

MILLORA DE VARIETATS D'AMETLLER A CATALUNYA

FRANCISCO JAVIER VARGAS GARCÍA; MIGUEL Á. ROMERO ROMERO;

IGNASI BATLLE CARAVACA; JOAN CLAVÉ MORELL

MAS DE BOVER, INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIES

francisco.vargas@irta.cat; ignasi.batlle@irta.cat

Resum

L'any 1975 va començar a Mas de Bover (Constantí) un programa de millora de varietats d'ametller per encreuaments dirigits. Els objectius s'han dirigit a l'obtenció de varietats amb floració tardana (risc menor de gelades), autofertilitat (reducció del problema de la pol·linització), capacitat productiva, qualitat de fruit, facilitat de formació i poda, bon vigor, tolerància a malalties, sequera, etc. S'han realitzat uns quants centenars d'encreuaments, i s'han obtingut, estudiat i seleccionat molts milers d'arbres. Tres varietats obtingudes en les primeres fases del programa, Masbovera, Glorieta i Francolí, han tingut una difusió molt àmplia. Recentment, s'han seleccionat quatre noves varietats, amb característiques molt destacables: Vayro, Marinada, Constantí i Tarraco, que han tingut una acollida excel·lent en el sector.

1. Introducció

Sens dubte, l'ametller té importància econòmica i social a Espanya: ocupa al voltant de 600.000 ha (60.000 estan localitzades a Catalunya), que produeixen el 10-15 % del total mundial. En moltes zones constitueix l'única alternativa, o bé una de les poques alternatives viables

de cultiu. Les varietats cultivades tradicionalment tenen limitacions importants: floració primerenca (susceptibilitat a danys per gelades), exigents en poda, sensibles a malalties, etc.

L'any 1975 va començar al centre Mas de Bover, que llavors depenia de la Diputació de Tarragona, un programa d'obtenció de varietats per encreuaments dirigits. Amb l'adscripció del Centre a l'IRTA, el 1986, el programa va rebre una empenta. Els objectius s'han orientat a l'obtenció de varietats de floració tardana (minva del risc de gelades), autofertilitat (reducció del problema de la pol·linització), alta capacitat productiva, qualitat de fruit, facilitat de formació i poda, bon vigor i tolerància a condicions adverses (malalties, sequera, etc.).

2. Material i mètodes

A mitjan dècada dels anys seixanta s'inicià a Mas de Bover la formació d'una col·lecció de varietats. Quan es varen realitzar els primers encreuaments, el 1975, el centre disposava d'una àmplia representació de varietats cultivades a les principals zones productores del món. En les primeres fases del programa s'utilitzaren com a parentals varietats autòctones, d'alta qualitat de fruit, i estrangeres de floració tardana i, en alguns casos, autofèrtils. Posteriorment, es varen poder afegir nous genitors (generats en gran part pel mateix programa) i s'augmentà el nombre d'arbres manejats anualment (i s'aplica sobre aquests mètodes de selecció precoç). En la taula 1 es mostren les dimensions del programa i en la taula 2, un resum de la procedència dels genitors utilitzats. Les combinacions de genitors s'han realitzat intentant d'obtenir individus amb les característiques següents: floració molt tardana; autofertilitat; alta capacitat productiva; bon vigor; ramificació no excessiva; port no gaire obert; fruit amb closca dura o semidura; gra amb bon aspecte; absència de dobles, etc. Altres caràcters importants han estat la tolerància a sequera i a *Phomopsis amygdali* (*fusicoccum*).

Taula 1. Encreuaments controlats. Nombre d'encreuaments realitzats, flors pol·linitzades (aproximadament), llavors obtingudes i arbres estudiats en diferents períodes del programa

Anys	Encreuaments	Flors	Llavors	Arbres
1975-1979	60	20.990	4.589	1.846
1980-1985	42	15.552	3.075	1.505
1990-1995	120	69.918	23.237	8.556
1996-2000	255	130.929	20.223	12.444
2001-2005	252	125.728	19.778	10.324
Total 1975-2005	729 (486 diferents)	363.117	70.902	34.675

Taula 2. Genitors utilitzats en encreuaments controlats en diferents períodes

Anys	Varietats estrangeres	Varietats espanyoles (IRTA*)	Seleccions estrangeres	IRTA	Total genitors
1975-1979	10	8 (0)	0	0	18
1980-1985	6	5 (3)	0	13	24
1990-1995	7	9 (5)	6	2	24
1996-2000	10	14 (10)	5	55	84
2001-2005	14	13 (8)	5	79	111
Total 1975/2005	25	26 (10)	10	122	183

El nombre de varietats IRTA utilitzades com a genitors figura entre parèntesis.

La selecció precoç ha fet possible el maneig d'un gran nombre d'arbres amb recursos limitats (21 i 22). En la taula 3 es recull un esquema del procés, i en la taula 4, un resum del ritme de selecció.

Taula 3. Selecció precoç en viver. Etapes principals del procés de selecció de descendències

Any	Estació	Activitat / observació
0	Hivern	Realització d'encreuaments
0	Tardor-hivern	Sembra de llavors
1	Primavera-tardor	Creixement d'arbres en viver
2	Hivern	Data de foliació
2	Tardor-hivern	Vigor, port i ramificació
3	Hivern-primavera	Data de floració, precocitat de l'entrada en producció
3	Tardor-hivern	Característiques del fruit, aspecte general de l'arbre
4	Hivern-primavera	Autofertilitat, data de floració, producció
4	Estiu-hivern	Característiques del fruit, aspecte general de l'arbre
5	Hivern-primavera	Autofertilitat, data de floració, producció
5	Estiu-hivern	Fruit, aspecte general de l'arbre, sensibilitat a sequera i malalties

Taula 4. Selecció precoç en viver. Percentatge d'arbres conservats en diferents fases del procés.

Dades mitjanes de descendències d'encreuaments 1991-2000 (un total de 18.171 arbres, procedents de 313 famílies)

Percentatge d'arbres conservats								
Inicial	P2	T2	P3	T3	P4	T4	P5	T5
100 %	66 %	44 %	19 %	12 %	8,4 %	3,7 %	2,4 %	0,5 %

P2, P3, P4 i P5: % d'arbres conservats després de la selecció de primavera dels anys 2, 3, 4, i 5.

T2, T3, T4 i T5: % d'arbres conservats després de la selecció de tardor-hivern dels anys 2, 3, 4 i 5.

El coneixement dels al·lels S d'incompatibilitat dels genitors, aplicant-hi la tècnica d'electroforesi de ribonucleases (RNases) estilars, ha permès la planificació d'encreuaments amb descendències compostes exclusivament per individus autofèrtils (3, 5, 8 i 13).

3. Resultats

a) Avenços en la millora genètica de varietats

Entre d'altres, es poden mencionar els següents:

— Obtenció d'informació útil per a la millora genètica de varietats:

- Selecció precoç de material (21 i 22).
- Utilització de l'electroforesi de ribonucleases estilars en la determinació dels al·lels S d'incompatibilitat (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12 i 13).
- Transmissió de caràcters (8, 14, 15, 16, 19, 20 i 25).
- Quallats obtinguts en genitors (23).
- Utilització de marcadors d'ADN en la millora (1, 2, 8, 9, 10, 11 i 26).

— Obtenció d'informació sobre varietats i seleccions (7, 11, 15, 17, 18 i 24).

— Obtenció de nous recursos genètics (molt útils per al programa de millora).

b) Obtenció de noves varietats

Dels primers resultats, destaca l'obtenció Masbovera, Glorieta i Francolí que, a partir de 1994, s'han difós àmpliament. Recentment s'han seleccionat quatre noves varietats: Vayro, Constantí, Marinada i Tarraco. La taula 5 recull l'origen de les varietats.

Les taules 6-8 recullen informació bàsica sobre característiques agronòmiques i comercials importants de les varietats IRTA. Per poder establir comparances s'han inclòs varietats de referència molt conegudes: desmai llargueta, marcona, ferragnes i guara.

Taula 5. Origen de les varietats

Varietats	Encreuament	Any de l'encreuament
<i>IRTA, noves:</i>		
Vayro	4-665 × Lauranne	1991
Constantí	FGFD2 × Pol·linització lliure	1993
Marinada	Lauranne × Glorieta	1994
Tarraco	FLTU18 × Anxaneta	1991
<i>IRTA, anteriors:</i>		
Masbovera	Primorskiy × Cristomorto	1975
Glorieta	Primorskiy × Cristomorto	1975
Francolí	Cristomorto × Tuono	1976

Marinada i Tarraco tenen una floració molt tardana (a Mas de Bover uns trenta-cinc dies després de Desmai Llargueta i vuit més tard que Guara). Vayro i Constantí són de floració tardana (similar a Guara, Glorieta i Francolí i una mica abans que Masbovera). Vayro, Constantí, Marinada i Francolí són autofèrtils, amb un alt nivell d'autogàmia. Tarraco, Masbovera i Glorieta són autoincompatibles. Totes les varietats IRTA han mostrat una elevada capacitat productiva i són molt fàcils de formar i podar. Tenen bones característiques de fruit (closca forta, bon aspecte del gra i sense ametlles bessones).

Alguns aspectes destacables de les varietats es resumeixen a continuació:

- *Vayro*. Excel·lent capacitat productiva. Autofèril, amb un bon nivell d'autogàmia. Floració tardana. Molt vigorós, fàcil de formar i podar. Bon fruit. Sembla tenir una bona tolerància a la sequera i al *fusicoccum*. Per a afavorir la pol·linització creuada es pot associar amb Constantí, Glorieta, Francolí, Guara, etc.
- *Constantí*. Varietat amb bona capacitat productiva, vigorosa i, aparentment, ben adaptada al cultiu en secà. Floració tardana. Autofèril, amb un bon nivell d'autogàmia. Fàcil de formar i podar. Bon fruit. Lleugerament sensible al *fusicoccum*. Per a afavorir la pol·linització creuada pot associar-se amb Vayro, Glorieta, Francolí, Guara, etc.
- *Marinada*. Excel·lent capacitat productiva i precocitat a l'entrada en producció. Floració molt tardana. Autofèril, amb un bon nivell d'autogàmia. Molt fàcil de formar i podar. Bon fruit. Fins avui no ha manifestat sensibilitat especial a cap malaltia a Mas de Bover. Per a afavorir la pol·linització creuada és recomanable associar-la amb Tarraco.

Taula 6. Data de floració, requeriments de pol·linització, producció i època de maduració

Varietats	Data de plena floració ¹	Compatibilitat en la pol·linització ² (genotip S de compatibilitat ³)	Capacitat productiva	Precocitat a l'entrada en producció	Època de maduració
<i>IRTA, noves:</i>					
Vayro	26	Autofèrtil (S_9S_9)	Molt alta	Precoç	Precoç
Constantí	27	Autofèrtil (S_3S_9)	Alta-molt alta	Precoç	Mitjana
Marinada	34	Autofèrtil (S_5S_9)	Molt alta	Molt precoç	Mitjana
Tarraco	35	Autoincompatible (S_1S_9)	Molt alta	Molt precoç	Mitjana
<i>IRTA, anteriors:</i>					
Masbovera	29	Autoincompatible (S_1S_9)	Alta-molt alta	Mitjana	Mitjana
Glorieta	26	Autoincompatible (S_1S_5)	Alta-molt alta	Precoç	Mitjana
Francolí	25	Autofèrtil (S_1S_1)	Alta-molt alta	Precoç	Precoç
<i>Referències:</i>					
D. Llangueta	0	Autoincompatible (S_1S_{25})	Alta	Mitja-tardana	Tardana
Marcona	15	Autoincompatible ($S_{11}S_{12}$)	Alta	Precoç	Mitjana
Ferragnès	29	Autoincompatible (S_1S_3)	Alta-molt alta	Mitjana	Mitjana
Guara	27	Autofèrtil (S_1S_1)	Alta-molt alta	Precoç	Precoç

1. Data mitjana de la plena floració a Mas de Bover, expressada com el nombre de dies transcorreguts des de la plena floració de D. Llangueta (mitjana: 2 de febrer). Dades mitjanes de deu anys (1998-2007) d'observacions.
2. Autoincompatible: necessita pol·len d'una altra varietat per a poder fructificar (pol·linització creuada); Autofèrtil: autocompatible i capaç de produir normalment amb el seu propi pol·len (autopol·linització).
3. El genotip S regula les relacions de compatibilitat en la pol·linització. S_i és l'al·lel que proporciona l'autocompatibilitat. Quan dues varietats autoincompatibles tenen el mateix genotip S (com és el cas, poc freqüent, de Masbovera i Tarraco, ambdues S_1S_9) són incompatibles entre si. Les varietats autocompatibles són compatibles amb qualsevol altra varietat, a més de ser-ho amb si mateixa.

— *Tarraco*. Excel·lent capacitat productiva i molt precoç en l'entrada en producció. Molt tardana en floració. Adaptada al cultiu en secà. Molt fàcil de formar i podar. Bon fruit i de gran mida. Sembla tolerant al *fusicoccum*. És autoestèril i, per tant, necessita la pol·linització creuada, i es pot associar amb Marinada.

Taula 7. Vigor, port, intensitat de ramificació, hàbit de fructificació i facilitat de formació i poda

Varietats	Vigor	Port	Intensitat de ramificació	Fructificació preferent	Formació i poda
<i>IRTA, noves:</i>					
Vayro	Molt vigorós	Mitjà	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
Constantí	Vigorós	Mitjà-erecte	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
Marinada	Mig	Mitjà-erecte	Mitjana-escassa	Brancó	Molt fàcil
Tarraco	Mig	Mitjà-erecte	Mitjana-escassa	Brancó	Molt fàcil
<i>IRTA, anteriors:</i>					
Masbovera	Molt vigorós	Mitjà-erecte	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
Glorieta	Molt vigorós	Mitjà-erecte	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
Francolí	Vigorós	Mitjà	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
<i>Referències:</i>					
D. Llangueta	Mitjà-alt	Obert	Mitjana-alta	Brancó	Mitjana
Marcona	Mitjà-alt	Mitjà	Alta	Brancó	Mitjana
Ferragnès	Vigorós	Mitjà-erecte	Mitjana	Brancó	Molt fàcil
Guara	Mig	Molt obert	Mitjana-escassa	Brancó	Difícil

- *Masbovera*. Cal subratllar-ne el vigor, la facilitat de formació i poda, la floració tardana, la capacitat productiva, la qualitat de fruit i la tolerància a la sequera i al *fusicoccum*.
- *Glorieta*. Excel·lent vigor, floració tardana, molt productiva, fruit de qualitat, arbre molt fàcil de formar i poc exigent en poda, i tolerància a la sequera i al *fusicoccum*.
- *Francolí*. Destaca per la capacitat productiva i la precocitat d'entrada en producció. Autofèril, de floració tardana, vigorós, poc exigent en poda i fàcil de formar.

Taula 8. Característiques del fruit

Varietats	N	PAC	PGR	REN	BES	AGR
<i>IRTA, noves:</i>						
Vayro	29	4,2	1,19	28,4	0,1	7,0
Constantí	32	4,5	1,20	26,8	1,4	6,2
Marinada	24	4,2	1,30	31,1	0,3	6,8
Tarraco	17	5,4	1,68	31,5	0,1	6,9
<i>IRTA, anteriors:</i>						
Masbovera	170	4,9	1,35	27,8	0,4	6,4
Glorieta	139	5,0	1,42	28,4	2,0	6,3
Francolí	124	4,1	1,21	30,4	3,9	5,1
<i>Referències:</i>						
D. Llargueta	85	5,0	1,34	27,2	1,4	6,7
Marcona	209	5,1	1,33	26,4	2,7	6,5
Ferragnès	262	4,4	1,49	33,8	0,1	6,4
Guara	84	3,8	1,31	34,6	11,6	6,3

Valors mitjans. N: nombre de mostres analitzades (9-30 anys d’observacions); PAC: pes d’una ametlla amb closca (g); PGR: pes d’un gra (g); REN: rendiment en gra (%); BES: percentatge d’ametlles bessones; AGR: nota d’aspecte del gra (escala 1-9).

4. Agraïments

INIA i UE (projectes SC97-049, RTA01-081, RTA04-030 i TRT2006-00021-00-00).

Bibliografia

- ARÚS, P.; OLARTE, C.; ROMERO, M.A.; VARGAS, F. J. (1994), «Linkage analysis of ten isozyme genes in F1 segregating progenies of almond», *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, núm. 119 (2), p. 339-344.
- BALLESTER, J.; BOSKOVIC, R.; BATLLE, I.; ARÚS, P.; VARGAS, F.; DEVICENTE, M. C. (1998), «Location of the self-incompatibility gene in the almond linkage map», *Plant Breeding*, núm. 117, p. 69-72.
- BATLLE, I.; TANRIVER, E.; LAKHAL, H.; ROMERO, M. A.; VARGAS, F.J. (2001), «Use of stilar ribonucleases in almond breeding», XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, Sanliurfa (Turquia), 1999, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 56, p. 111-115.
- BOSKOVIC, R.; TOBUTT, K. R.; BATLLE, I.; DUVAL, H. (1997), «Correlation of ribonuclease zymograms and incompatibility genotypes in almond», *Euphytica*, núm. 97, p. 167-176.
- BOSKOVIC, R.; TOBUTT, K. R.; BATLLE, I.; DUVAL, H.; MARTINEZ GÓMEZ, P.; GRADZIEL, T. M. (2003), «Stylar ribonucleases in almond: correlation with and prediction of incompatibility genotypes», *Plant Breeding*, núm. 122, p. 70-76.
- BOSKOVIC, R.; TOBUTT, K. R.; DUVAL, H.; BATLLE, I.; DICENTA, F.; VARGAS, F. J. (1999), «A stilar ribonuclease assay to detect self-compatible seedlings in almond progenies», *Theor. Appl. Genet.*, núm. 99, p. 800-810.
- HERRALDE, F. DE; SAVE, R.; BIEL, C.; VARGAS, F. J.; BATLLE, I. (2001), «Drought tolerance differences in two almond cultivars: Lauranne and Masbovera», XI GREMPA Seminar, Sanliurfa (Turquia), 1999, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 56, p. 149-154.
- LÓPEZ, M. (2004), «Mejora del almendro para auto-compatibilidad utilizando técnicas biológicas y moleculares», Universitat de Lleida, 270 p. [Tesi doctoral]
- LÓPEZ, M.; MNEJJA, M.; ROMERO, M. A.; VARGAS, F. J.; ARÚS, P.; BATLLE, I. (2005), «Use of S_r-specific PCR for early selection of self-compatible seedlings in almond breeding», XIII GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds, Mirandela (Portugal), 2003.
- A: OLIVEIRA M. M.; CORDEIRO, V. (ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes*, série A, núm. 63, p. 269-274.
- LÓPEZ, M.; MNEJJA, M.; ROVIRA, M.; COLLINS, G.; VARGAS, F. J.; ARÚS, P.; BATLLE, I. (2004), «Self-incompatibility genotypes in almond re-evaluated by PCR, stylar ribonucleases, sequencing analysis and controlled pollinations», *Theor. Appl. Genet.*, núm. 109, p. 954-964.
- LÓPEZ, M.; ROMERO, M. A.; VARGAS, F. J.; BATLLE, I. (2005), «'Francolí', a late flowering almond cultivar re-classified as self-compatible», *Plant Breeding*, núm. 124 (5), p. 502-506.
- LÓPEZ, M.; VARGAS, F. J.; BATLLE, I. (2006), «Self-(in)compatibility almond genotypes: a review», *Euphytica*, núm. 150 (1), p. 1-16.
- MNEJJA, M.; LÓPEZ, M.; ROMERO, M. A.; VARGAS, F. J.; BATLLE, I. (2002), «Cross design for self-compatibility in almond using stylar sibonucleases», III International Symposium on Pistachios and Almonds, Saragossa, 2001, ISHS. *Acta Horticulturae*, núm. 591, p. 233-238.
- VARGAS, F. J.; CLAVÉ, J.; ROMERO, M. A.; BATLLE, I.; ROVIRA, M. (1998), «Autogamy studies on almond progenies». II International Symposium on Pistachios and Almonds, Davis (Califòrnia, EUA), 1997, ISHS, *Acta Horticulturae*, núm. 470, p. 74-81.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A. (1985), «Amélioration de variétés d'amandier. Observations sur quelques clons intéressants obtenus au Centre Agropecuari 'Mas Bové', VI Colloque GREMPA, Tessalònica (Grècia), *Cahiers Options Méditerranéennes*, IAMZ 85/I, p. 15-18.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A. (1988), «Comparación entre descendencias intervarietales de almendro en relación con la época de floración y la calidad del fruto», VII Colloque GREMPA-AGRIMED, Reus, 1987, Rapport EUR 11557, p. 59-72.
- (1994), «'Masbovera', 'Glorieta' y 'Francolí', nuevas variedades de almendro», *Frut. Prof.*, núm. 63, p. 16-22.
- (1999), «Ensayo de variedades de almendro de floración tardía en Tarragona», *Fruticultura Profesional, Especial Frutos Secos II*, núm. 104, p. 43-47.

- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A. (2001), «Booming time in almond progenies progenies», XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, Sanliurfa (Turquia), 1999, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 56, p. 29-34.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; BATLLE, I. (2001), «Kernel taste inheritance in almond», XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, Sanliurfa (Turquia), 1999, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 56, p. 129-134.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; BATLLE, I.; CLAVÉ, J. (1998), «Early selection in almond progenies», X GREMPA Seminar, Meknes (Marroc), 1996, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 33, p. 171-176.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; CLAVÉ, J.; BATLLE, I. (2005), «Early selection in the almond breeding programme at IRTA Mas Bové». XIII GREMPA Meeting, Mirandela (Portugal), 2003, *Cahiers Options Méditerranéennes*, série A, núm. 63, p. 17-22.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; CLAVÉ, J.; SANTOS, J.; BATLLE, I.; ROVIRA, M. (2002), «Fruit set in controlled crosses of almond cultivars», III International Symposium on Pistachios and Almonds, Saragossa, 2001. ISHS. *Acta Horticulturae*, núm. 591, p. 365-370.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; CLAVÉ, J.; VERGÉS, J.; SANTOS, J.; BATLLE, I. (2006). «'Vayro', 'Marinada', 'Constantí' y 'Tarraco'. Nuevas variedades de almendro obtenidas por el IRTA», *Boletín Agrícola El Arbolar*, núm. 12, p. 8-13.
- VARGAS, F. J.; ROMERO, M. A.; ROVIRA, M.; GIRONA, J. (1984), «Amélioration de l'amandier par croisements des variétés. Résultats préliminaires à Tarragone (Espagne)», VI GREMPA, Sfax (Tunisia), 1983, *Cahiers Options Méditerranéennes*, núm. 84/II, p. 101-122.
- VIRUEL, M. A.; MESSEGUER, R.; VICENTE, M. C. DE; GARCIA MAS, J.; PUIGDOMENECH, P.; VARGAS, F. J.; ARÚS, P. (1995), «A linkage map with RFLP and isozyme markers for almond», *Theor. Appl. Genet.*, núm. 91, p. 964-971.

