecimiento y de desarrollo, finalizando con los fisiológicos. En principio, hay algunas características que deben ser consideradas válidas para todas las condiciones de cultivo, como es la calidad del fruto, pero hay otras, como la época de floración por la posible incidencia de las heladas, que pueden variar según la zona de cultivo. Por ello en algunas características se ha dispuesto de una doble columna con el fin de diferenciar las conveniencias en las distintas zonas, que intentaremos explicar en cada caso.

Calidad del fruto

Calidad organoléptica

Dentro de la calidad del fruto se pueden distinguir varios aspectos, siendo el más importante el del amargor de la pepita. En almendro encontramos tres tipos diferentes de semillas para este carácter. Además de las pepitas "dulces" y "amargas" existe otro grupo de ellas que han sido clasificadas como "ligeramente amargas" (DICENTA y GARCÍA, 1993). Tal es el caso de las semillas de los cultivares 'Garrigues' y 'Texas'. En general en el comercio se requieren pepitas dulces, pero para algunos usos (ciertos tipos de pastas) se pide la presencia de un ligero amargor, por lo que tampoco se deben descartar totalmente los clones productores de almendras ligeramente amargas. Por otra parte, las pepitas que presentan un ligero amargor pueden perderlo al ser tostadas, adquiriendo un sabor especialmente agradable.

Otra característica es el sabor general de la pepita. Tradicionalmente se ha considerado que los cultivares de los países medi-

CUADRO 1
IDEOTIPO DEL ALMENDRO

Calidad del fruto

Calidad organoléptica: sabor (sin amargor), composición química, aptitud a las transformaciones industriales.
Tamaño y forma (más de 1,2 g por pepita)
Espesor y color claro del tegumento.
Ausencia de pepitas dobles y defectuosas.
Rendimiento en pepita. Dureza de la cáscara. Endocarpo bien cerrado.
30 - 40% (dura) 50 - 60% (blanda)
Facilidad de descascarado y repelado
Posibilidad de almacenamiento

Características relacionadas con el clima

Necesidades en frío invernal
Bajas Altas
Necesidades en calor primaveral
Bajas Altas
Epoca de floración
Temprana Tardía
Epoca de maduración temprana

Características fitopatológicas

Resistencia a plagas y enfermedades
Hongos
Bacterias
Insectos
Acaros
Nematodos

Características vegetativas

Porte
Ramificación compensada
Crecimiento inicial rápido que facilite la formación del árbol
Crecimiento lento posterior al entrar en producción que limite la poda
Poca formación de chupones

Características reproductivas

Productividad elevada
Rápida entrada en producción
Producción estable, sin vecería
Autogamia
Yemas de flor en ramilletes de mayo y brotes cortos (alta densidad floral)
Poca caída de frutos al alcanzar la madurez, pero fácil desprendimiento después.

Otras características fisiológicas

Fotosíntesis
Relaciones hídricas
Resistencia a heladas

terráneos producían pepitas más sabrosas que las americanas, aunque en ello puede influir el sistema de cultivo, en secano o en regadío. Sin embargo, los estudios sobre la composición de los distintos cultivares no ofrecen por el momento las bases suficientes para poder diferenciar los cultivares en cuanto a la calidad gustativa del fruto, sino más bien por sus componentes básicos, como proteínas, lípidos, etc. (ROMOJARO *et al.*, 1977; RIMELQUE, 1982; SAURA CALIXTO *et al.*, 1988; GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 1996). Estos diferentes componentes pueden definir la aptitud industrial de cada tipo de pepita (BERGER, 1969), ya sea para tostado, producción de harina, de diferentes tipos de turrón... Ésta es una vía de estudio que todavía no se ha emprendido con el interés que se merece y que permitiría definir mejor las aptitudes tecnológicas de cada cultivar y así potenciar la calidad de las más aptas para cada uso comercial.

Tamaño y forma

En términos generales se desea un tamaño de pepita grande, superior a 1,2 g. Sin embargo, para algunos usos concretos se requieren tamaños especialmente grandes o pequeños, aunque no sólo es importante el tamaño de la pepita, sino también su forma. Así, para peladillas y bombones, se requieren pepitas grandes, pero de formas redondeadas, con el fin de que el recubrimiento de azúcar o chocolate sea menor. Por otro lado, para tabletas de chocolate, se requieren pepitas menores, pero especialmente planas, con el fin de que no sobresalgan del espesor de la tableta. Estos dos casos, sin embargo, son muy específicos, aunque la tendencia general es a utilizar pepitas de buen tamaño, con el fin de facilitar y abaratar el proceso industrial de descascarado y repelado.

Espesor y color del tegumento

El tegumento es la envoltura de la pepita y en general es deseable que sea fino, para que las pérdidas de peso que supone el repelado sean mínimas. Al mismo tiempo se requiere que esta operación sea fácil, por lo que el tegumento no debe estar excesivamente adherido a la pepita ni debe formar involuciones dentro de la misma, fenómeno que se observa en algunos cultivares y que parece acusarse en casos de extrema sequía. El aspecto comercial de la pepita viene mejorado por un color claro del tegumento, siendo un ejemplo de cultivar con tegumento fino y color claro el de 'Nonpareil', aunque para casos concretos, cultivares con tegumento grueso y color obscuro pueden tener también su interés, como 'Desmayo Largueta', ya que para el proceso de tostado el desprendimiento fácil del tegumento grueso es un carácter deseable.

Pepitas dobles y defectuosas

La presencia de pepitas dobles es una característica varietal, aunque de expresión algo variable según los años (DICENTA *et al.* 1993a), y muy variable según las zonas por lo que muchas circunstancias pueden influir en su expresión (ASENSIO y SOCIAS I COMPANY, 1996; EGEA y BURGOS, 1995). Su presencia es indeseable porque afecta negativamente al aspecto de la semilla y dificulta los procesos de descascarado y repelado, aunque no afecta a la calidad organoléptica de la pepita. Por ello se prefieren cultivares que no produzcan pepitas dobles, aunque recientemente se han desarrollado células fotoeléctricas que permiten la separación automática y rápida de las pepitas dobles de una muestra, lo que puede eliminar el problema de su presencia en aquellos cultivares que, produciendo un cierto porcentaje de

pepitas dobles, posean otras características de relevante importancia.

Hay algunos cultivares con cierta tendencia a producir frutos sin petita (almendras vanas, sólo con el tegumento) o con frutos defectuosos, características que no son deseables y que por lo tanto se deben eliminar.

Rendimiento en pepita. Dureza de la cáscara. Endocarpo bien cerrado

En general estas características están muy relacionadas ya que cuanto más dura sea la cáscara menor es el rendimiento en pepita y más cerrada está la cáscara, aunque existen algunas excepciones de almendras de cáscara dura y elevado rendimiento. De forma primaria parece que un elevado rendimiento en pepita es un carácter deseable, porque se relaciona con un elevado rendimiento productivo, lo cual no es cierto, ya que la producción, el rendimiento productivo, viene dada por el peso de pepita producido por superficie, independientemente de la cantidad de cáscara que lo acompaña (GODINI, 1984), aunque la cáscara también es un elemento productivo que en algunos casos puede tener su interés.

En los países mediterráneos ha habido un interés tradicional por los cultivares de cáscara dura, debido a las características de este tipo de cáscara. Estas se pueden concretar en su resistencia al ataque por pájaros y a la penetración de larvas de algunos insectos que puedan dañar a la pepita, así como en su posible almacenaje durante un período prolongado sin peligro de enranciamiento ni deshidratación excesiva de la pepita. Esto permite su comercialización en el momento elegido por el agricultor. Todo ello ha determinado que la estructura industrial de los países mediterráneos se base en un sistema de descascarado para este tipo de cáscara dura, que es totalmente diferente del utilizado para los cultivares de cáscara blanda, por lo que el mercado mediterráneo sólo absorbe este tipo de cultivares, los mollares, en una proporción reducida.

Un panorama totalmente distinto se presenta en California y en otros países de cultivo del almendro relativamente reciente, donde se prefieren los cultivares de cáscara blanda y cuyas instalaciones industriales sólo admiten este tipo de descascarado, por lo que en este caso se consideran dos posibilidades en cuanto al ideotipo del almendro.

Para la cáscara dura se considera un porcentaje del 30-40% como más interesante, ya que con ello se mantienen las buenas características reseñadas para la cáscara dura. Para la cáscara blanda se considera un porcentaje del 50-60%, ya que unos rendimientos superiores pueden producir una cáscara con una sutura deficiente y una fragilidad excesiva que dificulta su manejo y facilita las infecciones por insectos, hongos y polvo.

Facilidad de descascarado y repelado

Estas son características de especial importancia industrial, relacionadas con la cáscara y el tegumento. Hay ciertos cultivares con una doble capa en la cáscara que dificulta el descascarado y provoca la rotura de las pepitas, y con ello su depreciación. Por ello la definición del ideotipo debe incluir esta característica, por su repercusión comercial. Igualmente la facilidad de repelado es importante, como se ha indicado al considerar las características del tegumento.

Posibilidad de almacenamiento

Interesan pepitas que puedan almacenarse durante un período prolongado sin que su composición sufra cambios negativos, en especial el enranciamiento de los lípidos que constituyen una parte importante de la pepita. Para ello se debe tener en cuenta la estabilidad de los diferentes componentes de la pepita, las condiciones de la cámara de almacenamiento y si éste tiene lugar con la cáscara o sin ella, por el efecto de la cáscara sobre la difusión del oxígeno que pueda conducir a la oxidación de los ácidos grasos. Por ello, la estabilidad de los distintos componentes es esencial, ya que con el almacenamiento se puede regular el mercado y probablemente obtener mejores precios de venta.

Características relacionadas con el clima

Necesidades en frío invernal

El almendro es una especie con bajas necesidades en frío invernal, aunque hay diferencias acusadas entre los distintos cultivares (TABUENCA, 1972). Estas necesidades se relacionan con el desarrollo invernal de la yema e influyen en la época de floración del cultivar, por lo que se considerará con más detalle su efecto al tratar de la época de floración, aunque se puede apuntar que generalmente los cultivares con más necesidades en frío invernal florecerán más tarde, así que el interés de que estas necesidades sean bajas o altas vendrá determinado por el interés en la época de floración en cada zona de cultivo.

Necesidades en calor primaveral

Una vez cubiertas las necesidades en frío invernal, los cultivares de almendro necesitan cubrir unas necesidades en calor antes de que pueda tener lugar la floración (TABUENCA *et al.*, 1972), por lo que la fecha de floración depende de la satisfacción sucesiva de ambas necesidades. De la misma manera que con las necesidades en frío, hay diferencias en cuanto a las necesidades en calor, por lo que según la zona de cultivo se deberá considerar la época de floración más aconsejable y los requisitos en calor más recomendables.

Época de floración

La época de floración es un carácter típico de cada genotipo pero puede ser muy varible con los años, aunque las diferentes genotipos mantienen más o menos el mismo orden de floración todos los años (DICENTA *et al.*, 1993b; FELIPE, 1977). Este carácter tiene su importancia desde dos aspectos diferentes: una por la coincidencia de floración de dos cultivares que se deban interpolinizar y otra por las condiciones climáticas durante el transcurso de la misma. Los factores climáticos desfavorables para que las abejas lleven a cabo una buena polinización y aseguren un abundante cuajado de los frutos son las bajas temperaturas y la presencia de niebla, viento o lluvia. La helada, que no afecta directamente a la polinización, daña tanto a las flores como a los frutos ya cuajados produciendo la pérdida de las cosechas.

Las malas condiciones climatológicas en el momento de la floración pueden causar disminuciones importantes en la producción y son uno de los factores más decisivos en las oscilaciones de la cosecha, como se ha medido repetidamente en California (ALSTON *et al.*, 1995). Ello se debe al hecho de que los cultivares tradicionales de almendro son autoincompatibles, por lo que re-

quieren la polinización cruzada entre un mínimo de dos cultivares. El transporte del polen de una a otra tiene lugar por medio de las abejas, que no vuelan si llueve, por lo que no pueden llevar a cabo su cometido.

Las heladas son un problema reincidente en muchas zonas de cultivo del almendro, especialmente en las zonas del interior, aunque también en situaciones costeras se pueden presentar heladas en el momento de la floración o inmediatamente después, que en algunos casos pueden anular totalmente la cosecha (EGEA *et al.*, 1980). Por ello la época de floración más adecuada vendrá determinada por las condiciones climáticas que tengan lugar en el momento de la floración.

Aunque tanto las condiciones climatológicas adversas como las heladas son impredecibles, se deberá considerar la época en la que haya una climatología más benigna para establecer la mejor época de floración para el ideotipo del almendro en cada zona. En cuanto a las heladas, una manera de evitarlas es la floración tardía, por lo que este carácter se encuentra presente entre los objetivos de la mayoría de programas de mejora genética. Sin embargo, en las zonas sin peligro de heladas, los cultivares de floración temprana pueden ser interesantes cuando su cultivo sea en secano, para que el fruto se desarrolle pronto, antes del período de fuerte sequía (EGEA *et al.*, 1995).

Por ello el ideotipo para la floración del almendro presenta dos posibilidades, temprana o tardía, según cuáles sean las condiciones de la zona. Como se ha indicado, la época de floración viene determinada por las necesidades en frío y en calor de cada cultivar, por lo que en cada clima se deberán determinar estos requisitos para obtener el resultado más adecuado. Así, los cultivares obtenidos en Crimea, en una zona de inviernos muy crudos, se distinguen por poseer unas muy elevadas necesidades en frío, pero una vez superadas estas necesidades, los requisitos en calor son muy bajos (TABUENCA *et al.*, 1972), lo que las hace especialmente adaptados a este tipo de clima. Un conocimiento preciso de las necesidades en frío y en calor de cada genotipo puede servir para determinar los mejores cultivares interpolinizadores para cada localidad, ya que con las mismas necesidades previsiblemente siempre coincidirán en floración.

A pesar de que la época de floración es un caracter que se trasmite generalmente de una forma cuantitativa (DICENTA *et al.*, 1993b) las posibilidades de retrasar la época de floración en el almendro mediante programas de mejora genética parece que todavía se pueden incrementar, no sólo por la reunión de altas necesidades en frío y en calor, sino también por la utilización de cultivares que transmiten este carácter de forma cualitativa (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1996a). También puede retrasarse mediante la utilización de cultivares de zonas geográficas distintas que probablemente poseen diferentes factores de retraso de la floración (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1996b).

Época de maduración

Se considera interesante una época de maduración temprana, tanto por razones climáticas como comerciales. La maduración temprana implica que la recolección tenga lugar antes de las lluvias de otoño, para facilitar el secado y evitar que los frutos se mojen y con ello se deteriore el aspecto de la pepita. En las zonas especialmente áridas, la maduración temprana permite la recolección de la cosecha antes del período más seco del verano. Igualmente

una maduración temprana permite que, durante el resto del período vegetativo, el árbol pueda recuperarse de su esfuerzo productivo y que la diferenciación de las yemas y la preparación de la cosecha del año siguiente tengan lugar en mejores condiciones nutritivas.

Igualmente una maduración temprana es interesante desde el punto de vista comercial porque permite cubrir con suficiente antelación la demanda de la industria, que tiene su máximo en las fechas anteriores a la Navidad.

Características fitopatológicas

El almendro, como todas las especies frutales, está sometido a una serie de ataques fitopatológicos, aunque en la zona mediterránea, su cultivo predominantemente en secano y de carácter marginal, haga que su incidencia, en particular las enfermedades producidas por hongos, no tengan excesiva importancia. Sin embargo, el problema de los hongos se acentúa en años de mayores lluvias y su importancia puede llegar a ser un factor de reducción de la cosecha. En los cultivares más resistentes a este tipo de enfermedades, la permanencia de la hoja en el árbol hasta la época de caída natural normal garantiza la elaboración de reservas en el árbol destinadas a garantizar una floración abundante y un buen cuajado de los frutos.

No se trata de hacer una revisión de los problemas fitopatológicos del almendro, aunque sí conviene repasar aquellos que influyen en la elección varietal (GRASSELLY y CROSSA-RAYNAUD, 1980).

La monilia (*Monilinia laxa* Aderh. et Ruhl.) produce daños importantes, especialmente en primaveras lluviosas sobre las flores y posteriormente sobre los brotes. Entre los cultivares más sensibles está 'Tarragona' y entre los más resistentes 'Desmayo Largueta'. Sintomatología y daños semejantes produce la botritis (*Botritis cinerea* Pers.), con 'Marcona' y 'Desmayo Largueta' entre los cultivares sensibles.

El cribado [*Stigmina carpophila* (Lév.) M.B. Ellis] tiene poca importancia. Mayor importancia, especialmente en las zonas más cálidas, tiene la mancha ocre (*Polystigma ochraceum* (Wahl. Sacc.)), que afecta principalmente a 'Tuono' y algunos de sus descendientes. También 'Tuono' es bastante sensible a la lepra (*Taphrina deformans* (Berk.) Tul.), sin excesiva importancia, excepto en la primaveras húmedas y frías, lo que se da con más frecuencia en climas marítimos de las islas y costas del Mediterráneo. 'Tuono' también presenta sensibilidad a fusicocum (*Fusicoccum amygdali* Delacr.) y a antracnosis (*Gloesporium amygdalinum Brizi*). El moteado (*Venturia carpophila* E.E. Fisher) puede dañar las hojas; 'Ardéchoise' presenta una gran resistencia a este hongo, así como a la mayoría de enfermedades.

Entre las enfermedades víricas, no pueden señalarse diferencias importantes, así como tampoco en cuanto a los insectos y los ácaros. Solamente cabe mencionar la especial sensibilidad de los cultivares mollares o de cáscara blanda a los insectos cuyas larvas atacan al fruto, en particualr el "navel orange worm" (*Amyelois transitella* Walk.).

Características vegetativas

Porte

En el almendro es preferible un porte de medio a erecto, lo que facilita la formación

del árbol y la mecanización de su cultivo, especialmente para acercarse al tronco en el momento de la recolección mecanizada y el paso de los aperos por debajo de la copa.

Ramificación compensada

Se entiende por ramificación compensada la que produce suficientes crecimientos anuales con el fin de producir una renovación constante de la copa, pero sin que estos crecimientos sean excesivos y obliguen a una importante operación de poda cada invierno, ya que la poda es una de las operaciones más costosas del cultivo.

Crecimiento inicial rápido y posterior lento

En los primeros años el crecimiento debe permitir la formación del esqueleto del árbol de manera muy rápida. Una vez formado el árbol, cuando también se produce el incicio de la producción importante, el crecimiento posterior debe ser lento con el fin de reducir en lo posible las necesidades de poda.

Poca formación de chupones

Esta característica se considera únicamente por la necesidad de podar los chupones, con el problema de que normalmente se reproduce la salida de nuevos chupones de la base de los que se eliminan.

Características reproductivas

Productividad elevada

Para rentabilizar el cultivo es necesaria una producción mínima que cubra los costes de la explotación (FELIPE, 1984b). Por ello la productividad es una característica indispensable en todo cultivar.

Rápida entrada en producción

Ante la diferencia que se observa entre los cultivares en cuanto al período improductivo después de la plantación, interesa que este período sea corto con el fin de que rápidamente una producción permita la recuperación de los costes de la plantación.

Producción estable, sin vecería

Algunos cultivares, como 'Cristomorto', son muy sensibles a la vecería, lo que no interesa por el desequilibrio productivo y comercial que ello supone. En cultivares autoincompatibles, la vecería puede incluso producir deficiencias en la polinización, al no ser suficiente la cantidad de flor del cultivar vecero para la polinización del otro. En los años de baja producción, ésta puede ser insuficiente para cubrir los costes de la explotación. Por otro lado la falta de una oferta comercial sostenida año tras año supone para el productor un inconveniente a la hora de comercializar su producto.

Autogamia

Como la parte comercial del almendro es la pepita, que botánicamente es una semilla, la fertilización de la flor es necesaria para asegurar la producción. Por ello, todas las circunstancias que puedan favorecer la llegada del polen al estigma y la fertilización del óvulo de la flor serán interesantes para un cultivar de almendro. Con la autogamia se asegura la mejor polinización de la flor, por lo que es un carácter altamente

deseable. Con ello se asegura la capacidad de una flor para polinizarse a sí misma, al reunir los dos caracteres de autocompatibilidad y de morfología floral adecuada. La autocompatibilidad asegura la capacidad genética de que la autopolinización permita la fertilización del óvulo, pero esta característica debe completarse con una morfología floral que permita el contacto de las anteras con el estigma. Así se elimina el requisito de los insectos polinizadores y de un tiempo atmosférico adecuado para su actividad (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1987b). Con cultivares autógamos se pueden realizar plantaciones de un solo cultivar, con lo cual se facilita el manejo de la plantación. Este carácter, que ha sido de los últimos en definirse en el almendro (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1993), probablemente sea el más importante a considerar en las nuevos cultivares de almendro.

Alta densidad floral

Una producción elevada sólo se puede conseguir partiendo de un elevado número de flores, por lo que es importante una alta densidad floral, porque incluso en condiciones de polinización relativamente adversas, que provocarán un cuajado bajo, partiendo de una alta densidad floral se asegurará una buena producción (BERNAD y SOCIAS I COMPANY, 1997). En el almendro una elevada densidad floral suele deberse a la presencia de yemas de flor en ramilletes de mayo y en brotes cortos, lo cual generalmente se relaciona con una ramificación compensada.

Poca caída de frutos

Siempre se produce una caída de frutos antes de la recolección, pero interesa que esta caída sea mínima con el fin de que se aproveche al máximo la cosecha. Sin embargo, una vez que se proceda a ésta, el desprendimiento de los frutos debe producirse fácilmente para que queden muy pocos frutos sobre el árbol y así, igualmente, se aproveche al máximo la producción del árbol.

Otras características fisiológicas

Relaciones hídricas y fotosíntesis

Son de interés cultivares con gran capacidad de captación de luz, absorción de CO_2 y baja transpiración, lo que proporcionará una buena resistencia a la sequía y una alta eficiencia fotosintética. En el almendro la resistencia a la sequía es interesante, por las condiciones de cultivo en secano en la mayoría de las regiones. Por ello los cultivares deben estar adaptados a los períodos de estrés esperados (en su duración y frecuencia), por lo que deben ser capaces de utilizar eficazmente el agua disponible. Los cultivares deben ser capaces de restringir la transpiración sin reducir la fotosíntesis, permitiendo una mejor eficiencia en el uso del agua (en regadío) y una mejor resistencia a la sequía (en secano). Los árboles deberán tener un buen control estomático y una buena recuperación de la actividad fotosintética tras un período de estrés hídrico, con una elevada capacidad de acumulación de los nuevos asimilados en la pepita. La densidad de estomas, característica morfológica de las hojas, puede estar relacionada con la resistencia a la sequía. Como consecuencia de esta adaptabilidad se puede conseguir una buena nutrición, condición indispensable para una buena diferenciación floral y una buena calidad de la flor,

cualidades obligadas para un buen cuajado y una buena producción.

Resistencia a heladas

Independientemente de la floración tardía, que puede retrasarse hasta después de la época más probable de heladas, hay una resistencia del propio cultivar a las heladas (FELIPE, 1988), carácter que parece transmitirse a la descendecia, por lo que se ha de tener en cuenta en la definición de un cultivar y en los objetivos de un programa de mejora.

Conclusión

A lo largo de esta revisión se ha mostrado como un cultivar de almendro debe reunir una gran cantidad de requisitos para poder considerarse que cumple con la consideración de cultivar ideal. Sin embargo, hay dos aspectos que nos indican que esta posibilidad está lejos de cumplirse: por un lado, con distintas condiciones de cultivo las características imprescindibles serán distintas, y por otro lado, actualmente es imposible reunir en un solo cultivar todos estos requisitos. La mejora genética, a pesar de todo, es un esfuerzo continuo que no ceja en el empeño de conseguir este ideal, la creación de nuevos cultivares que se acerquen cada vez más al ideotipo que hemos revisado para una localidad determinada, quizás siempre teniendo en cuenta que este cultivar ideal es una utopía, pero también un ideal necesario que, sin duda, cada vez procuramos estar más cerca de alcanzar con el esfuerzo de los distintos programas de mejora genética.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto CICYT AGF95-0004. Finalizado después de la lamentable muerte de Efigenio García, el resto de los autores queremos rendirle un homenaje con su publicación.

Bibliografía

ALSTON J., CARMAN H., CHRISTIAN, J.E., DORFMAN J., MURUA, J.R., SEXTON, R., 1995. Optimal reserve and export policies for the California almond industry: theory, econometrics and simulation. Univ. California, Giannini Foundation Monograph 42, viii + 130 pp.

ASENSIO M.C., SOCIAS I COMPANY R., 1996. Double kernels in almond: an open question. Nucis 5: 8-9.

BERGER P., 1969. Aptitudes à la transformation industrielle de quelques variétés d'amandes. Bull. Techn. Inf. 241: 577-580.

BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R., 1997. Bud density and shoot morphology of some self-compatible almond selections. II International Symposium on Pistachios and Almonds, Davis, California, 24-29 August 1997.

DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of the kernel flavour in almond. Heredity 70: 308-312.

DICENTA F., GARCÍA J.E., CARBONELL E.A., 1993a. Heritability of fruit characters in almond. J. Hort. Sci. 68(1): 121-126.

DICENTA F., GARCÍA J.E., CARBONELL E.A., 1993b. Heritability of flowering, productivity and maturity in almond. J. Hort. Sci. 68(1): 113-120.

DICKMANN D.I., 1985. The ideotype concept applied to forest trees. p 89-101. En: M.G.R. Cannell y J.E. Jackson (ed.): Trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Huntington, England.

DICKMANN D.I., GOLD M.A., FLORE J.A., 1994. The ideotype concept and the genetic improvement of tree crops. Plant Breed. Rev. 12: 163-193.

DONALD C.M., 1968. The breeding of crop ideotypes. Euphytica 17: 385-403.

EGEA J., GARCÍA J.E., BERENGUER T., 1980. Efecto de las heladas tardías sobre flores y frutos jóvenes de variedades de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 39: 3-12.

EGEA J., BURGOS L., 1995. Double kerneled fruits in almond (*Prunus dulcis* Mill) as related to pre-blossom temperatures. Ann. Appl. Biol. 126: 163-168.

EGEA J., GARCÍA J.E., DICENTA F., 1995. Almond breeding for resistance to environmental stress. Nucis 3: 2-3.

FELIPE A.J., 1977. Epocas de floración de variedades de almendro. An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg. 7: 113-124.

FELIPE A.J., 1984a. État de l'arboretum des espèces sauvages à Saragosse. Considérations sur l'utilisation de ce matériel botanique. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 203-204.

FELIPE A.J., 1984b. Profitability of almond orchards in Spain. Acta Hort. 155: 287-290.

FELIPE A.J., 1988. Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. VII Coll. GREMPA, Rap. EUR 11557: 123-130.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R., 1985. L'amélioration génétique de l'amandier à Saragosse. Options Méditerr. IAMZ/CIHEAM 85/I: 9-14.

GARCÍA J.E., DICENTA F., BERENGUER T., EGEA J., 1996. Programa de mejora del almendro del CEBAS (CSIC - Murcia). Frutic. Prof. 81: 64-70.

GARCÍA J.E., EGEA L., EGEA J., BERENGUER T., 1985. Programme d'amélioration de l'amandier au C.E.B.A.S. de Murcie. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 85/I: 7-8.

GARCÍA-LÓPEZ C., GRANÉ-TERUEL N., BERENGUER-NAVARRO V., GARCÍA-GARCÍA J.E., MARTÍN-CARRATALA M.A., 1996. Major fatty acid composition of 19 almond cultivars of different origins. A chemometric approach. J. Agric. Food Chem., 44: 1751-1755.

GODINI A., 1984. The influence of flesh pericarp on the kernel production in almond. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 57-61.

GRASSELLY C., 1984. Réflexions diverses sur l'évolution des objectifs d'amélioration de l'amandier. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 147-150.

GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD P., 1980. L'amandier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, XII + 446 pp.

KESTER D.E., GRADZIEL T.M., 1996. Almonds. En: J. Janick y J.N. Moore (Ed.) Fruit breeding, vol. III. John Wiley & Sons. New York. pp 1-97.

KESTER D.E., GRADZIEL T.M., GRASSELLY C., 1990 Almonds (Prunus). Acta Hort 290: 699-758.

RIQUELME F., 1982. Características de almendras murcianas y su estabilidad. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

ROMOJARO F., GARCÍA J.E., LÓPEZ-ANDREU F.J., 1977. Estudio sobre la composición química de variedades de almendra del sureste español. An. Edafol. Agrobiol. 36 (1/2): 121-131.

SAURA CALIXTO F., CANELLAS MUT J., SOLER L., 1988. La almendra. Composición, variedades, desarrollo y maduración. Monografía INIA 66, 173 pp.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1987a. La mejora genética del almendro. Frutic. Prof. 11: 64-66.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1987b. La polinización del almendro. Frutic. Prof. 11: 71-76.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1992. Almond: a diverse germplasm. HortScience 27 (7): 717-718, 803.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1993. La autogamia. Un nuevo reto en el almendro. HortoFruticultura 4 (11): 59-62.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1996a. Genetics of late blooming in almond. Eucarpia Symposium on Fruit Breeding & Genetics, Oxford, England, 1-6 September 1996.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1996b. Approche génétique à la floraison tardive chez l'amandier. X Colloque GREMPA, Meknès, 14-17 Octobre 1996.

TABUENCA M.C., 1972. Necesidades de frío invernal en almendro. An. Estac. Exper. Aula Dei 11(3/4): 325-329.

TABUENCA M.C., MUT M., HERRERO J., 1972. Influencia de la temperatura en la época de floración de almendro. An. Estac. Exper. Aula Dei 11(3/4): 378-395.

(Aceptado para publicación el 21 de noviembre de 1997)