الفصل السادس

القدرة على العقد البكرى للثمار

تعنى القدرة على العقد البكرى Parthenocaarpic Fruit Set — أى تكوين ثمار خالية من البذور — القدرة على العقد فى جميع الظروف البيئية غير المناسبة، سواء أكانت الحرارة مرتفعة، أم منخفضة؛ وبذا .. فإن العقد البكرى يعد تأقلمًا — من جانب النبات — لتحمل الظروف البيئية غير المواتية للعقد الطبيعى. ويتحكم فى القدرة على العقد البكرى جينات يُعبر عنها فى كل من المبيض أو حبوب اللقاح أو فى كليهما.

هذا .. ويتراوح عدد الجينات التى يُعرف تعبيرها فى حبوب اللقاح بين مئات قليلة إلى نحو ثمانية آلاف (Becker & Feijo ٢٠٠٧). ولقد أمكن اكتشاف ١٣٣ بروتينًا مختلفًا فى حبوب لقاح الطماطم، ووجد لدى تقسيمها حسب وظائفها البيولوجية أن غالبيتها ارتبطت بالآليات الدفاعية، وتحولات الطاقة، وتمثيل واستخدام البروتين، وتكوين هيكل السيتوبلازم، وإشارات الكالسيوم Ca^{2+} signalling، وكمسببات للحساسية. وتلعب تلك البروتينات دورًا فى قدرة حبة اللقاح على البقاء، ثم على الإنبات والنمو (Sheoran وآخرون ٢٠٠٧).

العقد البكرى فى الطماطم

تُستخدم الأوكسينات ونظائر الأوكسينات لإنتاج ثمار طماطم بكرية العقد، ولزيادة حجم الثمار غير الملقحة جيدًا. هذا إلاّ أن الأوكسين يجب أن تُعامل به العناقيد الزهرية كل على انفراد لأنه يسبب تشوهات شديدة بالنموات الخضرية إذا ما عُوملت به، كما أنه يثبط استمرار الإزهار، وغالبًا ما تكون الثمار الناتجة من المعاملة به رديئة النوعية.

إن تكوين البذور يمثل جزءًا رئيسيًّا من تكون الثمار؛ فالبذور النامية تحفز زيادة الخلايا فى الحجم من خلال تمثيلها للأوكسين وجزيئات أخرى غير معروفة. وتتحكم

نواتج النشاط الأيضى المصاحبة لنمو الجنين فى معدل انقسام الخلايا فى أنسجة الثمرة المحيطة بالبذور. ويؤثر عدد البذور المتكونة فى حجم الثمرة النهائى ووزنها. وبذا .. فإن خلو الثمار من البذور قد يكون مصاحبًا بتغيرات غير مرغوب فيها فى صفات جودة الثمار (عن Martinelli وآخرين ٢٠٠٩).

والحل البديل لمشكلة عقد الثمار اللجوء إلى صفة العقد البكرى الاختيارى الوراثى الذى يسمح بعقد ثمار بذرية إذا حدث الإخصاب، وثمار غير بذرية فى الظروف التى لا تناسب التلقيح.

تتوفر صفة القدرة على العقد البكرى فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم. وقد حُصِلَ عليها — غالبًا — من أحد مصدرين؛ هما: الهجن النوعية بين الطماطم وكل من النوعين *L. hirsutum*، و *L. peruvianum*، وباستحداث الطفرات. فمثلاً .. حُصِلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعى:

Byzon × (Grnutovij Gribovskuj × *L. hirsutum*)

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى فى جميع الظروف غير المناسبة للعقد، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية — الذكرية والأنثوية — خصبة بدرجة عالية (Philouze & Maissonneuve ١٩٧٨). وقد وجدت Philouze (١٩٨١) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز pat-2؛ تمييزًا له عن الجين pat (نسبة إلى Parthenocrpy أى العقد البكرى)، الذى وجد فى سلالات أخرى تعقد بكريًا. وقد تأكدت وراثة صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين فى دراسات أخرى لكل من Lin (١٩٨٢)، و Hassan وآخرين (١٩٨٧). هذا .. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩أ) توصلوا من دراستهم إلى أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين يتحكم فيها جينان متنحيان، أحدهما الجين pat-2 — وهو جين رئيسى — والآخر هو الجين mp، وهو ثانوى، ويؤثر فى ظهور صفة العقد البكرى عند وجود الجين pat.

وقد عقد هذا الصنف بكريًا فى مصر خلال شهرى يناير وفبراير بالقناطر، وتفوق على

الأصناف UC 82، و Peto 86، و VF145-B-7879، و Floradade، وسلالة التربية UC78W29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧). وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية؛ حيث إنها تنتج ثمارًا عادية فى الظروف المناسبة للعقد، وثمارًا بكرية فى الظروف غير المناسبة لذلك، مثلما تكون عليه الحال فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهارًا. هذا .. برغم أن الحرارة العالية لم تكن لها تأثيرات سيئة على الجاميطات أو تركيب الزهرة؛ وهو ما يعنى أن الظروف البيئية المحفزة للعقد البكرى تؤثر فى الأنسجة الجرثومية sporophytic tissues للزهرة، وليس فى أنسجتها الجاميطية gametophytic tissues.

وتأكيدًا لذلك .. وجد Scott & George (١٩٨٤) أن المعاملات التى تمنع التلقيح (مثل الخصى، وإزالة الميسم، وإزالة الأطراف البعيدة لكل من قلم الزهرة والأسدية) منعت تكوين البذور، ولكنها لم تمنع عقد الثمار. هذا بينما لم يكن للتلقيح — بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية — أى تأثير فى نسبة العقد البكرى. وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفيريانين وسلالة أخرى — هى PSET-1 — تحمل نفس الجين pat-2، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكريًا — هى RP 75/59 — وتختلف فى جينات العقد البكرى.

وقد درس Hassan وآخرون (١٩٨٧) الاختلافات بين الصنف سيفيريانين والأصناف البرية UC 82، و VF145-B-7879، والهجن بينها فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريلينات الكلية الحرة، ووجدوا أنها تبلغ فى الصنف سيفيريانين نحو ثلاثة أمثال أى من الصنفين الآخرين. ولم تلاحظ فروق واضحة بين نباتات الجيل الأول ونباتات الآباء البذرية، أو بين محتوى الهجن والهجن العكسية فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريللينات الكلية الحرة؛ الأمر الذى يتمشى مع نتائج الدراسات الوراثية من أن الصفة متنحية، ويدلل على أهمية المحتوى المرتفع من الجبريللينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم.

هذا .. وكان الجين pat قد ظهر كطفرة فى أحد أصناف الطماطم الإيطالية (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى معاملتها بالـ ethylmethane sulphonate. تبعد هذه الطفرة بمقدار ٠,١٢ وحدة عبور من الجين sha (نسبة ال short anthers أى الأسدية القصيرة). كما ظهرت طفرة آليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز sha-pat؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524. وكلتا الطفرتين pat، و sha-pat تنتج ثمارًا بكرية، وتتميز بالعقم الأنثوى. وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى — أطلق عليها اسم Montfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة — كما فى طفرة sha — ولكنها تعقد بكريًّا — كما فى الطفرة shat-pat (السلالة 2524). وبتلقيح هذه الطفرة مع السلالة sha-pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثمارًا بكرية؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 — التى ظهرت تلقائيًّا — تحمل نفس الجين shat-pat الذى يوجد فى السلالة الأصلية (Pecaut & Philouze ١٩٧٨).

وتعد السلالة الألمانية RP 75/59 من السلالات التى تعقد ثمارًا بكرية طبيعية المظهر فى الظروف غير المناسبة للعقد، ولكنها تعقد ثمارًا طبيعية فى الظروف البيئية المناسبة للعقد؛ وهى تتشابه فى ذلك مع الصنف سيفيريانين.

وقد أظهرت دراسات Philouze & Maisonneuve (١٩٧٨أ) بفرنسا أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية، ولا يتحكم فيها أى من الجينات sha، أو pat، أو pat-2. وتبعًا لـ Ho & Hewitt (١٩٨٦) .. فإن Philouze قد أوضحت عام ١٩٨٣ أن صفة العقد البكرى فى السلالة الألمانية RP 75/59 يتحكم فيها ثلاثة جينات متنحية ذات تأثير إضافى، وأكدت ذلك دراسات Vardy وآخرين (١٩٨٩).

يتبين مما تقدم أن أفضل مصدرين للعقد البكرى الاختيارى فى الطماطم هما الصنف الروسى Severianin الذى يحتوى على الجين pat-2، والسلالة الألمانية التى تحتوى — كما بينت دراسات أجريت عليها — على الجينين pat-3، و pat-4. لكن يعاب على هذين المصدرين عدم وجود معلمات وراثية لهما، وصعوبة إكثار السلالات البكرية العقد

بسبب قوة الظاهرة فيها، كما يُعتقد بأن تلك الجينات لها – كذلك – تأثيرات سلبية على جودة الثمار (عن Carmi وآخرين ٢٠٠٣).

ويستفاد من الدراسات التى أجريت على صفة العقد البكرى للسلالة الألمانية 75/59 أن الجينين pat-3، و pat-4 ينعزلان بصورة مستقلة عن بعضهما البعض، وأن التركيب الوراثى المتنحى الأصيل، والتركيبين pat-4 + pat-3 pat-3، و pat-4 pat-4 pat-3 + جميعها تعطى ثمارًا بكرية (Nuez وآخرون ١٩٨٨).

وفى الولايات المتحدة .. أنتج Baggett & Fraizer (١٩٨٢) السلالة Oregon 11 التى تعطى ثمارًا بكرية فى الجو البارد بنسبة ٦٦٪. تتميز ثمارها البكرية بأنها صلبة ولحمية، ونادرًا ما تكون مفصصة، أو تظهر بها جيوب. يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالى ٣٠ جم، ومتوسط قطرها من ٣,٥–٤ سم، ويوجد بها ٣–٤ مساكن؛ وهى جيدة الطعم واللون، ذات جلد سميك ولكنه يتشقق أحيانًا. كذلك أنتجت السلالة Oregon T5-4 التى تعقد ثمارًا بكرية بنسبة ٣٠٪ فى الجو البارد، وثمارًا عادية فى الجو العادى، إلا أنها تختلف عن الصنف سيفيريانين فى احتياج أزهارها إلى التلقيح لكى تعقد بكريًّا فى الجو البارد.

وقد وجد Kean & Baggett (١٩٨٦) أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية، ويتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، يختلفان عن الجين pat-2. هذا .. وقد اكتسبت سلالات أوريجون صفة العقد البكرى من الصنف الكندى Farthest North.

وبينما لا توجد – حاليًّا – أصناف تعقد بكريًّا وتصلح للزراعة التجارية إلا أن تلك الصفة تتوفر فى عدة مصادر، ويمكن تقسيمها – حسب درجة العقد البكرى بها – كما يلى (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦):

١– درجة العقد البكرى منخفضة، وتتوفر فى: Atom، و Bubjekosoko، و Sub Arctic Plenty، و Oregon Cherry، و Pobeda.

٢- درجة العقد البكرى متوسطة، وتتوفر فى: Lycopera، و Earlinorth، و Oregon T5-4، و Parteno.

٣- درجة العقد البكرى عالية، وتتوفر فى: RP 75/59، و Severianin.

ومن مصادر العقد البكرى الأخرى فى الطماطم الجين pat الذى يتوفر فى الصنف Sorcssi (أو Monifavet 191)، وسلالتى IVT رقما 1، 2 اللذان يعطيان مستوى أعلى وأكثر ثباتًا من العقد البكرى عما توفراه كلا من Sorcssi، و Severianin. ولقد طوِّرت السلالة IVT-1 من تهجين بين *Solanum habrochaites* (سابقًا: *Lycopersicon hirsutum*) والطماطم (*Solanum* lycopersicum) أُتبع بعدة تهجينات رجعية للطماطم (عن Harza & Dutta ٢٠١٠).

هذا .. ويسود الاعتقاد بأن العقد البكرى فى السلالة IVT-1 يتحكم فيه جين واحد متنح. أما فى السلالة IVT-2 (التى حُصل عليها من تهجين بين *Solanum peruvianum* والطماطم) فقد افترض أن صفة العقد البكرى فيها كمية.

كذلك وجد أن العقد البكرى فى السلالة IL5-1 — التى طوِّرت من تهجين بين *S. harbochaites* والطماطم يتحكم فيه جينان أحدهما على الكروموسوم ١ (pat 4.1) والآخر على الكروموسوم ٥ (pat 5.1).

وعلى الرغم مما ثبت من أن العقد البكرى فى الصنف Severianin يتحكم فيه جين واحد متنح (pat-2)، فإن جينًا آخر (mp) يؤثر وهو فى الحالة المتنحية الأصيلة على تعبير الجين pat-2. ولقد وجد أن الجين pat يقع على الذراع الطويل للكروموسوم الثالث.

ولقد استخدم الجين pat-2 فى إنتاج الأصناف البكرية العقد Oregon Pride، و Oregon Star، و Siletz (عن Hazra & Dutta ٢٠١٠).

وتبين من دراسات أجريت على صنف الطماطم Oregon Pride أن العقد البكرى فيه اختيارى (صنِّفت الثمار التى تحتوى على ٢٠ بذرة منه على أنها بكرية العقد)، وأنه

يوجد جين آخر — أُعطى الرمز ii — يؤثر فى الجين pat-2 المسئول عن العقد البكرى، ولا يوجد ارتباط بينهما (Hazra & Dutta ٢٠١٠).

هذا .. وبعد إنتاج الأوكسينات والجبريللينات فى مبايض الأزهار الحاملة لأى من تلك الطفرات (pat، و pat-2، و pat-3/pat-4) هو العامل الأساسى فى العقد البكرى فيها (Gorguet وآخرون ٢٠٠٥).

ولقد أمكن تحويل الطماطم وراثيًّا بجين العقد البكرى DefH9-iaaM الذى يتكون من الجين iaaM (من *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*) تحت التحكم الوراثى لـ De/H9 وهو promoter متخصص فى كل من الشيمة والمبيض (من *Anthirrhinum majus*). يشفر الجين iaaM لتمثيل الإنزيم tryptophan monoxidase الذى يُنتج الـ indolacetamide، الذى يتحول — إما إنزيميًّا أو كيميائيًّا — إلى إندول حامض الخليك indole-3-acetic acid. ووجد أن التعبير عن الجين DefH-iaaM يؤدى إلى إنتاج ثمار بكرية فى كل من الطماطم والباذنجان والتبغ (عن Ficcadenti وآخرين ١٩٩٩).

وفى الطماطم كانت النباتات المحولة وراثيًّا بهذا الجين قادرة على عقد الثمار فى غياب عملية الإخصاب وفى الأزهار المخصية، ولكن أعطيت الأزهار التى لقِّحت ثمارًا بذرية. هذا .. ولم يختلف الوزن الطازج للثمار بكرية العقد أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة أو pH عصيرها عما فى الثمار البذرية (Ficcadenti وآخرون ١٩٩٩).

كذلك أمكن التعبير عن الجين rolB من *Agrobacterium rhizogenes* فى مبيض الطماطم، واختير هذا الجين لأن النباتات المحولة وراثيًّا به تُظهر عدة مظاهر للمعاملة بالأوكسين، فالثمار تكون بكرية العقد وطبيعية المظهر من حيث الحجم والشكل واكتمال تكوين المادة الجيلاتينية فى المساكن (Carmi وآخرون ٢٠٠٣).

وعندما حُوِّل صنف الطماطم UC 82 وراثيًّا بالجين DefH9-Ri-iaaM — من *A. tumefaciens* — بحيث لم يُعبَّر عنه إلاّ فى المبيض — أُنتجت ثمارًا بكرية العقد قل فيها عدد البذور إلى حوالى عُشر العدد الطبيعى، ولم تختلف تلك الثمار عن نظيراتها

غير المحولة وراثيًّا فى أى من الصفات التى دُرست، وهى: اللون والصلابة ونسبة المادة الجافة ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والـ pH والحموضة المعايرة والأحماض العضوية والليكوبين والتوماتين والفينولات الكلية ومحتواها من مضادات الأكسدة، ولكنها كانت أعلى فى محتواها من االبيتاكاروتين (Rotino وآخرون ٢٠٠٥).

كما تبين لدى مقارنة ثمار نباتات صنف الطماطم MicroTom المحولة وراثيًّا بأى من الجينين iaaM (من *A. tumefaciens*)، و rolB (من *A. rhizogens*) بطريقة لا تسمح لها بالتعبير إلاّ فى مبايض الأزهار، أن ثمارهما كانت بكرية العقد واختلفت عن ثمار النباتات غير المحولة وراثيًّا فى عديد من الأحماض الدهنية والأحماض الأمينية ونواتج أيضية أخرى (Martinelli وآخرون ٢٠٠٩).

العقد البكرى فى الفلفل

إن من أهم مشاكل إنتاج الفلفل الحلو ظاهرة دورات الفورات الإنتاجية flushing التى تتبادل مع دورات ينخفض فيها الإنتاج بشدة، والتى تستمر كل منها لأسابيع. وهذا الإنتاج غير المنتظم جعل من غير الممكن للمزارعين توفير الطلب الأسبوعى المنتظم على المحصول.

تعود هذه الظاهرة إلى عقد عدة ثمار فى وقت متقارب؛ حيث يؤدى تواجد هذه الثمار النشطة النمو إلى تثبيط عقد ونمو ثمار جديدة بسبب منافسة الثمار العاقدة على الغذاء المجهز، ولسيادتها على غيرها فى النمو بسبب ما يواكب عقدها ونموها من إنتاج لمنظمات نمو نباتية. نجد أن الأزهار التى يُنتجها النبات خلال تلك الفترة تفشل غالبًا فى العقد، ولا يحدث العقد الجديد إلا بعد أن تكمل الثمار الأولى فى التكوين نموها، وتنخفض احتياجاتها من الغذاء المجهز، وما يتبع ذلك من انخفاض فى قدرتها على جذب الغذاء إليها. ويعنى ذلك أن فى ساق نبات الفلفل تحمل بعض العقد ثمارًا، بينما لا تحمل مجموعة من العقد المجاورة لها أية ثمار.

وإلى جانب ظاهرة جذب الثمار النامية للغذاء المجهز إليها، فإن الشدّ البيئى، مثل