الفصل الأول

الطماطم :السيتولوجى-الجيرمبلازم -
الهجن النوعية - طرق التربية

تعد الطماطم أحد أهم محاصيل الخضر ، وهى تتبع العائلة الباذنجانية Solanaceae. تضم هذه العائلة نحو ٩٠ جنساً ، وحوالى ٢٠٠٠ نوع من النباتات . تنتمى الطماطم إلى الجنس Lycopersicon الذى يضم ثمانية أنواع برية أخرى . وتعرف الطماطم - علمياً - باسم Lycopersicon esculetum Mill ، وفى اللغة الإنجليزية باسم Tomato .

الموطن

يعتقد أن الطماطم المزروعة ترجع فى نشأتها إلى سلالات الطماطم ذات الثمار الصغيرة جداً من الصنف النباتى L. esculentum var. cerasiforme ، التى تنمو بحالة برية فى أمريكا الجنوبية . ومن المعروف أن موطن الطماطم هو أمريكا الجنوبية - خاصة بيرو - وأن بداية استئناسها كانت فى المكسيك ، التى انتقلت منها الطماطم إلى الفلبين وأوروبا فى القرن السادس عشر - حيث ذكرت لأول مرة فى إيطاليا فى عام ١٥٥٤م - ومنها انتقلت إلى بقية قارات العالم القديم .

كما انتقلت الطماطم - أيضاً - من أوربا إلى أمريكا الشمالية (شكل ١-١) ؛ حيث ذكرت هناك لأول مرة فى عام ١٧١٠م .

وقد ظل الإقبال على زراعة واستهلاك الطماطم محدوداً ؛ بسبب انتشار اعتقاد غير صحيح ، وهو أن ثمارها سامة للإنسان . وربما كان السبب فى هذا الاعتقاد أن ثمارها

قريبة الشبه من أنواع باذنجانية أخرى ذات ثمار سامة . وقد بقى الوضع على هذه الحال حتى منتصف القرن التساع عشر ، حينما بدأ التوسع فى زراعة الطماطم وتصنيعها واستهلاكها فى الولايات المتحدة ؛ ومن ثم فى بقية أرجاء العالم . ولمزيد من التفاصيل عن موطن زراعة الطماطم ونشأتها وتاريخها .. يراجع Hedric (١٩١٩) ، و Boswell (١٩٣٧) ، و Rick (١٩٧٦ ، ١٩٧٨) ، Kaloo (١٩٨٥) ، Tigchelaar (١٩٨٦) .

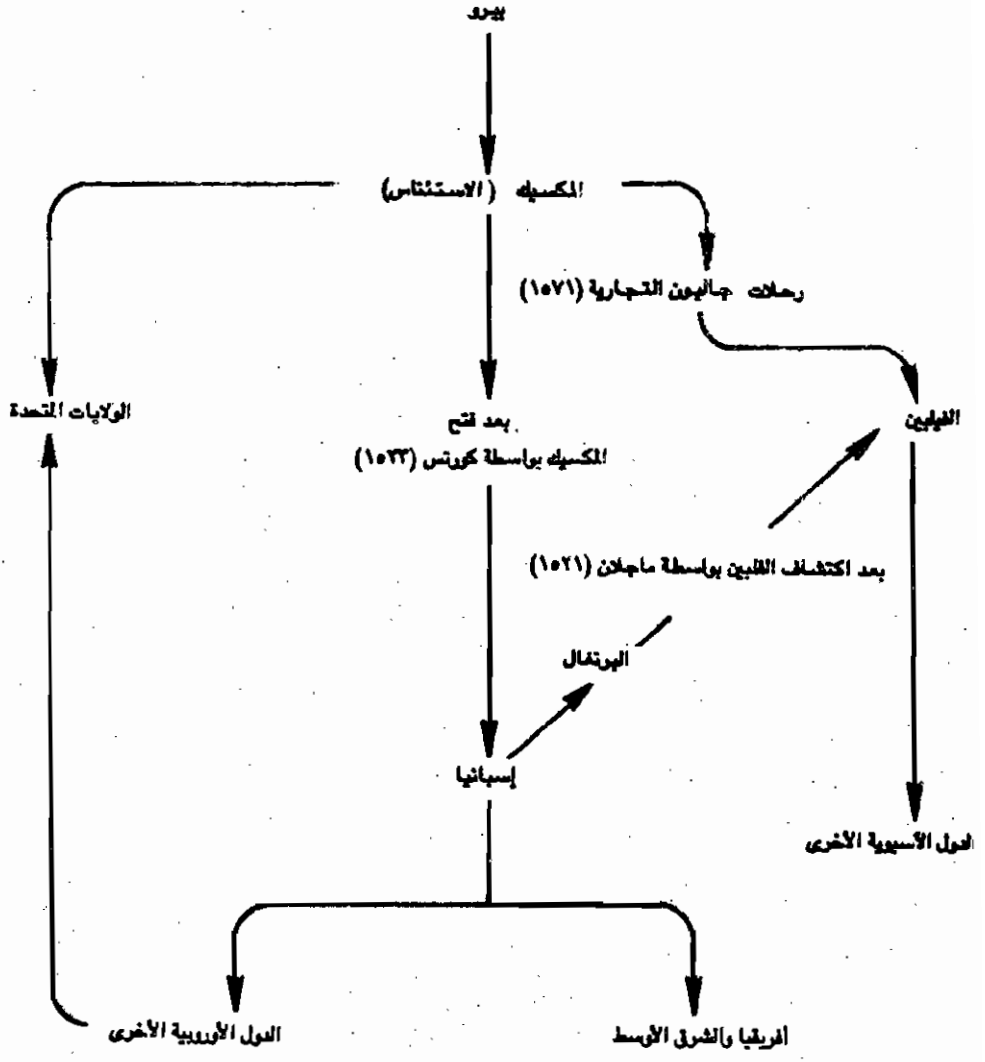
التكاثر

تتميز الطماطم بأنها تتكاثر جنسياً مع سهولة إكثارها خضرياً . فالنبات الواحد الكامل النمو يمكنه إنتاج من ١٠ ٠٠٠ إلى ٢٥ ٠٠٠ بذرة . ولا يخفى ما لذلك من أهمية كبيرة للمربى ، سواء فيما يتعلق بزيادة فرص الحصول على الانعزالات الوراثية المرغوبة - خاصة بالنسبة للصفات الكمية - أم بالنسبة لسرعة إكثار السلالات الجديدة . كما تتكاثر الطماطم بسهولة بالعقل الساقية ، وبالتطعيم ، وبمزارع المتوك وحبوب اللقاح .

فتُجّذر العقل الساقية بسهولة كبيرة ؛ مما يسهل من سرعة إكثار التراكيب الوراثية المرغوبة ، ويجعل من الممكن إكثار التراكيب الوراثية العقيمة ؛ مثل النباتات العقيمة الذكر ، وبعض الهجن النوعية ، وغيرهما ، وكذلك إكثار النباتات التى يلزم الاستعانة بمجموعها الجذرى فى دراسات خاصة ؛ مثل تقدير الألوزيمات allozymes . أما التكاثر بالتطعيم فهو سهل وميسور ، ويفيد من جهة فى مكافحة آفات التربة بتطعيم الأصناف المرغوبة القابلة للإصابة على سلالات أو أنواع برية مقاومة ، كما يفيد - من جهة أخرى - فى دراسة مواضع إنتاج مواد نباتية معينة ، ومسارات تحركها فى النبات .

كذلك أمكن الاستفادة من التطعيم فى إنتاج الهجن النوعية . فمثلاً .. أمكن إنتاج كيميرا Chimera كان نسيجها الداخلى - المسئول عن تكوين الجاميطات - من النوع L. peruvianum ، والنسيج الخارجى من L. esculentum ، الأمر الذى جعلها تكتسب خاصية التوافق Compatibility المرغوبة التى توجد فى النوع الثانى ، وأفقدها خاصية عدم التوافق incompatibility غير المرغوبة التى توجد فى النوع الأول .

كما يفيد التطعيم - أحياناً - فى التغلب على حالة عدم التوافق الوراثى التى قد توجد



شكل (١-١) : مسارات انتشار الطماطم من موطنها الأصلى فى بيرو إلى مختلف بقاع العالم منذ القرن السادس عشر (Esquinas - Alcazar 1981) .

بين الطعم والأصل ؛ فيصبح بالإمكان تهجين نوع الطعم بحبوب لقاح من النوع المستخدم كأصل . أما الإكثار بواسطة مزارع المتوك وحبوب اللقاح فقد تقدم كثيراً ؛ وبهذا أصبح فى الإمكان إنتاج نباتات أحادية بسهولة ، وهى التى يمكن الاستفادة منها فى إنتاج السلالات النقية pure lines ، وفى الدراسات الوراثية .

السيتولوجى ووراثة الصفات

عدد الكروموسومات

تتشابه جميع الأنواع التى تتبع الجنس Lycopersicon – بما فى ذلك الطماطم – فى كونها ثنائية التضاعف ، وفى احتوائها على ١٢ زوجاً من الكروموسومات التى تتميز بسهولة عن بعضها البعض فى الدور الضام بالطول النسبى للأذرع الكروموسومية ، وتوزيع الكروماتين الخامل heterochromatin والكروماتين الفعّال euchromatin ، وعلامات سيتولوجية أخرى . وتتشابه كروموسومات الأنواع المختلفة مورفولوجيًا ، وتعتبر كروموسومات متناظرة homologus .

ويستدل من ذلك على أن نشأة الأنواع المختلفة التابعة للجنس Lycopersicom كانت بطريق الطفرات وليس بطريق التمايز الكروموسومى (Robinson ١٩٧٤ ، و Rick ١٩٧٦).

عدد الطفرات

كان عدد الطفرات المعروفة فى الطماطم ٩ طفرات فقط فى عام ١٩١٧ ، وارتفع الرقم إلى ٢٠ طفرة فى عام ١٩٣١ ، ثم إلى ٤٩ طفرة فى عام ١٩٤٧ ، و ١١٨ فى عام ١٩٥٦ ، و ٦٩٠ فى عام ١٩٦٧ ، ونحو ٨٠٠ طفرة فى عام ١٩٧٥ ، وحوالى ١٢٠٠ طفرة فى عام ١٩٨٦ . يتبين من هذه الأرقام الزيادة الكبيرة التى تطرأ سنوياً على عدد الجينات المعروفة في الطماطم . ومن بين هذه الطفرات .. أُحدثت نحو ٣٠٠ طفرة بواسطة المعاملة بأشعة X، وأدخلت نحو ٢٠٠ طفرة من النوع القريب L. pimpinellifolium ، واستحدثت طفرات أخرى كثيرة بالمعاملة بأشعة جاما أو بالنيترونات السريعة ، إضافة إلى عديد من الطفرات التى نتجت من المعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة ؛ مثل الـ ethylene imine ، والـ ethyl methansulfonate ، والـ diepoxybutane ، والـ acridine orange . هذا .. ولا يتضمن

الحصر المذكور آنفاً لجينات الطماطم عديداً من الجينات الأخرى التى تتحكم فى الصفات الكمية .

أمثلة للطفرات الاقتصادية

من بين الطفرات البسيطة الهامة التى أمكن التعرف عليها فى الطماطم مايلى :

١ – الجين (self pruning) الذى يتحكم فى النمو المحدود ، والذى ربما كان أهم الطفرات التى أمكن التعرف عليها فى الطماطم . اكتشف هذا الجين عام ١٩١٤ كطفرة طبيعية فى ولاية فلوريدا الأمريكية ، ونقل إلى الأصناف الجديدة المحسنة منذ الأربعينيات ، ويعد حالياً أكثر الجينات انتشاراً – فى جميع أصناف الطماطم التى تزرع فى الحقول المكشوفة من أى جين طفرى آخر .

٢ – جين النضج الأخضر المتجانس ug (uniform green) الذى تختفى معه الأكتاف الخضراء القاتمة اللون فى الثمار الخضراء الناضجة ، أو غير الناضجة ، ويحل محلها لون أخضر متجانس .

٣ – جين عدم وجود المفصل فى عنق الثمرة j أو j -2 (jointless pedicel) ، وهو المسئول عن عدم بقاء جزء من العنق متصلاً بالثمرة بعد الحصاد ، وتبقى – بالتالى – بحالة جيدة فى العبوات أثناء التداول . أما الأصناف العادية .. فتشاهد فيها أعناق الثمار ، وقد اخترقت الثمار المجاورة لها فى العبوات ؛ مما يؤدى إلى تلفها فى الغالب .

٤ – نحو ٥٠ جيناً مختلفاً لصفة العقم الذكرى ، يكفى أى منها لجعل النبات عقيم الذكر .

٥ – عدد من الجينات التى تتحكم فى مكونات الطعم فى الثمرة .

٦ – عديد من الجينات التى تتحكم فى المقاومة لكثير من الأمراض . وتعتبر الطماطم من المحاصيل الهامة التى تكثر بها الأصناف المتعددة المقاومة للأمراض ، والتى تصل إلى خمسة أمراض فى بعض الأصناف الثابتة وراثياً ، وإلى ١٠ –١٢ مرضاً فى بعض الهجن .

ويشتمل جدول (١–١) على قائمة بعدد من جينات الطماطم الهامة ، التى استخدمت فى

برامج التربية لإنتاج أصناف محسنة ، وأمثلة للأصناف التى توجد بها الجينات .

جدول (١-١) : أمثلة لبعض جينات الطماطم التى استخدمت فى برامج التربية لإنتاج أصناف محسنة (عن Tigchelaar ١٩٨٦) .

اسم الجين	رمز الجين	أمثلة للأصناف التى يوجد بها الجين
	طبيعة النمو	
النمو المحدود (التقليم الذاتى) self pruinig	sp	UC 82 , Cal Ace
النمو المتقزم dwarf	d	Epoch , Tiny Tim
ورقة البطاطس potato leaf	c	Geneva 11
العنق عديم المفصل jointless pedicel	j - 1	Penn Red
	j - 2	عدة أصناف
	المقاومة للآفات	
تلطخ الأوراق leaf mold	Cf - 1	Sterling Castle
	Cf - 2	Vetamold
	Cf - 3	V121
	Cf - 4	Purdue 135
المناعة لذبول الفيوزارى fusari- um wilt		
السلالة ١	I - 1	Pan American
السلالة ٢	I - 2	Walter
المقاومة للذبول فيرتيسيليم ver- ticllium wilt	Ve	VR Moscow
المقاومة لتبقع الأوراق السبتورى septoria leaf spot		Targinnie Red
المقاومة للندوة المتأخرة late blight	Ph - 1	New Yorker
المقاومة للندوة المبكرة early blight	Ad	Southland
المقاومة لتبقع الأوراق الرمادى gray leaf spot	Sm	Tecmseh, Chio III
المقاومة لفيرس تبرقش الدخان to- bacco mosaic	Tm, Tm -2 Tm -2^2	عدة أصناف
المقاومة لفيرس التفاف القمة curly top	؟	C5, Columbia
المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور	Mi	Rossoll, VFN Bush

تابع جدول (١-١) .

اسم الجين	رمز الجين	أمثلة للأصناف التى يوجد بها الجين
	صفات الثمار	
النضج المنتظم uniform ripening	u	Heinz 1350
الصبغة العالية high pigment	hp	Redbush
التخطيط الأخضر green stripe	gs	Tigerella
صبغة البيتا كاروتين العالية high beta	B	Caro - Rich
اللون القرمزى old gold crimson	ogc	Vermillion
الكاروتين المنخفض low total carotene	r	Snowball
اللون البرتقالى المحمر tangerine	t	Sunray, Jubilee
الجلد الشفاف colorless peel	y	Traveller
عدم النضج nonripening	nor^A	Long Keeper
العقم الذكرى	جينات كثيرة	
العقد البكرى parthenocarpy	pat -2	Severianin

ولقد حدث تقدم كبير فى تربية الطماطم – وغيرها من المحاصيل الزراعية – بفضل اكتشاف وجود ارتباطات قوية بين بعض الجينات التى تتحكم فى صفات هامة ، وبين أليلات تتحكم فى إنتاج إنزيمات معينة allozyme markers ، ومن أمثلة ذلك مايلى :

١ – الارتباط بين الألوزيم Aps -1 ، و الجين Mi الذى يتحكم في المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور .

٢ – الارتباط بين الألوزيم Prx -2 ، و ms-10 وهو أحد الجينات الجيدة لصفة العقم الذكرى .

ويمكن استعمال أى نسيج من أى عضو نباتى (مثل البذور ، أو الأوراق الفلقية ، أو الأوراق الحقيقية الأولى ... إلخ) فى الكشف عن الإنزيم المرتبط بالجين المرغوب دونما حاجة إلى تنمية النبات إلى عمر معين ، أو تحت ظروف معينة ، أو إجراء اختبارات خاصة لإظهار الصفة المرغوب فيها . ويعرف – حالياً – أكثر من ٣٠ جينا لعشرة إنزيمات ،

يكشف عنها بسهولة بطريقة الفصل الكهربائى Starch -gel electrophoresis .

امثلة للطفرات غير العادية

من بين الطفرات الغريبة والعجيبة فى الطماطم مايلى : -

١ – طفرة النمو الخضرى الصوفى Wo (Wooly foliage) .

٢ – طفرة النمو الورقى الملتف Cu (Curl) .

٣ – الطفرتان at ، و r اللتان تعطيان ثماراً صفراء اللون .

٤ – الطفرة y التى تنتج ثماراً وردية اللون .

٥ – الطفرتان r ، و y اللتان تنتجان – عند تواجدهما معاً – ثماراً بيضاء اللون .

٦ – الطفرة t التى تنتج ثماراً ذات لون برتقالى محمر (tangerine) .

٧ – الطفرة B التى تنتج ثماراً برتقالية اللون .

٨ – الطفرة d الخاصة بالنمو المتقزم dwarf التى تستخدم للزراعة فى أصص الزينة.

٩ – الطفرة gh (ghost أو الشبح) : تنبت بذور النباتات الأصيلة فى الطفرة (ghgh) ، لتنتج بادرات ذات أوراق فلقية طبيعية أو مصفرة قليلاً ، إلا أن الورقة الحقيقية الأولى تبدو باللونين الأخضر العادى والأبيض ، ثم تكون الأوراق التالية طبيعية أو مبرقشة كذلك باللونين الأخضر والأبيض (Rick ١٩٨٦) .

وقد عثر المؤلف عام ١٩٨٨ على طفرة ظهرت ككيميرا فى أحد نباتات سلالة الطماطم P.I.433198 ، وبدت فيها جميع الأجزاء النباتية بيضاء اللون ؛ نظراً لأن الأجزاء المطفرة كانت مغطاة بشعيرات كثيفة بيضاء . وقد انتشرت هذه الشعيرات على السيقان ، والأوراق ، وسبلات الأزهار ، والثمار (شكل ١-٢ ؛ يوجد فى آخر الكتاب) . هذا .. إلا أن البذور التى حصل عليها من الثمار الحاملة للطفرة أعطت نباتات طبيعية ؛ مما يدل على أنها كانت كيميرا محيطية .

قوائم الجينات والخريطة الكروموسومية

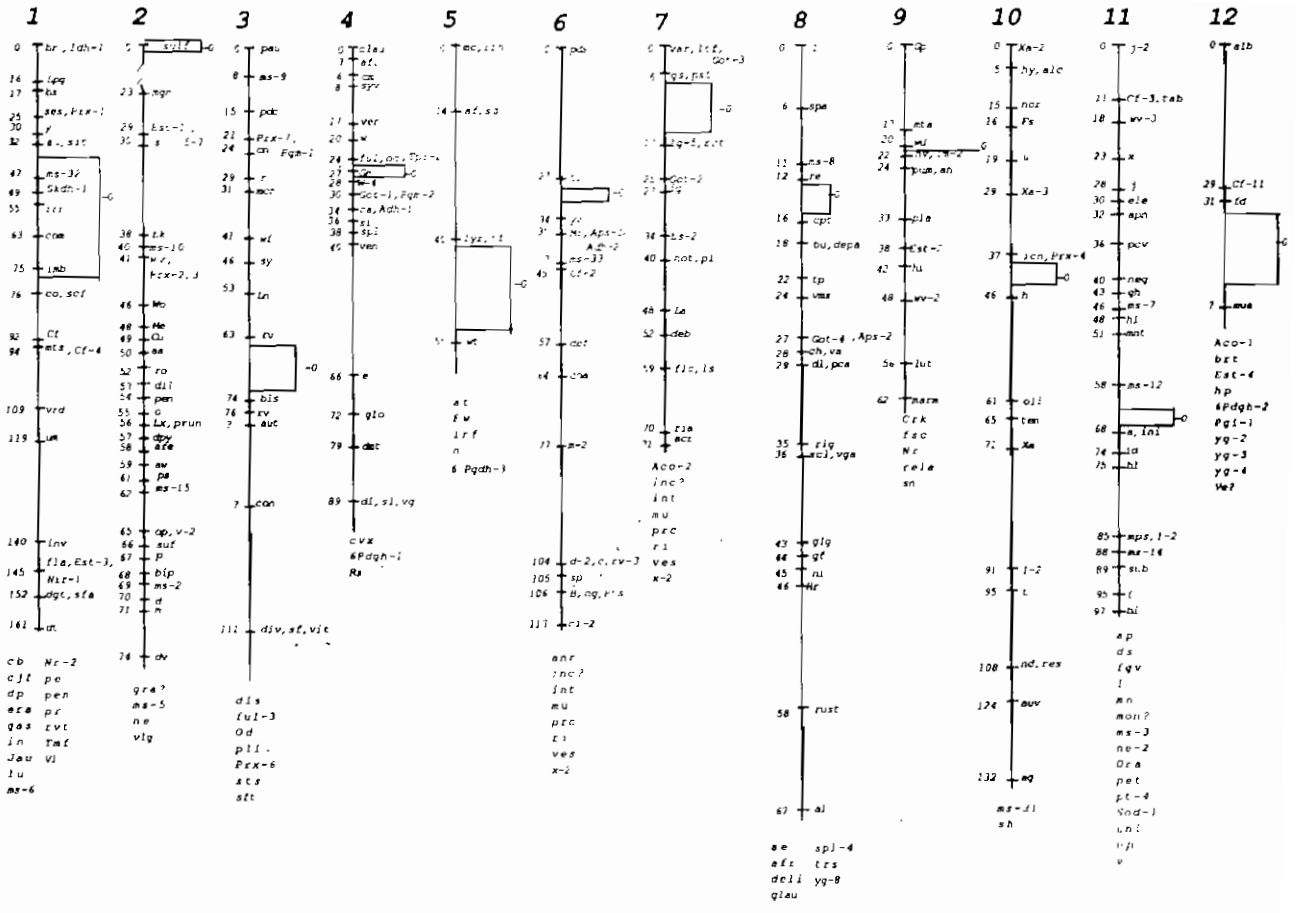
تهتم تعاونية وراثة الطماطم Tomato Genetics Cooperative بنشر قوائم كاملة بالجينات المعروفة التى تتحكم فى الصفات النوعية فى الطماطم ، والتى كان آخرها فى عام

١٩٨٧ (Mutschler وآخرون ١٩٨٧) .

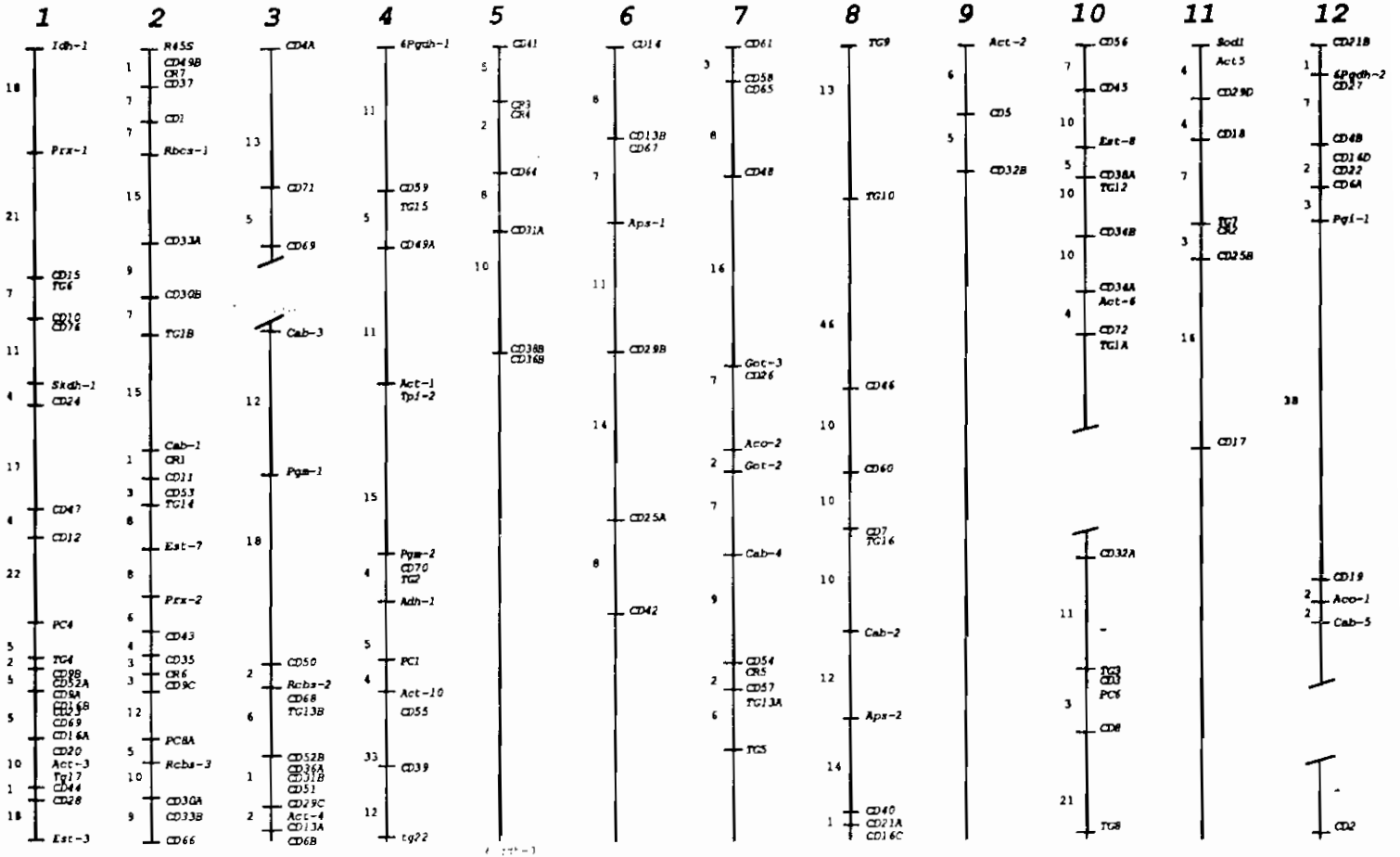
وكان قد نشر قبلها قوائم أخرى عديدة كتلك التى أعدها RicK (١٩٧٤أ) ، و Stevens & Rick (١٩٨٦) . كما يهتم المشتغلون بتربية ووراثة الطماطم كذلك بإعداد خرائط كروموسومية كاملة بمواقع جميع الجينات المدروسة ؛ كتلك المبينة فى شكل (١-٣) . وتظهر بالشكل جميع الجينات التى أمكن تحديد مواقعها فى أماكنها المحددة على الكروموسومات . كما تظهر بالشكل كذلك الجينات التى أمكن تحديد الكروموسومات الحاملة لها دون أن تحدد مواقعها عليها . وقد وضحت أسفل كل كروموسوم . أما مواقع السنتروميترات ..فقد حددت بالرمز O- وتعتبر هذه الخريطة شاملة لنتائج جميع الدراسات التى أجريت فى هذا المجال حتى أول يناير ١٩٨٧ ، وتعرف بـ " الخريطة الكلاسيكية " ؛ تمييزا لها عن الخريطة الجزيئية .

أما الخريطة الجزيئية Molecular Map ، أو ما يسمى بالـ RFLP Map .. فهى تحضر على أساس الاختلافات الآليلية التى توجد لأطوال الأجزاء المقيدة المتعددة الأشكال (Restriction Fragment Length Polymorphisms) لبعض المواقع الجينية التى يمكن تعرفها بواسطة تقنيات تهجين الـ دى إن أى DNA . وتعطى Martha وآخرون (١٩٨٧) تفاصيل هذه الخريطة الجزيئية فى الطماطم (شكل ١-٣ب) . وتعد هذه النوعية من الخرائط - حالياً - أداة رئيسية لتحديد المواقع الكروموسومية الخاصة بالجينات التى تكون مسئولة عن تصنيع بروتينات معينة (إنزيمات متشابهة isozymes) يمكن فصلها بأجهزة الفصل الكهربائى electrophoresis ، ثم تعرفها بصبغات خاصة لتحديد وجود آليلات معينة أو غيابها .

وقد أفادت دراسات الإنزيمات المتشابهة بالفعل - فى الدراسات الوراثية وبرامج التربية لعدة محاصيل . وبالنسبة للطماطم .. وضعت بالفعل خريطة للارتباطات الأيزو إنزيمية ، تشتمل على ٤١ جينا مسئولاً عن ١٥ تفاعلا إنزيمياً مختلفاً . وقد رصدت - بالفعل - الكروموسومات الخاصة بستة وثلاثين جيناً منها . وقد أفادت هذه النوعية من الدراسات فى



شكل (١-١٢) : الخريطة الكروموسومية الكلاسيكية للطماطم (عن Mutschler وآخرين (١٩٨٧).



شكل (١-٣ ب) : الخريطة الكروموسومية الجزيئية للطماطم .

١ – تعليم الجينات الهامة اقتصادياً ؛ بما فى ذلك الجينات المسئولة عن الصفات الكمية، التى يحصل عليها من الأنواع البرية للجنس Lycopersicon .

٢ – التأكد من النقاوة الوراثية للبذرة الهجين .

٣ – تعرف الهجن الجسمية (عن Hille وآخرين ١٩٨٩) .

حالات التباين الكروموسومى

استخدمت أنواع كثيرة من حالات التعدد الكروموسومى غير التام aneuploids فى تحديد المواقع الكروموسومية لجينات الطماطم ، وكانت السلالات الثلاثية الكروموسوم trisomics أكثرها استخداماً فى هذا الشأن . وتتوفر حالياً مجموعة كاملة من السلالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى primary trisomics ؛ أي يتوفر ١٢ سلالة ، يوجد بكل منها كروموسوم واحد زائد من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر . وقد عُرِّفت هذه السلالات سيتولوجيا ، ووراثياً ، ومورفولوجيا ، وذكرت Mutschler وآخرون (١٩٨٧) وصفا موروفولوجيا كاملاً لكل منها .

وتتوفر – إلى جانب السلالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى – تحورات أخرى من النباتات الثلاثية الكروموسوم ؛ منها الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثانية secondary ، والثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة tertiary trisomics . أما النباتات الأحادية فهى نادرة فى الطماطم . وعلى العكس من ذلك فإن النباتات الثلاثية الذاتية autotriploids تعد شائعة ، وتظهر تلقائياً كطفرات غير مثمرة فى الحقول التجارية . كما تظهر النباتات الرباعية الذاتية autotetraploids تلقائيا بنسبة أقل ، ولكنها تنتج – بسهولة – بالمعاملة بالكولشيسين ، ويعيبها ضعف إنبات بذورها ، وبطء نموها ، وارتفاع نسبة العقم بها .

وتؤكد جميع الدراسات السيتولوجية على الطبيعة الثنائية التضاعف diploidy لنبات الطماطم ، فهو لا يتحمل كثيراً من عدم التوازن الكروموسومى . فعلى سبيل المثال .. يؤدى وجود كروموسوم واحد زائد إلى تغيرات مورفولوجية كبيرة ، ونقص متنوع – حسب الكروموسوم الزائد – فى قوة النمو والخصوبة . أما وجود كروموسومين زائدين فإنه يعيق تطور النبات . ويعد وجود ثلاثة كروموسومات زائدة هو الحد الأقصى الذى يمكن لنبات

الطماطم تحمله ، ولايكون ذلك ممكناً إلا بالنسبة لبعض الكروموسومات الصغيرة من الهيئه الكروموسومية للطماطم . ولا يتحمل نبات الطماطم نقص كروموسوم كامل إلا بالنسبة لثلاثة من الكروموسومات الصغيرة . هذا .. ويحدث أى نقص فى الكروماتين الفعال تأثيراً سيئاً على عملية تكوين الجاميطات المذكرة والمؤنثة على حد سواء (Stevens & Rick ١٩٨٦) . هذا .. ويعد Kaloo (٩٨٦) من المصادر الهامة ، التى يمكن الرجوع إليها بخصوص التفاصيل الدقيقة لسيتولوجى الطماطم ، وحالات التباين الكروموسومى التى توجد بها .

وراثة الصفات الفسيولوجية

حظيت الطماطم بدراسات عديدة فى مجال الوراثة الفسيولوجية ، وأمكن التعرف على عديد من الجينات التى تتحكم فى صفات فسيولوجية معينة ، منها – على سبيل المثال – مايلى :

١ – الجين Del ذو السيادة غير التامة : يتحكم هذا الجين فى إنتاج كميات كبيرة من الدلتا – كاروتين delta - carotene على حساب بقية الصبغات الكاروتينية التى تتكون طبيعياً فى النباتات العادية ؛ ويعنى ذلك أن كاروتينات الطماطم يتم تمثيلها – كل على انفراد – من مادة أولية مشتركة بينها Common Precursor .

٢ – تبين أن المركبات الرئيسية المسئولة عن النكهة والطعم المميزين فى الطماطم – وهى : 2- isobutylthiazole ، و methylsalicylate ، و eugenol ، وcitrate ، و malate يتحكم فى كل منها جين واحد .

٣ – أظهرت النباتات الحاملة للجين btl نقصاً واضحاً فى البورون بالنموات الخضرية . وقد تبين من دراسات التطعيم أن الطفرة تمتص البورون بصورة طبيعية ، إلا أنها قليلة الكفاءة فى نقل البورون الممتص من الجذور إلى بقية أجزاء النبات . كما اكتشفت طفرة مماثلة (fer) بالنسبة لعنصر الحديد .

٤ – ظهرت كذلك طفرات ذابلة wilty mutants فى الطماطم أعطيت الرموز flc ، و not ، و sit . وقد أوضحت الدراسات الفسيولوجية أن ذبولها يرجع إلى سلوك غير طبيعى للثغور . كما تبين كذلك أن جذور الطفرات الثلاث تقاوم حركة الماء بها ، وأنها تعانى حالة

عدم توازن هرمونى ؛ حيث وجد أن بها نقصاً واضحاً فى حامض الأبسيسيك abscisic acid . وقد أدت معاملتها بحامض الأبسيسيك إلي رجوعها إلى الحالة الطبيعية ، فيما يتعلق بالذبول، وحالة الثغور والجنور.كما وجد أن حالة الذبول فى -النباتات الحاملة لطفرتين مجمعتين من هذه الطفرات الثلاث - كانت أشد مما فى النباتات الحاملة لطفرة واحدة .

٥ - تبين أن نباتات الطماطم الطبيعية تنتج صبغة الأنثوسيانين المسماة بيتانين Petanin . وقد اكتشفت ثلاثة جينات غير آليلية ، هى ag ، و al ، و Pn تسمح بتمثيل الأنثوسيانين ، ولكنها تنظم ذلك زمنياً خلال مختلف مراحل النمو النباتى . ويمثل الأنثوسيانين خلال المراحل الوسطية فى التراكيب af ، و ah ، و aw ، و bls . كما اكتشفت طفرتان أخريان تتحكمان فى تركيب الصبغة الأنثوسيانينية ، هما : a وفيها الأجليكون aglycone عبارة عن بيونيدن Peonidin ، و ai التى توجد فيها الصبغة في صورة بتيونيدين Petunidin .

٦ - تعانى الطفرة dgt من الاستجابة غير الطبيعية للجاذبية الأرضية فى كل السيقان والجنور .

وأوضحت دراسات التطعيم أن سبب هذه الظاهرة يوجد فى النموات الخضرية ، وقد وجد أن هذه الطفرة تستجيب للمستويات المنخفضة من الإيثيلين ؛ مما يدل على أن نموها غير الطبيعى يرجع إلى خلل في تمثيل الأوكسين والإيثيلين .

٧ - ظهرت طفرة عقم ذكرى غير منتظمة فى ظاهرة العقم variable male sterile (vms) . تزهر الطفرة بصورة طبيعية فى الجو البارد ، بينما تكون عقيمة فى درجة حرارة ٣٠ -٣٢° م . وقد تبين أن مرحلة النمو الحساسة للحرارة المرتفعة هى قبل الانقسام الميوزى فى المتوك بنحو ١٠ أيام .

٨ - وجدت طفرة (La) أظهرت تأثيرات متنوعة على النمو الخضرى للنباتات الحاملة لها؛ فالتركيب الوراثى Lala كان طبيعيا ، بينما ظهرت النباتات الحاملة للتركيب الوراثى LaLa بثلاثة أشكال مورفولوجية حتى فى أفراد السلالة النقية الواحدة ؛ والأشكال هى : نباتات خالية تماماً من الأوراق ، وأخرى ينتهى نموها بتكوين ورقة فلقية واحدة ، وثالثة تستمر فى

النمو ولكنها لاتزهر . وتبين أن نسب هذه الأشكال المظهرية فى النباتات ذات التركيب الوراثى La La تختلف باختلاف عمر البذور المستخدمة فى الزراعة .

٩ – وجدت طفرة لا يمكنها تمثيل الحامض الأمينى ثيامين thiamine ، ويلزم تزويدها به، وقد أخذت الرمز (tl) كما وجدت طفرة أخرى هى spa ، و ten بها نقص غير كامل فى الثيامين ، وكانت تعانى الطفرة الأولى منهما (spa) من نقص آخر فى البريميدين Pyrimi-dine .

١٠ – ظهرت طفرة طماطم ذات احتياجات عادية جدا من البوتاسيوم تصل إلي ١٠٠ – ٢٠٠ ضعف التركيز الطبيعى للتغذية بالبوتاسيوم فى النباتات العادية ؛ حتى لا تظهر عليها أعراض نقص العنصر ؛ علماً بأن محتوى نباتات هذه الطفرة من العنصر عادى ، وهو ما يدل على أن أعراض نقص العنصر بها لا ترجع إلى ضعف فى قدرتها على امتصاصه أو نقله فى النبات . ويُظهر ذلك خطأ الاعتماد على تحليل النموات الخضرية فى تقدير نقص العناصر (عن Rick ١٩٨٦) .

جيرمبلازم الطماطم ومصادر الصفات

تنشر تعاونية وراثة الطماطم بصورة دورية قوائم كاملة بما يتوفر لديها ولدى وزارة الزراعة الأمريكية من سلالات وأصناف ، وقوائم أخرى بالسلالات التى يتوفر بها طفرات معينة . فوزارة الزراعة الأمريكية – ممثلة فى محطة إدخال النباتات الإقليمية في الشمال الشرقى NE Regional Plant Introduction Station فى جينيفا Geneva بولاية نيويورك – تحافظ على مجموعة الطماطم العالمية التى تربو على الخمسة آلاف صنف وسلالة من مختلف أنواع الجنس Lycopersicon ، جمعت من جميع أنحاء العالم وأعطيت أرقاما تعرف بأرقام المدخلات النباتية Plant Introduction Numbers .

وتحتفظ تعاونية وراثة الطماطم بأكثر من ١٠٠٠ مدخل من الطماطم وجميع الأنواع الأخرى التابعة للجنس Lycopersicon جمعت أساساً من موطن الطماطم فى أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية ، وأعطيت أرقاماً تعرف بأرقام مداخل الجنس ليكوبرسكن Lycopersircon Accessions ، وتكثر هذه السلالات فى قسم الخضر بجامعة

كاليفورنيا بديفز . وقد نشرت آخر قائمة لهذه السلالات فى التقرير التاسع والثلاثين لعام ١٩٨٩ لتعاونية وراثة الطماطم . وكان قد سبقها فى عام ١٩٨٨ (التقرير رقم ٣٨) نشر قائمة بـ ٧٦٨ مدخلاً ، مقسمة حسب الصفات المميزة التى توجد بكل منها ، مثل : مصادر التباين الإنزيمى allazymic variants ، والتباين السيتوبلازمى Cytoplasmic variants ، والمعلمات الكروموسومية Chromosome markers ، ومختلف الطفرات ، ومختبرات الارتباط linkage testers ، والانتقالات translocations ، ومصادر القدرة على تحمل مختلف الظروف البيئية القاسية ، والسلالات المتضاعفة ذاتياً ، والثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى ... إلخ .

كما اشتمل العدد السابع والثلاثون لعام ١٩٨٧ لتعاونية وراثة الطماطم على قائمة مرتبة أبجدياً بمصادر ٧٢٠ طفرة من الطفرات المدروسة فى الطماطم والأنواع البرية القريبة منها ، ومقسمة فى الوقت ذاته إلى ٢٦ طرازاً طفرياً . وإلى جانب ذلك .. فإن المركز الأسيوى لبحوث وتطوير الخضر Asian Vegetable Research and Development Center يحتفظ بأكثر من ٥٠٠٠ صنف وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة .. إلا أن نسبة كبيرة منها تعد تكراراً لتلك التى تحتفظ بها وزارة الزراعة الأمريكية .

وتوجد مجموعات أخرى من جيرمبلازم الطماطم تضم عدة آلاف من الأصناف والسلالات التى تكثرها وتحتفظ بها هيئات أو مؤسسات خاصة أو حكومية فى مختلف بقاع العالم (الولايات المتحدة ، واليابان ، وألمانيا ، وبيرو ، وكوبا ، وهولندا ، والاتحاد السوفيتى سابقا ، والمجر ، والأرجنتين ، وغانا ، وأستراليا ، وكندا) .

ولمزيد من التفاصيل عن طبيعة مجموعات جيرمبلازم الطماطم وعناوينها .. يراجع Esquinas - Alcazar (١٩٨١) .

الانواع التابعة للجنس ليكوبرسكن

التقسيم العام للجنس ليكوبرسكن

كان C . H . Muller أول من قدم دراسة مفصلة عن تقسيم الجنس Lycopersicom وذلك فى عام ١٩٤٠ . وتبعاً لذلك التقسيم .. فإن الجنس Lycopersicon يتضمن تحت

جنسين two subgenera ، هما: Eulycopersicon ، و Ericopersicon ، وقد ذكر Muller تحتهما ٦ أنواع ، و ٦ تقسيمات تحت نوعية (جدول ١-٢) وتلا ذلك - مباشرة - تقسيم L . C . Luckwill في عام ١٩٤٣ ، الذى اتبع التقسيم العام للجنس Lycopersicon إلى تحت جنسين ، ولكنه ذكر تحتهما ٧ أنواع ، و ١٧ تقسيماً تحت نوعى (جدول ١-٣) . وقد اشتمل تقسيم Luckwill على ٨ تحت أنواع للطماطم L.esculentum ، ظلت سائدة لفترة طويلة .

وقد اعتمد كلا التقسيمين السابقين للجنس Lycopersicon على اشتمال تحت الجنس Eulycopersicon على الأنواع ذات الثمار الملساء الحمراء ، واشتمال تحت الجنس Ericopersicon على الأنواع ذات الثمار الوردية الخضراء ، أو البيضاء ، أو المصفرة اللون . ونظرا لسطحية هذه الصفات التى اتخذت أساساً للتقسيم .. فإن هذين تحت الجنسين لم يعودا مستخدمين . واعتماداً على الكم الهائل من المعلومات التى تجمعت عن الجنس Lycopersicon منذ الأربعينيات .. فإنه يقسم حالياً إلى ٩ أنواع (منها ٨ برية ، وواحد برى ومنزرع) تتضمن ١٠ تقسيمات تحت نوعية تشتمل ٦ أصناف نباتية (منها ٣ تمثل طرزاً نوعية type species) ، و ٤ طرز Forms (منها اثنان يمثلان طرزاً نوعية) (جدول ١-٤) . ويتجه أغلب الباحثين إلي تقسيم هذه الأنواع التسعة إلى مجموعتين مركبتين two complexes ، تتضمن إحداهما الأنواع : L . esculentum ، و L . hirsutum ، و L. pimpinellifolium ، و L. chmielewskii ، و L. parviflorum ، و L. pennellii ، و L. cheesmanii ؛ وتتضمن الأخرى النوعين : L . peruvianum ، و L. chilense . وبالرغم من أن هذا التقسيم إلى مجموعتين مركبتين لا يعتد به من الوجهة التقسيمية .. إلا أنه يفيد في تجنب استعمال التقسيم السابق للجنس إلى تحت جنسين (Warnock ١٩٨٨) .

وقد ذكر فى أوقات سابقة أنواع أخرى ضمن الجنس Lycopersicon ، منها : L. humbodltii الذى يشبه الطماطم المزروعة (عن Hedrick ١٩١٩) ، و L. minutum (عن Hogenboom ١٩٧٢) .. إلا أنه لا يؤخذ بها حالياً .

جدول (١-٢) : تقسيم Muller للجنس Lycopersicon (نشر فى عام ١٩٤٠) .

النوع	سنة إعطاء الاسم
Lycopersicon Miller	١٧٥٤
Eulycopersicon Muller	
L. esculentum Mill.	١٧٦٨
L. esculentum f. *pyriforme* (Dun.) Mull.	١٩٤٠
L. esculentum var. *cerasiforme* (Dun.) Gray	١٨٨٦
L. pimpinellifolium (Jusl.) Mill.	١٧٦٨
Eriopersicon Muller	
L. peruvianum (L.) Mill.	١٧٦٨
L. peruvianum var. *dentatum* Dun.	١٨٥٢
L. peruvianum var. *humifusum* Mull.	١٩٤٠
L. cheesmanii Riley	١٩٢٥
L. cheesmanii f. *minor* (Hook. f.) Mull.	١٩٤٠
L. hirsutum Humb. and Bonpl.	١٨١٦
L. hirsutum f. *glabratum* Mull.	١٩٤٠
L. glandulosum Mull.	١٩٤٠

جدول (١-٣) : تقسيم Luckwill للجنس Lycopersicon (نشر فى عام ١٩٤٣) .

النوع	سنة إعطاء الاسم
Lycopersicon Miller	١٧٥٤
Eulycopersicon Mull.	
L. esculentum Mill. sub - sp. *typicus*	١٧٦٨
L. esculentum sub - sp. *typicus* var. *commune* Bailey	
L. esculentum sub - sp. *typicus* var. *grandifolium* Bailey	
L. esculentum sub - sp. *typicus* var. *validum* Bailey	
L. esculentum sub - sp. *typicus* var. *pyriforme* Alef.	
L. esculentum sub - sp. *galeni* (Mill.) Luck.	١٩٤٣
L. esculentum sub - sp. *humboldtii* (Dun.) Luck.	١٩٤٣
L. esculentum sub - sp. *intermedium* Luck.	١٩٤٣
L. pimpinellifolium Mill.	
Eriopersicon Mull.	
L. peruvianum Mill. sub - sp. *typicus*	١٧٦٨
L. peruvianum sub - sp. *typicus* var. *regulare* (Dun.) Luck.	١٩٤٣
L. peruvianum sub - sp. *commutatum* Walp.	١٨٩٤
L. peruvianum sub - sp. *puberulum* (Phil.) Luck.	١٩٤٣
L. peruvianum sub - sp. *dentatum* (Dun.) Luck.	١٩٤٣
L. pissisi Phil.	١٨٦١
L. cheesmanii Riley sub - sp. *typicus*	١٩٢٥
L. cheesmanii sub - sp. *minor* (Hook.) Mull.	١٩٤٠
L. hirsutum Humb. and Bonpl.	١٨١٦
L. hirsutum var. *agrimoniaefolium* (Dun.) Luck.	١٩٤٣
L. hirsutum var. *glabratum* Mull.	١٩٤٠
L. glandulosum Mull.	١٩٤٠

جدول (١-٤) : التقسيم الحالى للجنس Lycopersicon .

النوع	سنة إعطاء الاسم
Lycopersicon Miller	١٧٥٤
L. esculentum Mill.	١٧٦٨
L. esculentum mill. var. *esculentum*	
L. esculentum var. *cerasiforme* (Dun.) Gray	١٨٨٦
L. pimpinellifolium (Jusl.) Mill.	١٧٦٨
L. cheesmanii Riley	١٩٢٥
L. cheesmanii Riley f. *cheesmanii*	
L. cheesmanii f. *minor* (Hook. f.) Mull.	١٩٤٠
L hirsutum Humb. & Bonpl.	١٨١٦
L. hirsutum Humb. & Bonpl. f. *hirsutum*	
L. hirsutum f. *glabratum* Mull.	١٩٤٠
L. pennellii (Corr.) D'Arcy	١٩٨١
L. pennellii (Corr.) D'Arcy var. *pennellii*	
L. pennellii var. *puberulum* (Corr.) D'Arcy	١٩٨١
L. chmielewskii Rick, Kes., Fob. & Holle	١٩٧٦
L. parviflorum Rick, Kes., Fob. & Holle	١٩٧٦
L. peruvianum (L.) Mill.	١٧٦٨
L. peruvianum (L.) Mill. var. *peruvianum*	
L. peruvianum var. *humifusum* Mull.	١٩٤٠
L. chilense Dun.	١٨٥٢

كما ظل النوع L . pennellii تابعاً للجنس Solanum تحت الإسم العلمى S. pennellii إلى أن نقل إلى الجنس Lycopersicon فى عام ١٩٨١ . هذا .. ويعرف نوع آخر يتبع الجنس Solanum ويتلقح بسهولة نسبية مع بعض أنواع الجنس Lycopersicon وهو النوع S. lycopersicoides Dun. ، الذى وجد أنه يتلقح مع كل من L. esculentum، و L. cheesmanii ، و L. pimpinellifolium ، و L. pennellii .

ويعد S. lycopersicoides نوعاً وسطاً بين كل من الجنسين Lycopersicon ، و Solanum ، بالرغم من أن كل الدراسات التقسيمية تضعه فى الجنس Solanum .

ومن الأنواع الأخرى القريبة للطماطم : S. juglandifolium Dun و S.ochranthum Dun. ، و S. Rickii (Rick ١٩٨٨) .

تعتبر جميع أنواع الجنس Lycopersicon أعشاباً حولية أو معمرة لفترة قصيرة ، وثنائية التضاعف فيها ٢ ن = ٢ س = ٢٤ كروموسوماً . ولاتنمو أى من هذه الأنواع - برياً - إلا فى غرب أمريكا الجنوبية فى منطقة تمتد شمالاً إلى شمال شيلى وجنوب كولومبيا ، وغرباً إلى المحيط الهادى وجزر جالاباجوس Galapagos Islands ، وشرقاً إلى تلال

الإنديز (Rick ١٩٧٢) .

ويتوفر فى الوقت الحاضر ما يزيد على ٣٠٠٠ سلالة من مختلف الأنواع البرية ، وهى الأنواع وتحت الأنواع المذكورة فى جدول (١-٤) فيما عدا الطماطم L.esculentum var. esculentum ، وتكثر نحو ١٠٠٠ منها بواسطة قسم الخضر فى جامعة كاليفورنيا بديفز ، بينما تكثر نحو ١٠٠٠ أخرى بواسطة محطة إدخال النباتات الإقليمية فى الشمال الشرقى الأمريكي فى جينيفا بولاية نيويورك . وقد نشرت آخر قائمة بأرقام سلالات جامعة كاليفورنيا فى التقرير السابع والثلاثين لعام ١٩٨٩ لتعاونية وراثة الطماطم . تضمنت هذه القائمة ٩٨٧ سلالة مقسمة حسب الأنواع التى تنتمى إليها . كما ذكر Esquinas - Alcazar (١٩٨١) أعداد مختلف سلالات الأنواع البرية التى تحتفظ بها المؤسسات المعنية بها فى شتى بقاع العالم .

النوع L. esculentum Mill.

تدخل الطماطم المنزرعة ضمن هذا النوع وتحت الصنف النباتى esculentum ليصبح اسمها العلمى الكامل L. esculentum var. esculentum . وقد دافع بعض العلماء عن الاسم العلمى القديم للطماطم الذى وضعه Linnaeus وهو : Lycopersicon lycopersicum (L.) Karsten وتمسكوا به ، وظل هذا الأمر موضع خلاف بين العلماء ، إلى أن حسم الموضوع نهائياً لصالح الاسم Lycopersicon esculentum Mill. فى مؤتمر النبات الدولى الرابع عشر ، الذى عقد فى برلين فى يوليو ١٩٨٧ .

يتضمن هذا النوع كذلك الصنف النباتى L.esculetum var. cerasiforme الذى يُعتقد أنه الأصل البرى الذى نشأت منه الطماطم المزروعة (Rick ١٩٧٦ أ) . ينمو هذا الصنف النباتى برياً في بيرو وأكوادور ؛ كما يعتبر هو الوحيد الذي وجد نامياً بحالة برية خارج موطن الجنس Lycopersicon فى أمريكا الجنوبية ، وقد انتشرت زراعته فى شتى أنحاء العالم من خلال الأصناف المحسنة ذات الثمار الكريزية الشكل(Purseglove ١٩٧٤).

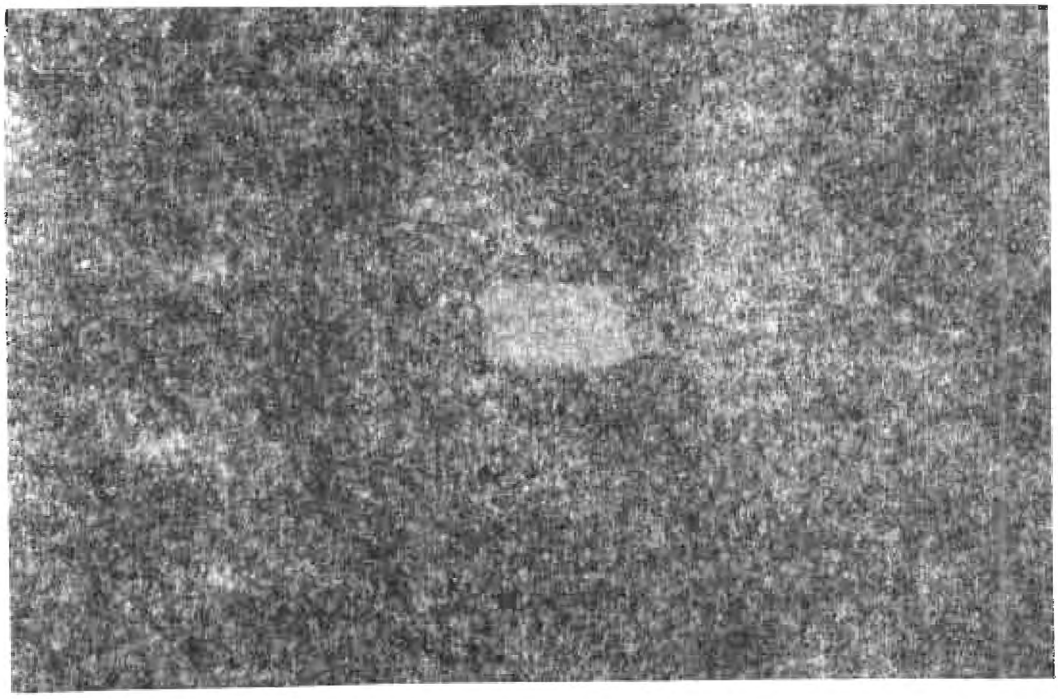
يشتمل هذا الصنف النباتى على مدى واسع من الطرز البرية التى يقترب بعضها من النوع L. pimpinellifolium . ويُعتمد فى كثير من الأحيان على صفة حجم الثمرة للتمييز

بينهما ؛ حيث يتضمن النوع L. pimpinellifolium الطرز التى يقل قطرها عن ٥ر١سم ، بينما يتضمن الصنف النباتى cerasiforme الطرز التى يتراوح قطر ثمارها من ٥ر١ - ٠ر٣سم ، ويتضمن الصنف النباتى esculentum الطرز التى يزيد قطر ثمارها على ٣سم . نباتات هذا الصنف النباتى (cerasiforme) تتحمل الانحرافات الكبيرة فى الظروف البيئية ؛ فبعض سلالاتة تتحمل ظروف الجفاف ؛ حيث تنمو برياً فى صحراء بيرو الغربية ، وبعضها الآخر يتحمل ظروف الغرق ؛ حيث تنمو فى مناطق استوائية يتراوح معدل الأمطار السنوى بها من ٤ - ٥ أمتار .كما تتوفر منه سلالات تتحمل أمراض الذبول ، وأعفان الجذرو ، وتبقعات الجذور (Rick ١٩٧٢) . يبرز المسيم قليلاً من الأبنوبة السدائية فى بعض سلالات هذا الصنف النباتى ؛ مما يتيح حدوث نسبة من التلقيح الخلطى . وبالرغم من صغر حجم ثماره .. إلا أنها تستخدم كخضر فى أجزاء كثيرة من المكسيك (Taylor ١٩٨٦) .

وقد تضمن تقسيما Miller (جدول ١-٢) ، و Luckwill (جدول ١-٣) طرزا (forms) وأضافات نباتية (Varieties) أخرى تحت النوع L. esculemtum ، لعل أبرزها الطراز F. pyriforme الذى شاع استخدامه لفترة طويلة ، إلا أن المتفق عليه الآن أن كل هذه التقسيمات تحت النوعية سطحية ، ولا يوجد مبرر لاستخدامها .

النوع L. pimpinellifolium (Jusl.) Miller

يطلق على نباتات هذا النوع الاسم الإنجليزى Current tomato ، وهو ينمو برياً فى أمريكا الجنوبية - خاصة فى بيرو والبرازيل - ويتميز بعناقيده الزهرية الكبيرة ، وثماره الصغيرة الحمراء اللون عند النضج ، ونباتاته القوية النمو (شكل ١-٤) . ويعد هذا النوع صورة مصغرة (miniture أو diminutive) للنوع L. esculentum . وهو يتداخل مع الصنف النباتى L. esculentum var . cerasiforme فى الحدود الشمالية والشمالية الشرقية لمجال انتشاره ، حيث يصعب التمييز بينهما أحياناً ؛ مما يجعل الباحثين مضطرين إلى اللجوء إلى صفة الثمرة كأساس للتمييز .



شكل (١ – ٤) : النمو الخضرى للنوع L. pimpinellifoliun .

التلقيح فى النوع L. pimpinellifolium ذاتى بدرجة عالية ، وجميع سلالاته متوافقة ذاتياً ، وتعتبر نباتاته على درجة كبيرة من الأصالة الوراثية ، إلا أنه تحدث به نسبة من التلقيح الخلطى ، تزيد أحياناً – فى شمال غربى بيرو – إلى درجة قد تصل إلى ٤٠ ٪ . تتميز السلالات التى يشيع فيها التلقيح الخلطى ببروز المسيم بوضوح من الأبنوبة السدائية . يتلقح هذا النوع بسهولة تامة مع الطماطم المزروعة ، وتحدث الهجن الطبيعية بينهما فى بيرو وإكوادور . ويعتبر هو النوع البرى الوحيد الذى يتلقح طبيعياً مع الطماطم .

يعد النوع pimpinellifolium مصدراً جيداً لمقاومة عديد من الأمراض ، ولعدد من صفات الجودة الثمرية مثل اللون الجيد ، والـ pH المنخفض ، وارتفاع نسبة المواد الصلبة

الذائبة الكلية ، ومحتوى الفيتامينات (Rick ١٩٧٩ أ ، ١٩٨٠) .

النوع L. cheesmanii Riley

ينتشر هذا النوع فى جزر جالاباجوس Galapagos، وليس له وجود فى بيرو .. الموطن غير المشكوك فيه للجنس Lycopersicon ؛ ويوجد منه طرازان ؛ هما : الطراز الممثل للنوع f. cheesmanii ، والطراز f. minor (جدول ١-٤) . وينتشر الطراز الثانى بكثرة فى الجزيرة ، خاصة فى المناطق غير المرتفعة ؛ حيث يكون الجو أكثر جفافاً ودفئاً . وتتعرض نباتات هذا الطراز - دائماً - لزذاذ المحيط وزيادة ملوحة التربة ، ويشاهد أحياناً نامياً على ارتفاع مترين ومسافة ٥ أمتار من خط مد ماء المحيط . وتنمو النباتات بصورة طبيعية تحت هذه الظروف من الملوحة العالية ، ولكنها ضعيفة وبطيئة النمو بشكل عام .

ويعتقد Rick (١٩٧٢) أن نباتات هذا الطراز البرى تحتوى على جينات الطماطم المزروعة لتعطى نباتات مقاومة للملوحة .

ثمار هذا النوع صغيرة ، يبلغ قطرها سنتيميتراً واحداً ، ولونها أصفر أو برتقالى ؛ ويتلقيح بسهولة مع الطماطم ، والتلقيح الذاتى هو السائد بنسبة تكاد تصل إلى ١٠٠ ٪ ، ونباتاته أصيلة وراثياً بدرجة عالية . ويذكر Rick (١٩٨٠) احتياج نباتات هذا النوع إلى نهار قصير حتى تزهر . وقد لاحظ المؤلف أن نباتات الجيل الأول بين هذا النوع والطماطم (صنف Peto 86) - والتى كانت نامية تحت ظروف محافظة الجيزة - أزهرت بصورة طبيعية على امتداد الفترة من يونيو إلى فبراير ، مما يدل على عدم سيادة صفة الحاجة إلى النهار القصير للإزهار فى هذا النوع .

يبلغ قطر الثمار المكتملة النمو حوالى سنتيمتراً واحداً ، ويكون لونها برتقالياً عند النضج ؛ نتيجة لتحول صبغة الليكوبين إلى بيتاكاروتين . ولكن لون الثمار الناضجة قد يتراوح ما بين الأصفر ، والأصفر الضارب إلى الخضرة فى بعض السلالات . كما توجد

سلالة واحدة (هى LA 424) ذات ثمار قرمزية اللون .

وقد نقلت عدة جينات من L. cheesmanii إلى الطماطم ، ومنها الجين j2 الذي يتحكم في صفة العنق الثمرى الخالى من المفصل jointless . ولم يستخدم هذا النوع كمصدر لصفات المقاومة للآفات ؛ وربما كان ذلك بسبب انعزال نشأته فى جزيرة جالاباجوس بعيداً عن الآفات التى تنتشر فى قارة أمريكا الجنوبية . ويعتبر المحتوى الثمرى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة من الصفات الهامة في هذا النوع ، والتى يمكن الاستفادة منها فى الطماطم . وجدير بالذكر أن الطراز L. cheesmanii f. minor يعد مصدراً أفضل لهذه الصفة عن L. chmielewskii ، المعروف بارتفاع محتواه من المواد الصلبة الذائبة (Rick وآخرون ١٩٨٧) .

النوع L. hirsutum Humb. & Bonpl.

ينمو هذا النوع برياً فى منطقة تمتد من وسط بيرو إلى شمال إكوادور ، ويوجد نامياً على ارتفاعات تتراوح من ٥٠٠ - ٣٣٠٠م عن سطح البحر ، ولكن يكثر انتشاره فى المناطق الرطبة وعلى ضفاف الأنهار . تحتاج النباتات إلى نهار قصير حتى تزهر .

وقد لاحظ المؤلف أن هذه الصفة سائدة ؛ إذ ظهرت فى نباتات الجيل الأول الهجين بين هذا النوع والطماطم .

تنتشر فى نباتات هذا النوع شكل (١ - ٥) ظاهرة عدم التوافق incompatibility ، إلا أن أن بعض سلالاته تعد متوافقة ذاتيا ، وتكون هذه السلالات أكثر تجانساً من غيرها غير المتوافقة . وتكون الثمار خضراء ، معرجة بخطوط أرجوانية عند النضج .

تتميز طرز هذا النوع التى تنمو على ارتفاعات كبيرة بمقاومتها للصقيع . كما يعد هذا النوع أقل أنواع الجنس Lycopersicon تعرضاً للإصابة بالآفات ؛ فتوجد به صفات المقاومة لنوعين من العناكب ، وعدد من الحشرات الهامة ؛ منها : دودة ثمار الطماطم ،

والمن ، ونافقات الأوراق ، وذبابة البيوت المحمية البيضاء ... وغيرها (Rick ١٩٧٢ ، ١٩٧٩ ، ١٩٨٠) . وقد وجد أن النباتات تحتوى على مبيد حشرى طبيعى هو 2-tridecanone . كما اكتشفت فى بعض سلالاته صفات المقاومة لنيماتودا تعقد الجذرو ، والتبقع السبتورى ، وفيرس تبرقش الدخان .

شكل (١-٥) : النمو الخضرى للنوع L. hirsutm

يتوفر هذا النوع على أحد طرازين ، هما :

١ – الطراز الممثل للنوع ، وهو L. hirsutum f. typicum :

يتميز هذا الطراز بالشعيرات الكثيفة التى تنتشر على السيقان ، والأوراق ، والثمار ؛ وبالأزهار الكبيرة التى يبرز فيها الميسم بوضوح من الأنبوبة السدائية (شكل ١–٦) . وتنتشر ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى الغالبية العظمى من نباتات هذا الطراز ، ولكن توجد سلالات قليلة أمكن تلقيحها ذاتياً يدوياً .

شكل (١–٦) : ظاهرة بروز الميسم من الأنبوبة السدائية اتى تنتشر فى الأنواع الخلطية التلقيح من الجنس Lycopersicon .

٢ – الطراز L. hirsutum f. glabratum :

يتميز هذا الطراز – مقارنة بالطراز الممثل للنوع – بقلة كثافة شعيراته ، وصغر حجم

أزهاره ، وميل نباتاته إلى التلقيح الذاتى .

يتلقح الطرازان معاً ، كما يتلقحان بسهولة مع الطماطم ؛ ولكن يشترط فى حالة التلقيح مع الطراز الممثل للنوع f. typicum أن تستخدم الطماطم كأم فى التهجينات فى (Taylor ١٩٨٦).

النوع L .pennellii (Correll) D'Arcy

ظل النوع L. pennellii (شكل ١-٧) تابعاً للجنس Solanum تحت الاسم العلمى S. pennellii حتى عام ١٩٨٢ حينما نقل إلى الجنس Lycopersicon بناء على دراسات D'Arcy (١٩٨٢) التى بين فيها أن هذا النوع أقرب إلى الجنس Lycopersicon منه إلى الجنس Solanum . فبالرغم من احتوائه على كثير من الخصائص التقسيمية للجنس Solanum، إلا أنه يتشابه مع الطماطم فى صفات أخرى ، ويتلقح معها بسهولة إذا استخدمت الأخيرة كأم فى التهجينات . كما أنه يتلقح بسهولة - كذلك - مع جميع الأنواع التى تتبع مجموع اسكيولنتم المركبة esculentum complex .

تنمو نباتات النوع L. pennellii - برياً - فى المنحدرات الغربية لجبال الإنديز فى وسط بيرو ، وهى مناطق شديدة الحرارة والجفاف ، وتنتشر فيها بعض أنواع الصبارات . يعتبر المجموع الجذرى لنباتات هذا النوع ضعيفاً للغاية ؛ إذ لا يتعدى نموه ٥ ٪ من نمو المجموع الجذرى لنباتات الطماطم العادية التى من نفس العمر . وترجع مقاومته العالية لظروف الجفاف إلى قدرة أوراقه على الاحتفاظ بالماء - بدرجة كبيرة - دون أن تظهر عليها أعراض الذبول ، إلا بعد أن تجف أنسجتها كثيراً - مقارنة بالأنواع الأخرى - كما يبدو أن جزءاً من قدرته على تحمل ظروف الجفاف يرجع إلى قدرة أوراقه على امتصاص احتياجات النبات من الرطوبة والندى والضباب . وقد أمكن - تجريبياً - مد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة لعدة أيام بالتضبيب الصناعى misting على السطح العلوى للأوراق . وقد تبين أن تلك القدرة ترجع إلى وجود نسبة عالية من الثغور على السطح العلوى للأوراق . ويعد هذا النوع - كذلك - مصدراً جيداً لمقاومة بعض الآفات ؛ مثل مَنّ البطاطس ، والعنكبوت الأحمر . النباتات غير متوافقة ذاتياً ، ولكن أمكن التعرف على سلالة واحدة على الأقل متوافقة ذاتياً . التلقيح الخلطى هو السائد ، وتكون الثمار خضراء اللون عند النضج (Taylor ١٩٨٦) .

شكل (١ – ٧) : النمو الخضرى والزهرى للنوع L . pennellii .

النوعان L. chmielewskii Rick,Kes. Fob. & Holle . و L.parviflorum Rick,Kes. Fob.&Holle

كانت سلالات هذين النوعين تعد – سابقاً – تابعة لنوع مركب أطلق عليه اسم L. minutum . وظل استخدام هذا الاسم سارياً إلى أن قام C.M Rick وآخرون فى عام ١٩٧٦ بتوزيع السلالات التى كانت ضمنه على النوعين L. chmielewskii ، و L. parviflorum ؛ اللذين اعتبرا نوعين شقيقين أقرب إلى مجموعة esculentum المركبة منها إلى مجموعة peruvianum (Warnock ١٩٨٨) .

وقد ذكر عن النوع L. minutum – قبل استبداله بالنوعين المذكورين آنفا – أن ثماره ذات لون أبيض مخضر ، طرية عند النضج ، وترتفع بها نسبة السكر ؛ إذ يصل محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى ١٠ – ١١ ٪ .

وقد أمكن – بتلقيح هذا النوع (سلالة من L. chmielewskii) مع الطماطم من صنف VF 145 - B - 7879 – الحصول على سلالات كانت ثمارها ذات حجم ولون مناسبين ، وبها نسبة مرتفعة من السكر وصلت إلى حوالى ٥ر٧ ٪ (عن Rick ١٩٧٢) .

تنمو نباتات النوع L. chmielewskii – برياً – فى أودية جبال الأنديز فى بيرو . والثمار صغيرة لا يزيد قطرها على سنتيمتر واحد ، وهى ذات لون أبيض مخضر عند النضج ، ولا يتكون بها أية صبغات كاروتينية ، وتعد مصدراً جيداً للمحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة . وتتميز النباتات بأنها متوافقة ذاتياً ، إلا أنه تحدث بها نسبة من التلقيح الخلطى الطبيعى ، وأزهارها كبيرة ، ويبرز فيها الميسم بوضوح من الأنبوبة السدائية ؛ ولذا .. فهى ليست على درجة عالية من التجانس الوراثى .

تشترك بناتات النوع L. parviflorum مع النوع السابق فى أماكن تواجدها ، إلا أنه أكثر انتشاراً ؛ كما يتشابه النوعان فى الصفات العامة التى سبق بيانها ، إلا أن نباتات النوع L. parviflorum تعد مصدراً أفضل للمواد الصلبة الذائبة ، وأزهاره صغيرة وليست جذابة للحشرات ، وتتلقح نباتاته ذاتياً بدرجة عالية ؛ ولذا .. فهى على درجة عالية من التجانس الوراثى . ويبدو أن هذا النوع قد تطور من النوع L. chmielewski ، ثم انعزل عنه بسبب خاصية التلقيح الذاتى التى يتميز بها .

يتلقح النوعان معاً ، كما يتلقحان بسهولة مع الطماطم . وقد تبين أن بعض سلالات L. parviflorum تحمل أليلاً سائداً هو Df ، يؤدى إلى سقوط أوراق النبات (defoliator gene) ، وهو ذو تأثير مميت متنحٍ – ولكن تأثيره لا يظهر إلا بعد التهجين مع الطماطم .

ينتج النوع L. parviflorum عدداً قليلاً من الأوراق قبل أول عنقود زهرى ، ثم ينتج بعد ذلك ورقتين بين كل عنقودين زهريين ، وتلك صفة هامة ، يمكن الاستفادة منها فى أصناف الطماطم التى تربى رأسياً

النوع L. peruvianum (L) Miller

تتميز نباتات هذا النوع بنموها الخضرى القوى (شكل ١ – ٨) ، وثمارها الخضراء الضاربة إلى البياض التى تصبح طرية ومعرجة بخط واحد أرجوانى اللون عند النضج . تزهر النباتات بغزارة ، إلا أن بعض السلالات لا تزهر بسهولة ، ويمكن – بالرغم من ذلك – تهيئتها للإزهار بتعريض النباتات لدرجة حرارة ١٠/١٥°م (ليلاً / نهاراً) لعدة أسابيع . وتنتشر فى هذا النوع ظاهرة عدم التوافق الذاتى ، مع التلقيح الخلطى وبروز الميسم قليلاً من الأنبوبة السدائية ؛ لذا .. فإنه يعد من أقل الأنواع تجانساً من الناحية الوراثية . يمكن تهجين نباتات هذا النوع مع الطماطم إذا استخدمت الأخيرة كأم فى التلقيحات مع زراعة الأجنة المتكونة – وهى فى مرحلة مبكرة من تكوينها – فى بيئات صناعية .

شكل (١ – ٨) : النمو الخضرى والزهرى للنوع L. peruvianum .

يعتبر النوع L. petruvianum مصدراً لمقاومة عديد من الأمراض ، كما يعد أفضل مصادر المحتوى الثمرى المرتفع من فيتامين جـ . وقد نقل منه إلى أصناف الطماطم التجارية الجينات المسئولة عن مقاومة عدة أمراض ؛ منها : نيماتودا تعقد الجذور (الجين Mi) ، وعفن التاج والجذر الفيوزارى (الذى يسببه الفطر pyrenocheata lycopersici) ، وفيرس تبرقش أوراق الدخان ، وفيرس التفاف القمة (عن Boukema & Den Nijs ١٩٨٤) .

يتميز الصنف النباتى L. peruvianum var. humifusum – عن الصنف النباتى الممثل للنوع L. peruvianum var. peruvianum – بأن شعيراته الغدية قصيرة وكثيفة ، وسيقانه رفيعة ، وأوراقه صغيرة ، يقل فيها عدد الوريقات الأولية ، وتخلو تماما من الوريقات الثانوية . وقد اكتشفت سلالة واحدة متوافقة ذاتياً من الصنف النباتى himifusum ، وهى LA2157 ؛ أما جميع السلالات الأخرى من L. peruvianum .. فهى غير متوافقة ذاتياً .

النوع L. chilense Dun .

تنمو نباتات هذا النوع (شكل ١ – ٩) برياً فى وسط بيرو وشمال شيلى فى مناطق صحراوية شديدة الجفاف . وترجع قدرته العالية على تحمل الجفاف إلى قوة نمو جذوره وتعمقها فى التربة . تتميز الأزهار ببروز الميسم من الأنبوبة السدائية ، وهى خلطية التلقيح . وتنتشر فى النباتات ظاهرة عدم التوافق الذاتى ، إلا أنها تعد أكثر تجانساً من نباتات النوع L. peruvianum . تكون الثمار خضراء اللون ، وبها خطوط أرجوانية عند النضج . يتهجن هذا النوع مع الطماطم بسهولة أكبر مما يحدث بين الطماطم والنوع L. peruvianum ، ولكن تلزم زراعة الأجنة الهجين فى بيئات صناعية ، كما هى عليه الحال مع هجن النوع L. peruvinum .

يمكن إجراء التهجين بين النوعين L. chilense ، و L. peruvianum ، إلا أنه لا يتكون فى الثمار العاقدة سوى عدد قليل من البذور لا يزيد على ٤ ٪ من العدد المتوقع . ولكن توجد ٣ سلالات من L. peruvianum – هى LA 107 ، و LA 1373 ، و LA 1677 – تتلقح بسهولة تامة مع النوع L. chilense ، ويمكن استخدامها كقنطرة للتهجين مع السلالات الأخرى من L. peruvianum .

شكل (١-٩) : النمو الخضرى للنوع L. chilense .

وقد استخدم هذا النوع كمصدر لأفضل جينات المقاومة لفيرس بترقش الدخان ، وهو الجين $Tm2^2$ ، الذى يعتمد عليه فى مقاومة الفيرس فى معظم أصناف الطماطم الأوروبية التى تستخدم فى الزراعات المحمية . ونظراً للسهولة النسبية التى يتهجن بها هذا النوع مع الطماطم .. فإن بعض العلماء يميلون إلى الاعتقاد بأنه قد يمكن الاستفادة منه كمصدر لجينات المقاومة للآفات أكثر من النوع L. peruvianum الذى يصعب تهجينه مع الطماطم.

أنواع الجنس Solanum القريبة من الجنس Lycopersicon

توجد أربعة أنواع من الجنس Solanum قريبة الشبه من الجنس Lycopersicon ،

ويمكن تقسيمها إلى مجموعتين كما يلى :

١ – النوعان S. lycopersicoides ، و S. rickii :

يقترب هذان النوعان – كثيراً – من الجنس Lycopersicom ، ويتشابهان كثيراً ؛ وهما ينتشران فى مناطق شديدة الجفاف قريبة من منطقة انتشار النوع L. chilense . وكلا النوعين متوافق ذاتياً . وتكون الثمار الناضجة سوداء اللون فى النوع S. lycopersicoides ، وصفراء باهتة فى النوع S. rickii .

هذا .. ولا تعرف سوى سلالة واحدة من النوع S. rickii ، وهى لا تتلقح إلا مع النوع S. lycopersicoides . أما النوع الأخير (S. lycopersicoides) .. فإنه يتلقح – بسهولة نسبية – مع L. esculentum ، و L. pimpinellifolium ، و L. cheesmanii، و L. pennellii إذا استعملت الأنواع الأخيرة كأمهات فى التهجينات . وبرغم سهولة التهجين مع الطماطم .. إلا أن الهجين الجنسى الناتج يكون عقيماً بدرجة عالية ؛ بسبب اختلاف كروموسومات الجنسين .

يعتبر S. lycopersicoides مصدراً جيداً لصفة القدرة على النمو والعقد فى درجة حرارة مقدارها ١٠°م . كما أن بعض سلالاته تتحمل البرد الشديد بدرجة أكثر مما فى L. hirsutum ، و L. chilense ؛ ويتحمل بعضها الصقيع . ولكن تبقى مشكلة عقم الجيل الأول الهجين – لهذا النوع مع الطماطم – حائلاً أمام الاستفادة من هذه الصفات فى إلى الطماطم . هذا .. ويعد النوع S. rickii مقاوماً لقلوية التربة .. إلا أن نقل صفة كهذه للطماطم يتطلب اللجوء إلى تقنيات الهندسة الوراثية .

٢ – النوعان S. juglandifolium ، و S. ochranthum

يتشابه هذان النوعان معاً ، ويختلفان عن النوعين السابقين ؛ وهما يتميزان ببعض الصفات الهامة ؛ مثل : المقاومة لبعض الحشرات ، والقدرة على النمو فى الأراضى الغدقة (Taylor ١٩٨٦) .

طبيعة التلقيح السائدة فى الجنس Lycopersicon والانواع القريبة منه

يلخص Rick (١٩٨٨) طبيعة التلقيح السائدة فى مختلف أنواع الجنس ليكوبرسكن والأنواع الأخرى القريبة منها كما يلى :

١ - أنواع ذاتية التلقيح ، وتشمل كلا من : L. cheesmanii ، و L. asculentum ، و L. parviflorum .

٢ - أنواع اختيارية تتفاوت فيها نسبة التلقيح الذاتى والخلطى ، وتقسم إلى :

أ - أنواع متوافقة ذاتياً وتشمل : L. chmielewskii ، و L. pimpinellifolium : لاتزيد نسبة التلقيح الخلطى الطبيعى - فى معظم سلالات أى من النوعين - على ٥ر١ ٪ .

ب - أنواع توجد منها سلالات متوافقة ذاتياً ، وأخرى غير متوافقة ذاتياً ، وتشمل : L. hirsutum ، و L. pennellii ، و L. peruvianum . ويحدث التلقيح الخلطى بين سلالات كل نوع ، ولكنه لا يحدث بين الأنواع المختلفة . ويقوم النحل بعملية التلقيح الطبيعى فى الموطن الأصلى لهذه الأنواع .

٣ - أنواع خلطية التلقيح ، وجميع سلالاتها عديمة التوافق ذاتياً ، وتشمل : L. chilense ، و S. juglandifolium ، و S. lycopersicoides ، و S. rickii .

ظاهرة عدم التوافق فى الجنس Lycopersicon والانواع القريبة منه

سبقت الإشارة إلى الأنواع التى تنتشر فيها ظاهرة عدم التوافق ، وهى :

١ - أنواع توجد الظاهرة فى جميع سلالاتها المعروفة ، وهى : L. chilense ، و S. juglandifolium ، و S. lycopersicoides

٢ - أنواع توجد الظاهرة فى كثير من سلالاتها ، إلا أن بعض سلالاتها متوافقة ذاتيا ، وهى L.hirsutum ، و L.pennellii ، و L.peruvianum (Rick ١٩٨٨) .

إن ظاهرة عدم التوافق فى هذه الأنواع هى من النظام الجاميطى gametophytic system ، وهى صفة بسيطة سائدة ، تظهر فى الجيل الأول للتلقيحات بين هذه الأنواع

والطماطم ، وتعرقل برنامج التربية فى مراحله الأولى (Rick ١٩٧٢) .

وقد وجد Hogenboon (١٩٦٢) حالة عدم توافق فى النوع L. peruvianum كانت حساسة لدرجة الحرارة ؛ حيث كانت النباتات متوافقة ذاتياً فى درجة حرارة ٤٠° م ، بينما كانت غير متوافقة ذاتياً فى درجات الحرارة الأقل من ذلك . وتبين أن حساسية الظاهرة لدرجة الحرارة كانت صفة بسيطة ومتنحية .

جمع جيرمبلازم الأنواع البرية

يراعى عند جمع بذور الأنواع البرية للجنس Lycopersicon والأنواع القريبة منه من موطنها الأصلى أن كمية البذور التى يلزم جمعها لتمثيل السلالة الواحدة تتوقف على طريقة التلقيح السائدة . فبينما يكفى جمع عدد محدود من نباتات كل سلالة من الأنواع الذاتية التلقيح لتمثيلها جيدا .. فإنه يلزم خلط كميات متساوية من بذور عدد كبير من نباتات الأنواع الخلطية التلقيح لتمثيل كل سلالة منها ؛ لأنها لا تكون متجانسة وراثياً .

ونجد – تحت الظروف الطبيعية – أن البذور الناتجة من التلقيح الخلطى الطبيعى لأية سلالة تكون صادقة التربية إن لم يوجد قريباً منها – ولمسافة ٢٠٠م – نباتات لأية سلالة أخرى من نفس النوع . تحصد الثمار بعد اكتمال نضجها ، ويعرف ذلك باكتسابها لوناً أحمر فى النوعين L. esculentum var. cerasiforme ، و L. pimpinellifolium ، ولوناً أصفر أو برتقالياً فى النوع L. cheesmanii . أما بقية الأنواع البرية .. فإنها تظل خضراء اللون ، ولكنها تصبح معرية بخطوط أرجوانية اللون ، وتفقد صلابتها عند النضج . ويمكن – عند الضرورة – جمع الثمار قبل تمام نضجها ، ثم تركها لتنضج أثناء رحلة العودة . كما يمكن رش هذه الثمار بالإيثيفون بتركيز ٢٥٠ – ٥٠٠ جزء فى المليون ؛ لإسراع نضجها . ويجب – فى جميع الحالات – عدم قطف الثمار قبل اكتمال نضجها الطبيعى بأكثر من ١٠ – ١٤ يوماً .

وأفضل وسيلة لاستخلاص البذور – خلال رحلة جمع الجيرمبلازم – هى نشر محتويات الثمرة على ورق ترشيح ، ثم تركها لتجف ؛ حيث تلتصق البذور عالقة بالورقة . ويمكن كتابة البيانات اللازمة على ورقة الترشيح مباشرة (Rick ١٩٧٤ ب) .

إنبات البذور فى الجنس Lycopersicon والأنواع القريبة منه

توجد أربعة أنواع من الجنس Lycopersicon ، ونوعان من الجنس Solanum تحتاج بذورها إلى معاملات خاصة لكى تنبت ، وهى : L. cheesmanii ، و L. chilense ، و L. hirsutum ، و L. peruvianum ، و S. lycopersicoides ، و S. juglandifolium

إلا أن هذه الأنواع ليست متجانسة فى هذه الخاصية . فبينما تحتاج بذور جميع سلالات النوع L. cheesmanii إلى هذه المعاملات لكى تنبت .. نجد أن بذور بعض السلالات من الأنواع الأخرى تنبت دونما حاجة إلى هذه المعاملات . كما أن نسبة بسيطة من بذور السلالات – التى تحتاج إلى هذه المعاملات – قد تنبت كذلك دونما حاجة إلى تعريضها لهذه المعاملات .

ومن المحاولات الأولى التى بذلها العلماء تلك التى أجريت لاستنبات بذور النوع L. cheesmanii . فقد وجد أن معاملة البذور – بالحرارة المنخفضة ، أو المرتفعة ، أو بحامض الكبريتيك ، أو الجبريلليك – لم تكن مؤثرة فى الإنبات . ثم تبين أن العامل المسبب لسكون البذور يكمن فى الغلاف البذرى ، وأن إزالة هذا الغلاف كان ضرورياً للإنبات . وقد أمكن إزالة الغلاف البذرى بمشرط حاد ، إلا أن تطبيق ذلك لم يكن عملياً ؛ لدقة العملية ، واحتياجها إلى وقت كثير . كذلك وجد أن مرور البذور خلال الجهاز الهضمى لسلاحف جزيرة جلاباجوس – التى ينتشر فيها هذا النوع – كان أكثر فاعلية فى التخلص من حالة السكون ، إلا أن هذه العملية كانت شاقة ، ومقززة . وباستمرار المحاولات .. وجد أن أفضل المعاملات كانت بنقع البذور فى محلول هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite (Na OCl) بتركيز ٢ر٧ ٪ (وهو نصف تركيز التحضير التجارى " كلوراكس " المستخدم للأغراض المنزلية) لمدة ٣٠ دقيقة ، ثم شطف البذور جيداً فى الماء وزراعتها مباشرة ، أو تجفيفها وزراعتها بعد ذلك بأيام قليلة عند الرغبة فى ذلك . وقد يتطلب الأمر – أحياناً – معاملة بذور النوع L. cheesmanii بهذه الطريقة – أسبوعياً – إلى أن يتم الإنبات ؛ وقد يستغرق ذلك مدة شهرين . ونظراً لاستحالة إجراء المعاملة بعد زراعة البذور فى التربة .. فإنه يلزم – بعد كل معاملة أسبوعية بهيبوكلوريت الصوديوم – حفظ البذور على ورق ترشيح مبلل فى أطباق بترى على درجة حرارة ٢٥°م نهاراً ، و ١٨°م ليلاً ، إلى أن يبدأ الجذير فى

الظهور؛ حيث تنقل البنور – بعد ذلك مباشرة – إلى التربة (Rick & Borgnino ١٩٨٠) .

وقد وجد Rush & Epistein (١٩٧٦) أنه يمكن الحصول على إنبات جيد لبنور النوع L. cheesmanii؛ بنقعها لمدة ٧٠ دقيقة فى محلول هيبو كلوريت الصوديوم بتركيز ٣ر١٪؛ لإذابة الغلاف الخارجى للبنور ، ثم غسل البنور فى الماء لمدة ٣٠ دقيقة ، ثم فى محلول ٥ ملى مول من كبريتات الكالسيوم لمدة ٣٠ دقيقة أخرى ؛ لإزالة بقايا هيبوكلوريت الصوديوم ، ثم زراعتها بعد ذلك .

إكثار بذور الأنواع البرية

لا تتطلب سلالات الأنواع الذاتية التلقيح مسافة عزل خاصة عند إنتاج بذورها حيث تكفي مسافة ٣ – ٥م ، وهى التى تلزم لمنع الخلط الميكانيكى بينها . أما الأنواع الخلطية التلقيح .. فإن سلالاتها تكثر بزراعة عدد كاف من نباتات كل سلالة منها ، معزولة عن نباتات السلالات الأخرى من نفس النوع ، حتى تتلقح طبيعياً بواسطة الحشرات ، مع ضمان عدم حدوث تلقيح خلطى بين السلالات ، وتلزم لذلك مسافة ٢٠٠ م – أو أكثر – بين السلالات ، حسب درجة النشاط الحشرى . ويجب أن تكون كل سلالة ممثلة بعدد كاف من النباتات للمحافظة على الاختلافات الوراثية التى توجد فيها . ويمكن زراعة الأنواع البرية المختلفة متجاورة ؛ لأنها لا تتلقح فيما بينها (Rick ١٩٧٧) .

وتُحدد طريقة التلقيح السائد عدد النباتات التى تجب زراعتها لإكثار السلالات . فلا تجوز – مثلاً – زراعة مساحة كبيرة من سلالات الأنواع الذاتية التلقيح ؛ حيث تكفى نباتات قليلة لتمثيل السلالة ؛ بينما يؤدى خفض أعداد النباتات – التى تزرع لإكثار السلالات الخلطية التلقيح – إلى فقد جزء كبير من التباين الوراثى الذى يتوفر فى هذه السلالات . والأفضل هو تحديد أعداد النباتات على أساس نسبة التلقيح الخلطى السائدة ؛ حيث تزيد بزيادتها .

ويتراوح المدى المناسب لعدد النباتات اللازم لإكثار السلالة الواحدة من خمسة فى حالة التلقيح الذاتى التام إلى ٥٠ نباتاً – كحد أدنى – فى حالة السلالات العديمة التوافق ذاتيا ، مع زيادة العدد على هذا الحد إذا توفرت إمكانات ذلك . وتلقح هذه السلالات – يدوياً – بجمع أكبر كمية ممكنة من حبوب اللقاح من جميع النباتات بواسطة آلة يدوية صغيرة تعمل

بالبطارية . تجرى هذه الخطوة عندما تكون النباتات فى أوج إزهارها . يلى ذلك خلط حبوب لقاح نباتات كل سلالة بشكل جيد ، ثم استعمالها فى تلقيح جميع نباتات نفس السلالة . ويفضل – دائماً – إنتاج كميات كبيرة من بذور هذه السلالات الخلطية التلقيح لتمثيل أكبر قدر من الاختلافات الوراثية المتوفرة بها .

تقييم جيرمبلازم الطماطم والأنواع القريبة للصفات الاقتصادية الهامة

اقترح Esquinas - Alcazar (١٩٨١) قائمة طويلة ، تشمل كافة الصفات المورفولوجية والفسيولوجية التى تجب العناية بدراستها وتقييمها فى جيرمبلازم الطماطم والأنواع البرية القريبة منه ، وهى التى يوصى بمراجعتها عند إجراء دراسات على هذا الموضوع . ونعرض فى هذا المقام لبعض الأمور التى تجب العناية بها . للاستدلال على أهمية الأنواع البرية كمصادر للصفات الاقتصادية الهامة ، وهى كما يلى :

١ – فحص السلالة بعناية ؛ للتعرف على الصفات المورفولوجية التى لا تتوفر فى الطماطم ، والتى قد يكون لها أهمية اقتصادية .

٢ – تقييم السلالات من واقع دراسة نموها فى البيئة التى وجدت فيها ، وهو ما يعرف باسم autoecolgy ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – اكتشفت المقاومة للملوحة فى بعض سلالات النوع L . cheesmanii ، وكانت هذه السلالات قد وجدت نامية على بعد أمتار قليلة من ماء المحيط فى جزر جالاباجوس ؛ حيث كانت معرضة لرذاذ الأمواج بصفة دائمة .

ب – اكتشفت المقاومة للجفاف فى سلالات النوع L . pennellii التى وجدت نامية فى مناطق شديدة الجفاف .

جـ – اكتشف المحتوى المرتفع للمواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار النوع L . chmielewskii وقد تبين – لدى ملاحظة نباتات هذا النوع فى بيئتها الطبيعية – أن نموها الخضرى والزهرى والثمرى كان جيداً ، إلاّ أنها لم تكن تحمل ثماراً ناضجة ، وقد أدى ذلك إلى الاعتقاد بأن نسبة السكر فى هذه الثمار مرتفعة ؛ مما يجعلها محببة لدى الطيور التى تلتقطها – أولاً بأول – وهو ما تأكد بالملاحظة ، وبعد قياس نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بالرفراكتومتر .

٣ - تقييم السلالات البرية كمصدر للصفات الوراثية الهامة التى تظهر فى الانعزالات الناتجة بعد تلقيح هذه السلالات مع الطماطم ، وليس قبل ذلك . ومن أمثلة ذلك مايلى :

أ - حدوث تفاعل جينى Genic interaction ، يؤدى إلى ظهور صفات معينة ، كما حدث بالنسبة للجينين : (B) الذى يتحكم فى المحتوى المرتفع للبيتاكاروتين ، و(Ip) المسئول عن زيادة درجة تلون الثمار؛ علما بأن كليهما حُصل عليه من النوع L . hirsutum ذى الثمار الخضراء التى لا تتلون عند النضج .

ب - حدوث تفاعل بلازمى plasmic interaction ، يظهر عندما تصبح كروموسومات الطماطم فى سيتوبلازم النوع البرى ، وهو ما يحدث عند استخدام النوع البرى كأم فى التلقيحات .

جـ - ظهور اختلافات وراثية متأخرة latent variations فى الأجيال التالية للهجن النوعية مع الطماطم ، بسبب ظاهرة عدم التوافق الذاتى التى تنتشر فى بعض الأنواع ، وتمنع حدوث التلقيح الذاتى فيها ؛ مما يمنع ظهور الطفرات المتنحية بها ؛ لعدم وجودها بحالة أصيلة . إلاّ أن ظاهرة عدم التوافق تختفى بعد أجيال قليلة من التهجين النوعى ؛ مما يسمح بظهور هذه الطفرات . ومن أمثلة ذلك : صفات العقم الذكرى التى ظهرت فى نسل الهجن النوعية بين الطماطم ، وكل من النوعين L . chilense ، و L . peruvianum .

د - قد تزداد نسبة الطفرات بعد إجراء الهجين النوعى ، وهى ظاهرة قد يمكن الاستفادة منها (Rick ١٩٨٠) .

٤ - قد تحدث تفاعلات غير مرغوبة عند نقل الجين المرغوب من النوع البرى إلى الطماطم . ومن أبرز الأمثلة على ذلك التغيرات غير الطبيعية التى ظهرت فى كأس زهرة الطماطم بعد ما نقل إليها الجين J - 2 (المسئول عن صفة عنق الثمرة الخالى من العقدة) من L. cheesmanii (Rick ١٩٨٢) .

هذا .. ولطبيعة التلقيح السائدة أهمية كبيرة عند تقييم السلالات للصفات الاقتصادية التى يهتم بها المربى ؛ حيث يكون من الضرورى زراعة عدد كبير من نباتات السلالات الخلطية التلقيح ؛ لمحاولة العثور على التركيب الوراثى المرغوب من بين الاختلافات الوراثية المتوفرة بها .

امثلة للصفات الاقتصادية الهامة التى وجدت فى الجنس Lycopersicon والانواع القريبة منه

من الصفات الهامة التى اكتشفت فى الجنس Lycopersicon ما يلى :

١ – القدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية ؛ وكمثال على ذلك ما يلى :

أ – توجد صفة المقاومة للبرودة الشديدة والصقيع ، والقدرة على العقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى بعض سلالات النوع L. hirsutum ، التى وجدت نامية على ارتفاعات كبيرة فى جبال بيرو ؛ وكذلك فى النوع S . lycopersicoides ، الذى تستطيع بعض سلالاته النمو والعقد فى درجات حرارة شديدة الانخفاض .

ب – توجد صفة المقاومة للجفاف فى بعض السلالات من الأنواع التالية :

(١) سلالتين من L . esculentum var. cerasiforme وجدتا ناميتن تحت ظروف الجفاف الشديد فى الصحراء الغربية لبيرو .

(٢) النوع L. chilense ذى المجموع الجذرى القوى ، والذى ينمو فى مناطق شديدة الجفاف ، بالرغم من ضعف نموه الجذرى . وترجع قدرته على تحمل ظروف الجفاف إلى قدرة أوراقه على تحمل النقص الشديد فى رطوبتها قبل أن تظهر عليها أعراض الذبول ، وإلى استطاعتها امتصاص الرطوبة الأرضية اللازمة لها من الضباب الذى يوجد فى الهواء الجوى . ولا تقتصر هذه الصفة على سلالة معينة من هذا النوع ، بل إنها توجد فى جميع سلالاته (Rick ١٩٧٢) .

وقد أمكن نقل هذه الصفة إلي الطماطم ، والمحافظة عليها خلال عدة تلقيحات رجعية .

جـ – توجد صفة القدرة على النمو فى الأراضى الغدقة وتحمل ظروف الغرق فى L . esculentum var. cerasiforne ، الذى ينمو برياً فى بعض المناطق الاستوائية التى يتراوح معدل التساقط السنوى للأمطار فيها من ٤ – ٥ أمتار . ومن أمثلته السلالة LA 1421 .. تلك التى وجدت مقاومة لظروف الغرق فى اختبارات أجريت لهذا الغرض ضمت مئات السلالات من لطماطم والأنواع البرية الأخرى (Rick ١٩٨٢) .

د – توجد صفة القدرة على تحمل الملوحة فى L . cheesmanii f. minor التى استطاعت نباتاته البقاء والنمو فى مزارع مائية زيدت فيها نسبة ماء البحرو (بدلاً من الماء العذب) فى المحلول المغذى تدريجيا ، إلى أن وصلت إلى ١٠٠ ٪ ، بينما تداعت نباتات الطماطم عند مستوى ٥٠ ٪ لماء البحر فى المحلول المغذى .

ولقد أوضحت الدراسات أن مقاومة هذه النباتات للملوحة كانت بسبب قدرة خلاياها على البقاء ، بالرغم من ارتفاع محتواها من الصوديوم ؛ إذ لم تكن لهذه النباتات أية قدرة غير عادية على خفض امتصاصها لأيون الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٩) ؛ حيث وصل تراكم الصوديوم فى أنصال وأعناق أوراقها إلى ٢٠ ٪ من الوزن الجاف ، بينما لا يحدث ذلك فى الطماطم ؛ لأن الصوديوم يصبح ساماً – ويموت النبات – إذا زاد تركيزه على ٥ ٪ من الوزن الجاف لأنسجة الأوراق . كما وجد أن الجيل الأول الهجين بين هذا النوع والطماطم ، وكذا السلالات المنعزلة فى الأجيال التالية .. يتراكم فيها الصوديوم بحرية كما فى النوع البرى ؛ مما دفع الباحثين إلى اقتراح تقييم قدرة النباتات على تحمل الملوحة ؛ من خلال تقدير مستوى الصوديوم المتراكم فى النموات الخضرية (عن Rick ١٩٨٢) .

هـ – توجد صفة القدرة على تحمل قلوية التربة فى النوع S . rickii .

٢ – مقاومة الآفات ؛ ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – مقاومة الأمراض :

تتوفر بمختلف الأنواع البرية للجنس Lycopersicon جينات تتحكم فى المقاومة لثمانية وعشرين مسبباً مرضياً ؛ نقل منها – بالفعل – إلى أصناف الطماطم التجارية جينات المقاومة لستة عشر مسبباً مرضياً منها (جدول ١ – ٥) . كما اكتشفت فى هذه الأنواع كذلك صفات المقاومة لبعض العيوب الفسيولوجية ؛ مثل تعفن الطرف الزهرى ، والتلون الفضى. وجدير بالذكر أن المقاومة لبعض المسببات المرضية وجدت فى أكثر من نوع برى ، كما فى حالة المقاومة للتسوس البكتيرى ، وفيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم ، بينما وجدت المقاومة فى نوع واحد فقط كما فى حالة المقاومة للذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجذور . وغنى عن البيان أن هذه القائمة لجينات المقاومة للأمراض فى ازدياد مستمر ؛

بما يضيفه إليها الباحثون .

ب – المقاومة للحشرات والعناكب :

تتوفر بمختلف الأنواع البرية للجنس Lycopersicon جينات تتحكم فى المقاومة لما لايقل عن ست عشرة آفة حشرية وأكاروسية .. تصل المقاومة فى بعضها إلى مستوى المناعة، وهى مبينة فى جدول (١-٦) (عن Rick ١٩٨٢) . وهذه القائمة لجينات المقاومة للحشرات والعناكب – كسابقتها – فى ازدياد مستمر . وقد أضيف إليها – على سبيل المثال لا الحصر – مقاومة كل من الآفات التالية فى النوع L. pennellii (عن Lemke & Mutschler ١٩٨٤) :

– الأكاروس (carmine) Tetranychus cinnabarinus .

– الأكاروس (2 - spotted spider mites) T. urticae .

– ذبابة البيوت المحمية البيضاء (greenhouse whitefly) Trialeurodes vaporariorum .

– من البطاطس (potato aphid) Macrosiphum euphorbiae

يعتبر النوع L. hirsutum – وحده – مصدراً لمقاومة أربع عشرة حشرة ؛ كما يعد المصدر الوحيد المعروف لمقاومة تسع من هذه الحشرات . تختلف طبيعة مقاومة الحشرات فى هذا النوع ، ومن بين مسببات المقاومة التى اكتشفت فيها ما يلى :

(١) سمية مركب 2 - tridecanone (وهو من الـ sesquiterpenoids) ، الذى تفرزه الشعيرات الغدية ، لحشرة Manduca sexta (أو tobacco hornworm) .

(٢) احتواء النموات الخضرية للنوع البرى على اثنين آخرين من الـ sesquiterpen-oids ، التى تجعل النبات مقاوماً للأكاروس Tetranychus urticae (أو two - spotted spider mite) .

جدول (١-٥) : مصادر المقاومة للأمراض في الجنس Lycopersicon (عن Rick وآخرين ١٩٨٧).

المرض		المسبب	الأنواع التي تتوفر فيها مصادر المقاومة
	BACTERIA		
الأمراض البكتيرية:			
التسوس البكتيري	*Bacterial canker	Corynebacterium michiganese	L. hirsutum, peruvianum, L. pimpinellifolium
الذبول البكتيري	*Bacterial wilt	Pseudomonas solanacearum	L. pimpinellifolium
النقط البكتيرية	*Bacterial speck	Pseudomonas tomato	L. pimpinellifolium
البقع البكتيرية	Bacterial spot	Xanthomonas vesicatoria	L. esculentum var. cerasiforme
	FUNGI		
الأمراض الفطرية			
عفن الرقبة	Collar rot	Alternaria solani	L. hirsutum, peruvianum, pimpinellifolium
تلطخ الأوراق	*Leaf mold	Cladosporium fulvum	L. esculentum var. cerasiforme
الانثراكنوز	*Fruit anthracnose	Colletotrichium coccodes	L. esculentum var. cerasiforme
البقع الورقية	Target leaf spot	Corynespora cassiicola	L. pimpinellifolium
تسوس دايديميلا	Didymella canker	Didymella lycopersici	L. hirsutum
الذبول الفيوزاري	*Fusarium wilt	Fusarium oxysporum	L. pimpinellifolium
لفحة فوما	Phoma blight	Phoma andina	L. hirsutum
اللفحة المتاخرة	*Late blight	Phytophthora infestans	L. pimpinellifolium (ancestry suspected)
عفن الثمار الفيتوفثوري	Phytoph. fruit rot	Phytophthora parasitica	L. pimpinellifolium
عفن الجذور الفيتوفثوري	Phytoph. root rot	Phytophthora parasitica	L. esc. var. cerasiforme
الجذر الفليني	*Corky root	Pyrenochaeta lycopersici	L. peruvianum
التبقع الورقي	*Leaf spot	Septoria lycopersici	L. esculentum var. cerasiforme, hirsutum, pimpinellifolium
تبقع الأوراق الرمادي	*Grey leaf spot	Stemphylium solani	L. pimpinellifolium
ذبول فيرتسيليم	*Verticillium wilt	Verticijilium albo-atrum	L. esculentum var. cerasiforme
ذبول داليا	Dahlia wilt	Verticillium dahliae	L. peruvianum
	NEMATODES		
الأمراض النيماتودية			
نيماتودا البطاطس المتحوصلة	Potato cyst nematode	Globodera pallida	L. hirsutum
نيماتودا بنجر السكر	Sugarbeet nematode	Heterodera schactii	L. pimpinellifolium
نيماتودا تعقد الجذور	*Root-knot nematode	Meloidogyne incognita	L. peruvianum
	VIRUSES		
الأمراض الفيروسية			
فيرس تبرقش الخيار	Cucumber mosaic virus	CMV	L. peruvianum S. lycopersicoides
فيرس التفاف القمة	*Curly top virus	CTV	L. peruvianum
فيرس Y البطاطس	*Potato Y virus	PYV	L. esculentum var. cerasiformes
فيرس الذبول المتبقع	*Spotted wilt virus	SWV	L. pimpinellifolium
فيرس تبرقش الدخان	*Tobacco mosaic virus	TMV	L. peruvianum
فيرس اصفرار والتفاف اوراق الطماطم	Tomato yellow leaf-curl virus	TYLCV	L. cheesmanii, hirsutum, peruvianum, pimpinellifolium

* نقلت الجينات عن المقاومة لهذه المسببات المرضية إلى أصناف تجارية من الطماطم .

جدول (١-٦) : مصادر المقاومة للحشرات والعناكب فى الجنس Lycopersicon .

الأنواع المقاومة	الآفـــة	
	Coleoptera	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Leptinotarsa decemlineata* (Colorado potato beetle)	خنفساء كولورادو
L. hirsutum f. *glabratum*	*Epitrix hirtipennis* (Tobacco flea beetle)	
	Diptera	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Liriomyza munda* (Leafminer)	نافقات الأوراق
L. hirsutum f. *glabratum*	*L. sativae* (Vegetable leafminer)	
	Homoptera	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Aphis gossypii*	من القطن
L. hirsutum f. *glabratum*	*A. gossypii*	من القطن
L. peruvianum, *S. pennellii*	*Macrosiphon euphorbiae* (Potato aphid)	من البطاطس
L. hirsutum f. *glabratum*	*Myzus persicae* (Peach aphid)	من الخوخ الأخضر
L. hirsutum, *S. pennellii* *L. pimpinellifolium*, *chilense*	*Trialeurodes vaporariorum* (Greenhouse whitefly)	ذبابة البيوت المحمية البيضاء
	Lepidoptera	
L. hirsutum, *L. h.* f. *glabratum*	*Heliothis zea* (Tomato fruitworm)	دودة ثمار الطماطم
L. cheesmanii f. *minor*, *L. hirsutum*, *L. peruvianum* (*glandulosum*)	*Keiferia lycopersicella* (Tomato pinworm)	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Manduca sexta* (Tobacco hornworm)	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Scrobipalpula absoluta* (Leafminer)	نافقات الأوراق
L. pimpinellifolium, *L. esculentum* var. *cerasiforme*	*Spodoptera exigua* (Sugarbeet armyworm)	
	Acarina	
L. hirsutum f. *glabratum*	*Tetranychus cinnibarinum* (Carmine spider mite)	أكاروس
L. pennellii		
L. hirsutum f. *glabratum*	*T. urticae* (Two-spotted spider mite)	أكاروس

(٣) تعد الشعيرات الكثيفة التى تغطى مختلف النموات الخضرية للنبات مسئولة عن مقاومته لحشرة ذبابة البيوت المحمية البيضاء Trialeurodes vaporariorun .

ويتميز النوع S. ochranthum – كذلك بمقاومة عديد من الآفات .

ولمزيد من التفاصيل عن جيرمبلازم الطماطم ، والأنواع الأخرى التابعة للجنس Lycopersicon ، والأنواع القريبة منها التى تتبع الجنس Solanum ، والصفات الهامة التى تتوفر فيها .. يراجع Rick (١٩٧٤ ، و ١٩٧٨ ، و ١٩٧٩ أ ، و ١٩٨٠ ، و ١٩٨٢) ، و Rick وآخـــرون (١٩٨٧) ، و Esqinas - Alcazar– (١٩٨١) ، و Stevens & Rick (١٩٨٦)، و Taylor (١٩٨٦) ، و Mutschler وآخـرون (١٩٨٧) ، و Warnock (١٩٨٨) ، وتقارير تعاونية وراثة الطماطم Tomato Genetics Cooperative رقما ٣٧ ، و ٣٨ لعامى ١٩٨٧ ، و ١٩٨٨ .

الهجن الجنسية بين الجنسين Lycopersicon ، و Solanum

بالرغم من أنه أمكن دمج بروتوبلازم الطماطم مع بروتوبلازم البطاطس ، وأنتجت نباتات هجين تحمل الهيئتين الكروموسوميتين الكاملتين لكل من البطاطس والطماطم .. إلاّ أن هذه النباتات كانت عقيمة عقماً تاماً ، ولم تكن مبشرة ؛ حيث عانت من تغيرات مورفولوجية كثيرة غير طبيعية . ومع ذلك .. فإن ما يهمنا هنا هو الهجن الجنسية (بين الجنسين) التى تجرى بالطريقة الجنسية (بالتلقيح والإخصاب) ، وهى التى لا يعرف منها إلى الآن سوى الهجين بين النوع S. lycopersicoides كأب ، وبين أنواع مجموعة esculentum المركبة esculentum complex ، والتى منها L . esculentutn ، و L . pimpinellifolium ، و L . cheesnanii ، و L. pennellii .

وبالرغم من سهولة إجراء التهجين بين الطماطم L. esculentum كأم ، والنوع S. lycopersicoides كأب ، والحصول على بذور من هذا الهجين الجنسى .. إلا أن نباتات جيل الأول تكون عقيمة عقماً تاماً . وقد أمكن مضاعفتها بالكلوشيسين ، وإنتاج نباتات متضاعفة هجينياً alloploids ، تحتوى على الهيئتين الكروموسوميتين الكاملتين للأبوين ، وإكثار هذه النباتات بالتلقيح فيما بينها .. إلاّ أن ذلك لم يغد فى تحسين الطماطم ؛ إذ

فشلت التلقيحات الرجعية إلى الطماطم . وقد أمكن مؤخراً إنتاج نباتين ثلاثيين متضاعفين هجينياً allotriploids ، يحتوى كل منهما على الهيئة الكروموسومية الكاملة للطماطم مع العدد الأحادى لكروموسومات النوع S. lycopersicoides . استخدم فى إنتاج هذا الهجين الثلاثى السلالة LA 1964 من النوع البرى .. وهى التى وجدت نامية فى بيرو على ارتفاع ٣٢٥٠ متراً ، والتى تتحمل الصقيع بدرجة عالية . وتهدف هذه المحاولات إلى نقل صفة القدرة على تحمل الصقيع من S. lycopersicoides إلى الطماطم . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Rick وآخرون (١٩٨٧) .

الهجن النوعية في الجنس Lycopersicon

التهجين بين مختلف أنواع الجنس

يلخص جدول (١ – ٧) مدى إمكانية نجاح الهجن النوعية بين مختلف أنواع الجنس Lycopersicon (عن Hogenboom ١٩٧٢ ، و Taylor ١٩٨٦) . يتضح من الجدول أن معظم أنواع مجموعة ascuentum المركبة (وهى L. esculentum ، و L. pimpinellifolium، و L. cheesmainii ، و L. parviflorum و L. chmielewskii ، و L. pennellii) تتلقح مع بعضها البعض ، ومع الأنواع الأخرى بدرجات مُتفاوته من التعقيد .

جدول (١ – ٧) : مدى إمكانية نجاح الهجن النوعية بين مختلف أنواع الجنس Lycopersicon (١).

الآباء / الأمهات	*L. esc.*	*L. pimp.*	*L.chmi& L. parv.*	*L.chees.*	*L. penn.*	*L. hirs.*	*L. chi.*	*L. peruv.*
L. esc.	C	C	C	C	C	C	EA	EA
L. pimp.	C	C	C	C	C	C	EA	EA
L. chmi&L. parv.	C,UI,EA	C,UI	C	C	C	EA	EA	EA
L. chees.	C	C	C	C	?	?	EA	EA
L. penn.	UI	UI	UI	?	SI	EA	EA	EA
L. hirs.	C,UI	C,UI	C,UI	?	EA	C,SI,UI	?	EA
L. chi.	UI	UI	UI	UI	EA	?	SI	EA
L. peruv.	UI	UI	UI	UI	EA	UI	EA	SI

C (I) : التلقيح متوافق ولاتوجد موانع .

SI : يوجد عدم توافق ذاتى Self Incompatibility .

UI : يوجد عدم توافق عند إجراء التلقيح فى هذا الاتجاه Unilateral Incompatibility .

EA : يفشل الجنين فى إكمال نموه Embryo Abortion .

? : لاتعرف إمكانات نجاح هذا التهجين .

معوقات نجاح الهجن النوعية في الجنس Lycopersicon

تتساوى جميع أنواع الجنس Lycopersicon فى عدد الكروموسومات ، كما تتشابه كروموسوماتها المثيلة إلى حد كبير ؛ لذا فإن موانع نجاح الهجن النوعية لا يمكن إرجاعها إلى أسباب كروموسومية ، وإنما لا بد أنها ترجع إلى الاختلافات الجينيه الكبيرة ، التي نشأت بين الأنواع المختلفة خلال مراحل تطورها . وتقسم معوقات نجاح الهجن النوعية إلى قسمين ، هما : المعوقات السابقة للإخصاب presyngamic ، والمعوقات التالية للإخصاب postsyngamic .

١ – المعوقات السابقة للإخصاب .. من أهمها مايلى :

أ – عدم قدرة الأنبوبة اللقاحية على النمو في قلم زهرة من نوع آخر ؛ مما يمنع الإخصاب ، وعقد الثمار . تعتبر تلك أكثر أنواع المعوقات شيوعا ، وهى تتشابه – إلى حد كبير مع حالات عدم التوافق التى توجد فى الأنواع L . pennellii ، و L. chilense ، و L. peruvianum ، إلا أنهما تختلفان في عدة نواح ، لذا وجب تمييز كل منهما عن الأخرى . وقد اقترح Hogenboon (١٩٧٢) اسم inconguity لهذا النوع من العوائق .

ب – حالات عدم التوافق التى تؤدى إلى عدم إنبات حبوب اللقاح ، كما يحدث عند تلقيح ن من النوعين L. chilense ، و L . peruvianum بحبوب اللقاح من أى من الأنواع L. chmie - أو ، L. cheesmanii أو ، L. pimpinellifolium أو ، L. esculentu

L . peruvia- من L. parviflorum أو ، lewskii إلا أن اكتشاف سلالات متوافقة ذاتيا

num جعل من الممكن استخدامها كأمهات فى التهجينات السابقة الذكر .

٢ – المعوقات التالية للإخصاب .. من أهمها مايلى :

أ – فشل الجنين فى إكمال نموه embryonic breakdown بعد إجراء التهجين . يحدث ذلك عند تلقيح أى من الأنواع L. esculentum ، و L. pimpinellifolium ، و L. cheesmanii ، و L. chmielewskii ، و L. parviflorum بحبوب لقاح من أى من النوعين L. chilense ، و L. peruvianum . ففى هذه التهجينات .. يتوقف نمو الجنين فى المراحل المبكرة جدا من نموه عندما يكون الأب L. peruvianum ، وفى مراحل متأخرة إلى حد ما عندما يكون الأب L. chilense . ويتم التغلب على هذه المشكلة بفصل الأجنة وزراعتها فى بيئات خاصة ، إلى أن تنمو البادرات الهجين ، حيث تشتل بعد ذلك فى التربة. وتعد هذه المشكلة أكثر تعقيدا فى الهجن النوعية مع L. peruvianum التى تتوقف فيها الأجنة عن النمو فى مرحلة مبكرة من تكوينها ، مقارنة بأجنة الهجن النوعية مع L. chilense ، التى لا تبدأ في الاندثار إلا بعد بلوغها حجما مناسبا ، بحيث يمكن فصلها وزراعتها بسهولة نسبيا .

ب – عدم حدوث انعزال وراثى حر ، بحيث يصعب استرجاع صفات النوع المرغوب . فمثلا يكون الهجين النوعى L. esculentum x L. pennellii خصبا بدرجة تسمح بإنتاج نسل منه ، ويكون من السهل إجراء التهجين الرجعى للجيل الأول إلى الطماطم ، إلا أنه لا يحدث انعزال حر للجينات في المواقع القريبة من السنترومير ، مما يعيق استرجاع صفات الأب الرجعى ، ويبطىء من التقدم فى برنامج التربية .

وبالإضافة إلى ماتقدم ذكره من عوائق أمام نجاح الهجن النوعية .. فإنه قد توجد – أحيانا – عوائق امام نجاح الهجن بين الأصناف النباتية لنفس النوع . فالصف النباتى L. peruvianum var. humifusum لا يلقح مع معظم سلالات الصنف النباتى الممثل للنوع .. L. peruvianum var peruvianum . فعند إجراء التلقيحات بينهما .. تعقد الثمار بصورة طبيعية ، إلا أن الأجنة تتوقف عن النمو بعد فترة من بداية تكوينها ، وبذا .. لا تتكون أية بذور مكتملة النمو . ويحدث ذلك أيا كان اتجاه التهجين (Rick ١٩٧٩ب) .

كذلك توجد عوائق أخرى نشأت من العزل الجغرافى لنوع ما عن بقية الأنواع ، ويعد النوع L. cheesmanii أفضل مثال على ذلك . ينتشر هذا النوع – منفردا – في جزر جالاباجوس ، كما لايوجد ناميا بريا فى أى مكان آخر . ويمكن التهجين بسهولة بينه وبين الأنواع القريبة من مجموعة esculentum المركبة مثل L. esculentum ، و L. pimpi-nellifolium ، ويكون الجيل الأول الهجين والأجيال التالية تامة الخصوبة ، فلا تفشل الجاميطات فى التكوين بنسبة أكبر مما يحدث فى الآباء ؛ إلا أن كثيرا من النباتات المنعزلة تكون غير مثمرة ، وضعيفة النمو ، مما يدل على وجود حالة من عدم التناسق بين جينات نوعي الآباء ، ترتبت على تطور كل منهما منفصلا ومعزولا – كليا – عن النوع الآخر .

الهجين النوعى بين L. peruvianum ، و L. esculentum

تؤدى حالة عدم التوافق – التى توجد فى النوع L. peruvianum – إلى استحالة استخدامه كأم فى التلقيحات مع الطماطم ، حيث يتوقف نمو الأنابيب اللقاحية قبل حدوث الإخصاب ، كما لايحدث تخصيب للبيضات حتى لو وصلت أية أنبوبة لقاحية فى نموها إلى موضع البيضات فى المبيض ، وبذلك لا تعقد الثمار ، ويطلق على استحالة إجراء التهجين بين النوع L. peruvianum والطماطم – عند استخدام النوع البرى كأم – اسم unilateral incompatibility أما عند استخدام النوع البرى كأب فى تلقيحات مع الطماطم .. فإنه يحدث اخصاب ، وتعقد الثمار، وتستمر فى نموها ، إلا أنها تكون خالية من البذور ، نظرا لأن الأجنة الهجين تتوقف عن النمو فى مرحلة مبكرة من تكوينها ، ثم تندثر . ويطلق على ظاهرة اندثار الأجنة اسم embryo abortion .

وقد أمكن العثور على سلالات متوافقة ذاتيا من L. peruvianum ، كانت تجهيناتها مع الطماطم خصبة عندما استخدم النوع البرى كأم ؛ وبهذا .. أمكن الحصول على بذور الجيل الأول الهجين ، إلا أن نباتات الجيل الأول الهجين لم يمكن تهجينها رجعيا إلى الطماطم ، الأمر الذى يجعل هذه الهجن بغير ذى فائدة فى تحسين الطماطم .

ولقد حظى الهجين النوعي بين الطماطم والنوع البرى L. peruvianum عند استخدام الأخير كأب – باهتمام كثير من الباحثين ، في محاولة منهم للتغلب على مشكلة اندثار الأجنة. ومن أهم المحاولات التى أمكن التوصل إليها فى هذا الشأن مايلى :

١ – تمكن P. G. Smith في عـام ١٩٤٤ من نقل الأجنة المتكونة – وهى فى بداية مراحل تكوينها – إلى بيئات خاصة ، إلى أن أكملت نموها ، وأعطت بادرات الجيل الأول الهجين فى أنابيب الاختبار ، ثم شتل البادرات بعد ذلك وراعاها ، إلى أن أكملت النباتات نموها . وجدير بالذكر أن نباتات الجيل الأول الهجين لا يمكن تهجينها – رجعيا – إلى الطماطم ، إلا بعد اللجوء إلى مزارع الأجنة مرة أخرى . أما التهجينات الرجعية التالية .. فإنها تنجح دونما حاجة إلى مزارع الأجنة ، وتعطى بذورا مكتملة النمو (عن Thomas & Pratt١٩٨١) . وقد نجح اتباع هذه الطريقة واستخدمها الكثيرون (مثل Saccardo وآخرون ١٩٨١) في التغلب على ظاهرة اندثار الأجنة فى هذا الهجين النوعى .

وتكمن صعوبة هذه الطريقة فى ضرورة فصل الأجنة عن الإندوسبرم وهى مازالت فى مرحلة مبكرة جدا من تكوينها إلى درجة يصعب معها تداولها . وقد وجد Barbano & Topoleski (١٩٨٤) أن الإندوسبرم يختفى تماما بعد ١٠ أيام من التلقيح ، إلا أن الجنين يستمر فى النمو ككتلة غير متميزة من خلايا الكالوس callus ، إلى أن يندثر – تماما – بعد مرور ٢٤ يوما على التلقيح .

٢ – استخدام Laterrot طريقة مخلوط حبوب اللقاح pollen mixture technique ، وفيها تلقح أزهار الطماطم بخليط من حبوب لقاح نفس صنف الطماطم مع حبوب لقاح النوع البرى . ويراعى – عند اتباع هذه الطريقة – أن يكون صنف الطماطم المستخدم فى التلقيح حاملا لجين مُعلم marker gene متنح يظهر تأثيره فى البادرة ، حتي يمكن تمييز النباتات التي نتجت من التهجين النوعى عن تلك التى نتجت من التلقيح الذاتى . وتنتج بذور الجيل الثانى بتلقيح نباتات الجيل الأول الهجين بخليط من حبوب لقاح جميع هذه النباتات . ويجرى التهجين الرجعى الأول بنفس طريقة إنتاج بذور الجيل الأول الهجين (عن Makkouk & Laterrot ١٩٨٣) . وقد تمكن Saccardo وآخرون (١٩٨١) من تطبيق طريقة مخلوط حبوب اللقاح لإنتاج بذور التهجين الرجعى الأول باستعمال مخلوط من حبوب لقاح عدد كبير من أصناف وسلالات الطماطم ، التى تختلف فى خلفيتها الوراثية فى تلقيح نباتات الجيل الأول الهجين .

٣ – تمكن Nirk (١٩٥٩) من إجراء التهجين النوعى بين الطماطم وسلالة من النوع L. peruvianum (كانت – حينئذ – تتبع الصنف النباتى dentatum) – بعد تطعيمهما معا بطريقة التطعيم اللسانى المتبادل – مع استخدام الطماطم كأم فى التهجين . وقد حصل بهذه الطريقة على بذور الجيل الأول الهجين . ثم على بذور الهجين الرجعى الأول. كما تمكن E. Gunther فى عام ١٩٦٤ (عن Rick ١٩٧٩ ب) من إنتاج كيميرا من L. esculentum ، و L. peruvianum ، كان فيها نسيج قلم الزهرة من L. esculetum ، بينما كانت الأنسجة الجنسية (طبقة L_2 التى تعطى الـ sporogenous tissue) من L. peruvianum . وقد ساعدت هذه الكيميرا كثيرا من الباحثين على إنتاج الهجن النوعية مع سلالات الطماطم التى يفضلونها .

٤ – أمكن استخدام النوع L. chilense كنوع قنطرى bridge species بين الطماطم والنوع L. peruvianum . وقد اتبعت هذه الطريقة فى نقل صفة المقاومة للبكتيريا Corynebacterium michiganense المسببة لمرض التسوس البكتيرى من النوع الأخير إلى الطماطم . وقد تم ذلك بتهجين الطماطم كأم مع L. chilense كأب ، واستخدام الجيل الأول الهجين الناتج كأم فى تهجينات مع L. peruvianum ، ثم استخدام الهجين الثلاثى الناتج كأب فى تهجينات رجعية إلى الطماطم (عن Taylor ١٩٨٦) .

٥ – نجح Thomas & Pratt (١٩٨١) فى إجراء الهجين النوعى بين صنف الطماطم VFNT Cherry كأم ، والسلالة LA1283-4 من L. peruvianum كأب ، باللجوء إلى مزارع الأنسجة من كالوس أجنة الهجن النوعية . فقد حصل الباحثان – لدى زراعتهما للبويضات الكاملة (بما تحتويه من أجنة غير مكتملة النمو للهجين النوعى) – على نسيج كالوس هجين فى ١٢ ٪ من الحالات ، أمكن دفعها لتكوين نباتات منها . وتأكد لدى الباحثين أن هذه النباتات كانت هجناً نوعية ، وذلك من خلال صفاتها المورفولوجية ومن دراسات الطرز الإنزيمية . وقد كانت النباتات المتكونة ثنائية التضاعف أو رباعية التضاعف ، وظهر نبات ثنائى واحد على الأقل فى ٤٠ ٪ من مزارع أنسجة الأجنة ؛ وبذا .. أمكن الحصول على نبات ثنائى واحد على الأقل فى ٤ ٪ من حالات زراعة الأجنة غير المكتملة التكوين . وبالمقارنة .. لم يعثر الباحثان على جنين واحد يصلح للزراعة فى مزارع الأجنة لدى

تشريحهما لأكثر من ٤٠٠ بذرة غير مكتملة التكوين لهذا الهجين النوعى . وقد تمكن الباحثان من إجراء التهجين الرجعى الأول للطماطم بنفس طريقة كالوس الأجنة embryo callus .

٦ – تمكن Imanishi & Chen (١٩٨٩) من الحصول على هجن نوعية بين الطماطم كأم والنوع L. peruvianum كأب ، باستخدام مزارع البويضات غير الناضجة immature ovules من الثمار الملونة الناتجة من التلقيحات النوعية ، على بيئة MS Agar . وقد أجرى الباحثان التهجينات بين أصناف الطماطم Early Pink ، و Kyoryoku Toko ، و Sekaiichi ، و Giban N0.1 وكل من السلالتين P.I.128652 ، و P.I.1270435 من L. peruvianum ، و السلالة P.I. 128644 من L. peruvianum var. glandulosum .

٧ – وجد C.M. Rick سلالتين من L. peruvianum (هما : LA1708 و LA2172) تتهجنان بسهولة تامة مع الطماطم ؛ وتبين أن الجيل الأول الهجين كان متوافقاً ذاتياً جزئياً ، وأمكن تهجينه رجعياً إلى الطماطم . وقد ذكر Lindhout & Purimahua (١٩٨٨) أن هاتين السلالتين لا تتلقحان مع أية سلالة أخرى من النوع L. peruvianum، بالرغم من انتمائهما – مورفولوجيا – إلى هذا النوع ؛ ولم يمكن استعمالهما كقنطرة للتلقيح بين الطماطم والسلالات الأخرى من L. peruvianum . إلا أن Lobo & Marulanda (١٩٨٩) وجدا أن الهجين بين السلالة LA2394 من L. esculentum var. cerasiforme كأم ، والسلالة LA1708 من L. peruvianum كأب كان خصباً ، وكانت نباتات الجيل الأول الهجين خصبة فى تهجيناتها مع السلالات الأخرى من L. peruvianum ، وأعطت التلقيحات بينها أعداداً كبيرة من البذور الجيدة ؛ مما يسمح باستعمال هذا الهجين النوعى كقنطرة وراثية بين كل من الطماطم ، و L. peruvianum .

وقد وجد أيضاً – أن السلالة PE-23 من L. peruvianum كانت متوافقة مع الطماطم بدرجة عالية . وقد تمكن Ayuso وآخرون (١٩٨٧) من استخدام الهجين النوعى بينهما كقنطرة وراثية للتهجين بين الطماطم والسلالات العديمة التوافق معها من L. peruvianum. ويفضل الباحثون استخدام الهجين النوعى القنطرى كأم فى التلقيحات مع السلالات الأخرى . وتجدر الإشارة إلى أن نسبة كبيرة من هذه التلقيحات لا تنجح ، وأن عدد البذور

فى الثمار العاقدة يتراوح من ٢ ر٠ - ٠ ر١٠ بذور / ثمرة ، إلا أن هذه البذور تكفى للتغلب على مشكلة العقم بين الطماطم والنوع L. peruvianum . وقد تمكن الباحثون من استخدام الهجين النوعى القنطرى كأب كذلك فى التلقيحات مع السلالات الأخرى من L. peruvianum ؛ حيث أعطت هذه التلقيحات بعض البذور التى احتوت على أجنة .

كما حُصل على بذرة واحدة من هجين بين الطماطم كأم مع السلالة PI 127828 من L. perviaunum var. humifusum كأب ، واستخدم الهجين النادر فى إنتاج سلسلة من السلالات القنطرية bridging lines للتهجين بين الطماطم وجميع سلالات النوع L. peruvianum .

ولمزيد من التفاصيل عن الوسائل المتبعة للتغلب على مشاكل العقم فى الهجين النوعى بين الطماطم ، و L. peruvianum .. يراجع Boukema & Den Nijs (١٩٨٤) ، و Taylor (١٩٨٦) .

تداول الطماطم لأغراض التربية

يتطلب الإلمام بطرق تربية الطماطم التعرف على كيفية تداول النبات لأغراض التربية (مثل كيفية إجراء التلقيحات وجمع واختبار حبوب اللقاح ... إلخ) ، ويستلزم ذلك بالضرورة دراسة طبيعة الإزهار فى نبات الطماطم . وتشكل هذه الموضوعات الثلاثة غالبية الجزء المتبقى من هذا الفصل .

طبيعة النمو

تقسم أصناف الطماطم - حسب طبيعة نموها growth habit - إلى قسمين : محدودة النمو determinate ، وغير محدودة النمو indeterminate ؛ وذلك حسب طريقة نمو ساق النبات ، وطبيعة تكوين النبات للعناقيد الزهرية ؛ ففى الأصناف المحدودة النمو (والتى يطلق عليها أيضاً اسم ذاتية التقليم self pruning) .. تظهر النورات على ساق النبات بمعدل نورة كل ورقة ، أو ورقتين . وبعد فترة من النمو تتكون نورة طرفية ، ويكمل النبات نموه من التفرعات الجانبية التى تتكون عليها نورات بنفس الطريقة . ونتيجة لذلك .. ينتج النبات عدداً كبيراً - نسبياً - من النورات لكل طول معين من الساق ، كما تنضج ثماره فى فترة

وجيزة بالمقارنة بالأصناف غير المحدودة النمو . ففى الأخيرة .. تظهر النورات على الساق بمعدل نورة لكل ثلاث أوراق ، وتستمر الساق فى النمو ما دامت الظروف البيئية مناسبة .

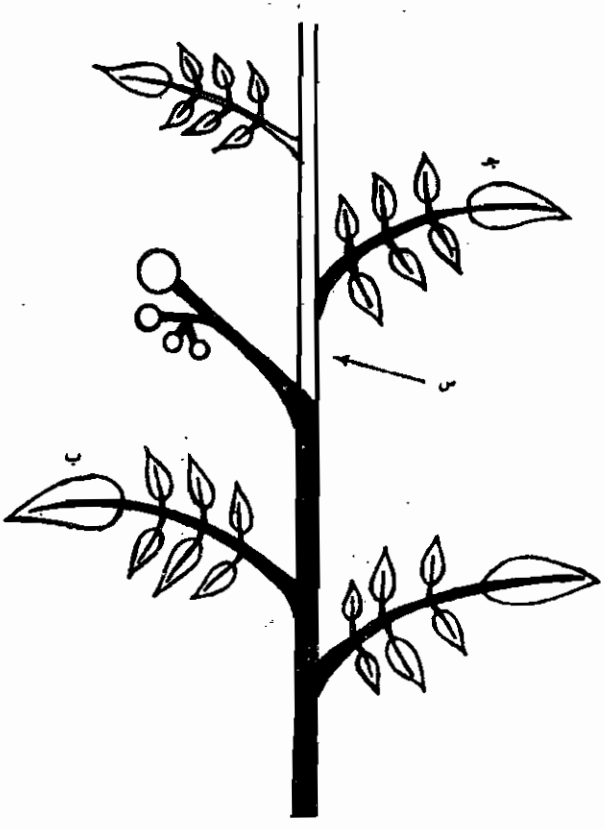
ويعطى نبات الطماطم – عادة – سبع أوراق على الأقل قبل أن يبدأ فى إعطاء أول عنقود زهرى . ولا تختلف الطماطم القزمية Dwarf عن الطبيعية النمو إلا فى قصر سلامياتها كثيراً مما فى الأصناف العادية .

نورة الطماطم . وطريقة تكوينها

يطلق على نورة inflorescene الطماطم اسم عنقود زهرى Flower cluster ، أو truss . وهى تعد – من الناحية النباتية – نورة محدودة وحيدة الشعبة mon-ochasial cyme برغم أنها تبدو كنورة غير محدودة عنقودية بسيطة simple raceme .

تنشأ نورة الطماطم – دائماً – من القمة النباتية ، وذلك بعد أن تتكون منها (أى من القمة النامية) عدة مبادىء أوراق . وعند تكون النورة يتغير شكل القمة الميرستمية ، فتميل إلى الاستطالة ، وتزيد فى القطر ، وبذلك تتحول من الحالة الخضرية إلى الحالة الزهرية ، وتنتج عنقوداً من البراعم الزهرية ، يعطى – فيما بعد – أول عنقود زهرى . وبعد تحول القمة النامية إلى عنقود زهرى بهذه الطريقة .. يكمل النبات نموه الخضرى من النسيج الميرستيمى secondary dome الموجود فى إبط آخر مبادىء الأوراق التى سبق تكوينها . وتتكون مبادىء الأوراق الجديدة من هذه القمة الثانوية – التى تأخذ وضع النمو الطرفى – قبل أن تتميز مرة أخرى ، معطية ثانى العناقيد الزهرية ، ثم يعقب ذلك تكوين قمة نامية خضرية جديدة ... وهكذا يستمر نبات الطماطم فى نموه ، معطياً سلسلة متعاقبة من النمو الخضرى الجانبى . وتعرف هذه الطريقة من النمو باسم النمو الكاذب المحور Sympodial Growth . ويلاحظ أن آخر الأوراق المتكونة – قبل تكون العنقود الزهرى – تنمو لأعلى على محورها ؛ فتبدو بذلك فى وضع أعلى من العنقود الزهرى الذى يدفع جانباً أثناء نمو الفرع الجديد من القمة النامية الجديدة ؛ وبذلك يبدو النمو الخضرى كما لو كان مستمراً من القمة النامية للنبات ، وتبدو العناقيد الزهرية كما لو كانت محمولة جانبياً على السلاميات . ويوضح شكل (١ – ١٠) طبيعة هذا النمو .

ويلاحظ فى الشكل أن الأوراق أ ، ب ، جـ تنشأ قبل تكون الأزهار ، إلا أن الورقة (جـ) تحمل إلى أعلى محورها (س) ، دافعة العنقود إلى أحد الجوانب . أما الورقة (د) .. فإنها ستكون أول ورقة نشأت من النمو الجانبى (Calvert ١٩٧٣) . ولمزيد من التفاصيل عن النمو الكاذب المحور لنبات الطماطم .. يراجع Atherton & Harris (١٩٨٦) .

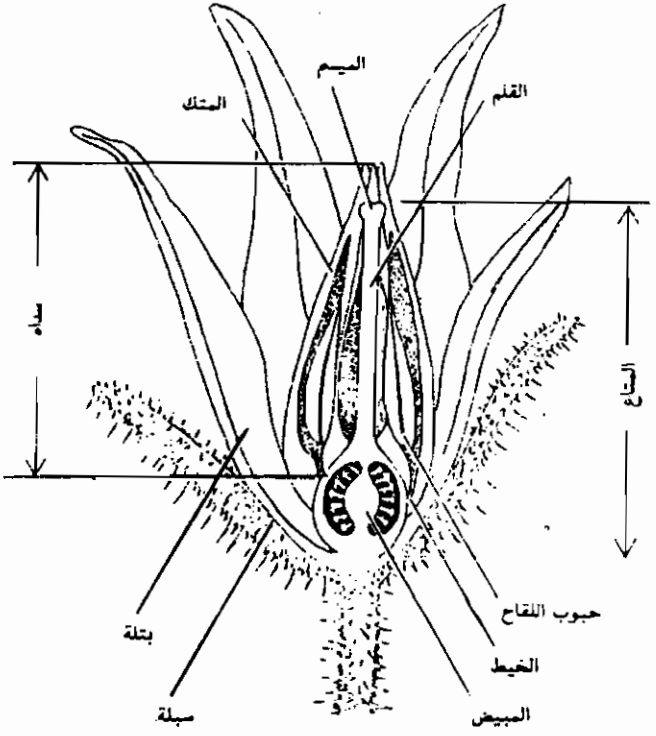


شكل (١-١٠) : طبيعة النمو الكاذب المحور Sympodial Growth فى الطماطم .

الأزهار

تتكون زهرة الطماطم من ٥ - ١٠ سبلات منفصلة ، تبقى خضراء حتى تنضج الثمرة ، وتزداد معها فى الحجم . ويتكون التويج من خمس بتلات أو أكثر ، تكون ملتحمة فى

البداية ، وتكون أنبوبة قصيرة حول الطلع والمتاع ، ثم تتفتح البتلات ، ويظهر الطلع المتكون من خمسة أسدية أو أكثر ، فوق بتلية تكون خيوطها قصيرة ، ومتوكها طويلة ملتحمة ، ومكونة لأنبوبة سدائية anthredial cone تحيط بالمتاع . يتكون المتاع من مبيض عديد المساكن ، ويكون القلم طويلاً ورفيعاً يصل إلى قمة الأنبوبة السدائية ، وقد يبرز خارجها بمقدار يصل فى بعض الأصناف – تحت ظروف خاصة – إلى مسافة ٣ مم . ينتهى القلم بميسم بسيط ، أو منتفخ قليلاً . وتتكون البراعم الزهرية بالتوالى على العنقود الزهرى الواحد ، ويكون أحدثها فى قمة العنقود . وكثيراً ما يشاهد العنقود الواحد وبه براعم زهرية ، وأزهار متفتحة ، وأزهار عاقدة ، وثمار صغيرة فى آن واحد . ويبين شكل (١ – ١١) تخطيطاً لزهرة الطماطم .



شكل (١–١١) : تركيب زهرة الطماطم (عن Rick ١٩٧٨)

تتفتح زهرة الطماطم بين الساعة السابعة والساعة الثامنة صباحاً ، ويصل انتثار حبوب اللقاح وتفتح المتوك إلى أقصاه بين الساعة التاسعة والساعة الحادية عشرة صباحاً (Sood & Saimi ١٩٧١) .

التلقيح

تتلقح الطماطم ذاتياً فى الطبيعة ، ويساعد على ذلك وجود الميسم داخل الأنبوبة السدائية الذى يعمل على ضمان وصول حبوب اللقاح إلى ميسم نفس الزهرة بعد تفتح المتوك . إلا أنه قد تحدث – أحياناً – نسبة من التلقيح الخلطى ، وتبلغ هذه النسبة ١ ٪ تحت ظروف ولاية كاليفورنيا (Tanksley & Jones ١٩٨١) ، ونادراً ما تزيد نسبة التلقيح الخلطى على ٥ ٪ باستثناء المناطق الاستوائية ؛ حيث تصل النسبة فيها إلى ١٥ ٪ – ٢٥ ٪ (Purseglove ١٩٧٤) .

تخلو زهرة الطماطم من الرحيق ، وإذا زارتها الحشرات .. فإن ذلك يكون بغرض جمع حبوب اللقاح . وتعتبر الحشرات مسئولة عن التلقيح أيا كانت نسبته . ومن أهم الحشرات فى هذا الشأن : نحل العسل ، والنحل الطنان (McGregor ١٩٧٦) .

ومن أهم الظروف التى تؤدى إلى زيادة التلقيح الخلطى فى الطماطم ، مايلى :

١ – زيادة نشاط الحشرات كما هى فى المناطق الاستوائية .

٢ – بروز الميسم من الأنبوبة السدائية ، وهى الظاهرة المعروفة باسم Stigma Exertion . وتتوقف حدتها – أى مدى بروز الميسم من الأنبوبة السدائية – على السلالة ، والصنف ، والظروف الجوية . فهى تحدث طبيعياً فى بعض السلالات والأنواع كما فى L. hirsutum ، و L. chilense ، و L. peruvianum ؛ حيث تزيد الظاهرة من فرصة التلقيح الخلطى ، خاصة عند زيادة النشاط الحشرى . وبالرغم من أن معظم الأصناف التجارية الحديثة من الطماطم ذات أقلام زهرية قصيرة ، إلا أن ميسم الزهرة لبعضها يكون فى مستوى قمة الأنبوبة السدائية . وتسمح هذه الحالة بعقد الثمار ، ولكنها تزيد – أيضاً – من فرصة التلقيح الخلطى . وتعمل بعض الظروف البيئية – مثل : ارتفاع درجة الحرارة ، أو قصرة فترة الإضاءة مع انخفاض شدة الضوء – على بروز الميسم قليلاً من الأنبوبة

السدائية في الأصناف التجارية ؛ ويؤدى ذلك إلى انخفاض نسبة العقد بدرجة كبيرة ، مع احتمال حدوث بعض التلقيح الخلطى إذا توفرت حشرات ملقحة من حقول الطماطم المجاورة .

٣ – زيادة فرصة التلقيح عند خصى الأزهار ؛ بغرض إنتاج بذرة الأصناف الهجين .

هذا .. وتكون المياسم مستعدة للتلقيح قبل تفتح الزهرة بيوم أو يومين إلى ما بعد تفتحها بأربعة أيام إلى ثمانية أيام – وتصل حبوب اللقاح إلى المياسم عند تفتح المتوك طولياً من الداخل (Hawthorn & Pollard ١٩٥٤ ، و George ١٩٨٥) .

كيفية إجراء التلقيح اليدوى

من الطبيعى أن يكون إجراء التلقيح اليدوى عند تفتح الزهرة أكثر نجاحاً مما لو أجرى قبل ذلك ، إلا أن هذا التوقيت يزيد كثيراً من نسبة التلقيح الذاتى (Sood & Saimi ١٩٧١) ؛ لذا .. فإن التلقيح اليدوى يجرى – دائما – قبل تفتح الزهرة ؛ أى وهى مازالت فى طور النمو البرعمى . وأنسب وقت من اليوم لإجراء عملية التلقيح هو ما بين الساعة الحادية عشرة والنصف صباحاً ، والساعة الثانية بعد الظهر (عن Scott & George ١٩٨٠) وتجرى عملية التلقيح اليدوى كما يلى :

١ – تختار الأزهار التى يرغب في تلقيحها قبل تفتحها بيوم أو بيومين . لا يظهر من البرعم الزهرى – حينئذ – سوى الكأس التى تكون محيطة بالتويج ، الذى يكون بدوره ملتحماً ومحيطاً إحاطة تامة بأعضاء الزهرة الجنسية . تزال إحدى السبلات برفق بملقط ذى أطراف مدببة ، ثم يدفع سن الملقط برفق من أحد جوانب البرعم خلال التويج الملتحم ، ويستمر الدفع إلى أن يخترق سن الملقط الأنبوبة السدائية كذلك ، ثم يجذب التويج والأنبوبة السدائية معاً إلى أعلى بواسطة الملقط . يراعى الحرص الشديد عند إجراء هذه الخطوة – التى تعرف بعملية الخصى emasculation – حتى لا يحدث أى ضرر لمتاع الزهرة .

٢ – تختار زهرة متفتحة من النبات الذى يراد استخدامه كأب للتلقيح ؛ حيث تقطف بعنقها . تفتح الأنبوبة السدائية بإمرار سن الملقط طوليا بين متكين ، ثم تفرد المتوك – وهى ما زالت متصلة ببقية أجزاء الزهرة – على ظفر إبهام اليد اليسرى ، ويطرق عليها برفق

بسبابة اليد اليمنى ؛ فتسقط حبوب اللقاح على ظفر الإبهام .

٣ – تستخدم حبوب اللقاح المتجمعة فى تلقيح الأزهار المخصبة ؛ بإمرار مياسمها برفق على ظفر الإبهام ، الذى تجمعت عليه حبوب اللقاح .

٤ – يراعى تعقيم الملقط وأطراف الأصابع ؛ بغمسها فى الكحول قبل البدء فى تلقيح جديد يختلف عن سابقه فى أى من الأبوين .

٥ – لا توجد ضرورة لحماية الأزهار الملقحة من حبوب اللقاح الغريبة إذا أجرى التلقيح داخل البيوت المحمية . أما إذا أجرى التلقيح فى الحقول المكشوفة .. فإنه تفضل حماية الأزهار الملقحة من التلوث بحبوب لقاح غريبة بإحدى طريقتين :

أ – بلف قطعة صغيرة من القطن حول الزهرة الملقحة .

ب – بإحاطة الزهرة الملقحة بكبسولة جيلاتينية ذات حجم مناسب (عن McArdle & Bouwkamp ١٩٨٠) . ويجرى ذلك بعمل قطع فى أحد نصفى الكبسولة على الزهرة ، بعد إمرارها من الفتحة ، التى لايتبقى منها – بعد غلق الكبسولة – سوى ما يكفى لعنق الزهرة فقط .

جـ – باستعمال الكبسولات الجيلاتينية مع القطن – وهى أسهل وأسرع من سابقتها – حيث تلف قطعة صغيرة من القطن حول الزهرة الملقحة ، ثم تُبل بالماء ، وتحاط بأحد نصفى كبسولة ذات حجم مناسب بحيث تلامس الكبسولة قطعة القطن المبللة ، الأمر الذى يؤدى إلى التصاقهما معاً . وعند التأكد من نجاح التلقيح .. يمكن التخلص من الكبسولة – بسهولة – ببل قطعة القطن بالماء مرة أخرى ، ثم جذب الكبسولة . ولهذه الطريقة ميزة أخرى ، وهى أنه يمكن بل قطعة القطن بأحد منظمات النمو المناسبة ؛ للمساعدة على نجاح التلقيح ، ومنع سقوط الأزهار . وقد أدى اتباع طريقة الكبسولات الجيلاتينية هذه إلى زيادة نسبة نجاح التلقيحات فى الطماطم ، والفلفل ، والفاصوليا ، والخيار ، مع استعمال كبسولات بأحجام تتناسب مع حجم الزهرة الملقحة فى كل محصول منها (McArdle& Bouwamp ١٩٨٠) .

د – يعرف نجاح التلقيح بنمو المبيض قليلاً فى الحجم فى غضون (٢ – ٤) أيام من التلقيح (شكل ١ – ١٢) .

شكل (١-١٢) : ثمرة طماطم عاقدة بعد نحو ثلاثة أيام من التلقيح .

جمع حبوب اللقاح

يتطلب الأمر أحياناً جمع حبوب اللقاح بكميات كبيرة ؛ كما هى الحال عند إنتاج الهجن التجارية ، أو عند استخدام صنف أو سلالة معينة فى تلقيح عدد كبير من الأصناف ؛ ففى حالات كهذه .. تجمع حبوب اللقاح من الصنف أو السلالة المستخدمة كأب باستعمال جهاز خاص - يعمل ببطارية - يسمى هزاز vibrator ، يهتز فيه قضيب معدنى بتردد عال لدى تشغيل الجهاز . ويؤدى لمس عنق الزهرة بطرف القضيب - أثناء تشغيل الجهاز - إلى سقوط حبوب اللقاح من الزهرة . وتجمع حبوب اللقاح - آنذاك - فى كبسولة جيلاتينية (شكل١ -١٣) تغطى الكبسولة بمجرد الانتهاء من جمع الكمية المطلوبة من حبوب اللقاح ، ثم تثبت الكبسولات الممتلئة بحبوب اللقاح فى فتحات مناسبة تصنع لهذا الغرض فى قطعة من الاستيروفوم ، لكى يسهل تداولها . تجرى التلقيحات بسهولة - بعد ذلك - بغمس ميسم الزهرة المخصية فى الكبسولة المحتوية على حبوب اللقاح (شكل ١-١٤) ثم هزها برفق ؛ لإسقاط حبوب اللقاح الزائدة (Angell & Robbins ١٩٦٨) . ويعطى Villareal & Lai (١٩٧٨) طريقة تصنيع الهزاز (الذى يسمى أيضاً جامع حبوب اللقاح pollen grain collector) من الخامات البسيطة .

شكل (١-١٣) : جمع حبوب اللقاح فى كبسولة جيلاتينية بواسطة الهزاز vibrator .

شكل (١-١٤) : تلقيح زهرة طماطم مخصية بغمس ميسم الزهرة فى كبسولة جيلاتينية تحتوى على حبوب لقاح سلالة الأب .

تخزين حبوب اللقاح

أمكن تخزين حبوب لقاح الطماطم - مع حفظ حيويتها بشكل جيد - لمدة ثلاثة أسابيع؛ بوضعها داخل كبسولات جيلاتينية فى الثلاجة ، مع الحذر من وصول الرطوبة إليها (Angell & Robbins ١٩٦٨) .

وفى دراسة خزنت فيها حبوب لقاح الطماطم فى درجات حرارة صفر ، أو ١٠° ، أو ٢٠°م ، وفى رطوبة نسبية منخفضة (على كلوريد الكالسيوم) ، أو مرتفعة (فى الجو العادى) .. وجد أن فترة احتفاظ حبوب اللقاح بحيويتها تزداد مع انخفاض كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية . ففى هذه الظروف .. احتفظت حبوب اللقاح بحيويتها بصورة جيدة لمدة ستة شهور . ويمكن زيادة فترة التخزين بجمع حبوب اللقاح فى الأوقات التى تسود فيها درجة حرارة معتدلة ، ورطوبة نسبية منخفضة . وقد نجحت حبوب اللقاح المخزنة لمدة سنة فى إحداث عقد بثمار سلالات طماطم عقيمة الذكر، إلا أنها كانت بكرية (McGuire ١٩٥٢) .

اختبار حيوية حبوب اللقاح

استخدم Al-Ahmadi (١٩٧٧) – لاختبار إنبات حبوب لقاح الطماطم – بيئة صناعية تحتوى على ٥ ٪ سكروزاً فى محلول مائى من حامض البوريك بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون. وتتلخص خطوات تقدير نسبة الإنبات فيما يلى :

١ – توضع قطرة من البيئة المجهزة لهذا الغرض فى منخفض بعمق ٨ ر٠مم فى شريحة زجاجية خاصة .

٢ – تستعمل إبرة تشريح فى نقل حبوب اللقاح إلى البيئة . يحتفظ بحبوب اللقاح على طرف الإبرة التى تطرق بلطف فوق قطرة البيئة . يجب الحذر عند إجراء ذلك ؛ نظراً لأن حبوب اللقاح التى تتجمع معاً تتحرك بسرعة نحو حافة البيئة .

٣ – توضع الشرائح بعد ذلك داخل أكياس بلاستيكية ، مع إبقاء الرطوبة النسبية مرتفعة بداخلها ؛ باستعمال ورق ترشيح مبلل تكون أطرافه مغمورة فى الماء .

٤ – تقدر نسبة الإنبات بعد ذلك بتسجيل عدد حبوب اللقاح التى باشرت فى الإنبات ، والعدد الكلى لحبوب اللقاح فى حقلين منفصلين تحت الميكروسكوب (الـbinocular) . وقد اعتبر الباحث أن حبوب اللقاح نابتة عندما زاد طول الأنبوبة اللقاحية فيها على ٠٧ر٠مم ، واستخدم ميكرومتر occular micrometer لقياس أطوالها . هذا .. ويمكن استخدام البينات الصلبة لتحقيق نفس الهدف . ولمزيد من التفاصيل فى هذا الشأن ..

يراجع Gentile & Santner (١٩٧١) .

تعتبر طرق اختبار حيوية حبوب اللقاح التى تعتمد على الإنبات الفعلى لهذه الحبوب – كالطريقة التى سبق شرحها – من أفضل الطرق التى تتبع فى هذا الشأن ، وتعد وسطاً بين الاختبار الفعلى لحبوب اللقاح باستخدامها في تلقيح الأزهار ، والاختبارات السريعة التى تعتمد على الأصباغ الحيوية vital staining . فمن ناحية .. يتطلب اختبار التلقيح وقتاً طويلاً وجهداً كبيراً ، فضلاً على أنه لا يعطى نتائج دقيقة عن نسبة حبوب اللقاح التى تحتفظ بحيويتها فى العينة المختبرة . ومن ناحية أخرى .. فإن طريقة الصبغ تعطى – غالباً – نتائج مبالغاً فيها عن الحيوية الحقيقية لحبوب اللقاح .

تعد صبغتا الأسيتوكارمن acetocarmine ، وأزرق القطن cotton blue أكثر الصبغات التقليدية التى استخدمت لاختبار حيوية حبوب لقاح الطماطم . وتسمح هاتان الصبغتان بالتمييز الواضح بين حبوب اللقاح التى تحتوى على سيتوبلازم وتلك التي تخلو منه . هذا .. إلا أن حبوب اللقاح التى تحتوى على سيتوبلازم لا تكون بالضرورة كاملة الحيوية ، كما تؤكد ذلك اختبارات الإنبات فى البيئات الصناعية .

وقد ذكر Peterson & Taber (١٩٨٧) طريقة أخرى سريعة لاختبار حيوية حبوب اللقاح ، تعتمد على حالة الغشاء البلازمى الخارجى ، ومدى احتفاظه بكيانه كاملا . ويعتبر ذلك دليلاً جيداً على مدى احتفاظ حبوب اللقاح بحيويتها . ويستعمل فى هذا الاختبار الصبغة الحيوية Fluoroscein diacetate . وتتحلل هذه الصبغة مائياً إلى Fluoroscein فى السيتوبلازم ، وتتراكم داخل الخلايا (حبوب اللقاح) ؛ مما يجعلها تظهر بوضوح ؛ لقدرتها على الاستشعاع .

وقد استخدمت هذه الصبغة بنجاح مع أكثر من ٣٠ نوعاً نباتياً منها البصل والطماطم . يجرى الاختبار بإذابة ملليجرامين من الصبغة فى ١٠٠ مل أسيتون ، ثم تخلط نقطة من هذا المحلول مع نقطة من ٥ ر ٠ مولاراً من محلول السكروز . توضع نقطة من مخلوط الصبغة والسكروز فى وسط شريحة زجاجية ، ثم تضاف إليها حبوب اللقاح . ويفضل وضع نقطة من محلول الصبغة فى مركز الشريحة الزجاجية ثم تركها لمدة دقيقة حتى يتبخر الأسيتون . ويتم – أثناء ذلك – إضافة خمس نقط من محلول السكروز إلى عينة حبوب اللقاح المختبرة

لعمل معلق منها . تؤخذ نقطة من هذا المعلق ، وتوضع فى مركز الشريحة الزجاجية على نقطة الصبغة ، ثم يوضع غطاء الشريحة فوقها .

طرق تربية الطماطم

تناسب الطماطم جميع طرق تربية المحاصيل الذاتية التلقيح . وتعتبر التربية بطرق التهجين الرجعى ، وانتخاب النسب ، وإنتاج الأصناف الهجين من أكثر الطرق التى استخدمت فى تحسين الطماطم ، إلا أن كافة الطرق الأخرى قد استعملت بدرجات متفاوتة . ويمكن الرجوع إلى أحد المصادر المناسبة (مثل حسن ١٩٩١) ، للاطلاع على تفاصيل تلك الطرق . وبينما تعتبر طريقة التحدر من بذرة واحدة single seed descent من أحدث الطرق التى اتبعت فى تحسين الطماطم (Tee وآخرون ١٩٧٩) .. فإن التربية بإنتاج الأصناف الهجين هى الطريقة القديمة التى تتبعها شركات إنتاج البذور حالياً – على نطاق واسع – لإنتاج الأصناف الجديدة . ولاشك فى أن قوة الهجين التى تتميز بها هذه الأصناف ليست هى السبب الرئيسى الذى دفع شركات البذور إلى التوسع فى إنتاجها ، وإنما هو قدرة هذه الشركات على التحكم فى إنتاجها وتحقيق أرباح عالية من وراء ذلك .

تقييم النباتات فى الأجيال الانعزالية لبرامج التربية

يتطلب الأمر فحص النباتات المتنحية فحصاً دقيقاً فى الأجيال الانعزالية لبرامج التربية. وتعتمد الصفات المدروسة على الهدف من البرنامج . فمثلاً .. تدرس – فى جامعة كاليفورنيا – بعض الصفات فى الأجيال الانعزالية لبرامج تربية الطماطم لإنتاج أصناف تصلح للتصنيع ، وهذه الصفات هى :

١ – صلابة الثمار : تقدر الصلابة بطريقة وصفية على مقياس وصفى ؛ حيث يضغط على الثمار الناضجة الملونة باليد لمعرفة مدى مقاومتها للتفلق ، وتعطى قيماً عالية للصلابة العالية .

٢ – طبيعة النمو : يرمز إلى صفة النمو غير المحدود بالرمز (+) ، وصفة النمو المحدود بالرمز (sp) .

٣ – المساحة التى يشغلها النبات : تقدر المساحة التى يشغلها النبات الواحد وقت

الحصاد ، علماً بأن النباتات تزرع على مسافة ٦٠ سم من بعضها البعض .

٤ – مدى تغطية النموات الخضرية للثمار : ويعد ذلك دليلاً على مدى حماية الثمار من الإصابة بلفحة الشمس ، وتعطى النباتات – التى تتعرض ثمارها للشمس بدرجة كبيرة – قيماً منخفضة .

٥ – طراز الأوراق : تعطى الأوراق الكبيرة أرقاما عالية ، ويرمز إلى الأوراق الملتفة بالرمز (w) مع العلامة (+) ، أو (–) حسب شدة الالتفاف .

٦ – لون الأوراق : تقدر شدة اللون الأخضر قبل الحصاد مباشرة على مقياس وصفى من ١ –١٠ ، يأخذ فيه اللون الأقتم قيماً أعلى .

٧ – المحصول : يقدر المحصول الكلى على مقياس وصفى من ١ –١٠ فى نهاية الموسم، يأخذ فيه المحصول المرتفع قيماً أعلى ؛ علماً بانه تزرع من كل عائلة أو سلالة ثلاث مكررات ، تتكون كل منها من ١٠ نباتات .

٨ – تركيز عقد الثمار : يقدر ذلك على مقياس وصفى من ١ – ١٠ ، يُعْطَى فيه العقدُ المركز – الذى تنضج فيه الثمار فى وقت واحد – القيم العالية .

٩ – موعد النضج : يقدر موعد النضج على مقياس وصفى تأخذ فيه الأصناف القياسية UC82 . و VF145 - B-7879 القيمة (٥) ، بينما تأخذ السلالات المتأخرة عنها قيما أقل .

١٠ – لون الثمار غير الناضجة : يعنى بذلك مدى دكنة اللون الأخضر فى الثمار المكتملة النمو غير الناضجة ؛ حيث يقيم اللون فى طرف الثمرة الزهرى على مقياس وصفى تعطى فيه ثمار الصنف UC82 القيمة (٥) ، بينما تأخذ الثمار الأفتح لونا منها قيماً أقل .

١١ – تجانس اللون الأخضر فى الثمار غير الناضجة : يعطى النبات أو السلالة إما الحرف (u) للنضج الثمرى المتجانس uniform ripening ، وإما العلامة (+) فى حالة وجود أكتاف خضراء green shoulders بالثمرة .

١٢ – اتصال العنق بالثمرة stemness تسجل نسبة الثمار التى تبقى متصلة بعنق

الثمرة بعد الحصاد اليدوى . يؤخذ لذلك متوسط عينتين ، بكل منهما ٢٠ ثمرة .

١٣ – نسبة طول الثمرة L أو (عمقها) إلى عرضها W (أو L/ W) : ويحسب ذلك فى عينة من ٢٠ ثمرة . تعتبر هذه النسبة دليلاً على شكل الثمرة كما يلى :

أ – تأخذ الثمار المنضغطة oblate قيماً أقل من الواحد الصحيح .

ب – تأخذ الثمار الكروية والمربعة الدائرية square round قيمًا قريبة من الواحد الصحيح .

جـ – تأخذ الثمار الكمثرية والمستطيلة elongated قيماً أعلى من الواحد الصحيح .

١٤ – سمك جدارالثمرة : يحسب لذلك متوسط سمك الجدار الثمرى الخارجى pericarp فى عينة من ٢٠ ثمرة .

يؤخذ قياس سمك الجدار مرتين لكل ثمرة فى موضعين مختلفين ، مع تجنب القياس مقابل الجدر الفاصلة بين المساكن .

١٥ – عمق (D) ، وعرض (W) ، ومساحة D x W قلب core الثمرة ، وهو النسيج الأبيض اللون ، الذى يظهر كامتداد لعنق الثمرة عند قطع الثمرة طوليًا . وتحسب المساحة فى عينة من ٢٠ ثمرة .

١٦ – قطر أثر scar عنق الثمرة ونسبته إلى قطرالثمرة : يحسب متوسط قطر الأثر (وهو موضع اتصال العنق بالثمرة والنسيج الفلينى المحيط به) فى عينة من ٢٠ ثمرة ، مع تسجيل قطر الأثر فى موضعين مختلفين لكل ثمرة . وعندما يكون الأثر غير منتظم الشكل .. يسجل القطر عند أكبر وأصغر موضعين .

١٧ – عرض النسيج الفلينى المحيط بأثر العنق ونسبته إلى قطر الأثر كله (مكان العنق مضافاً إليه النسيج الفلينى المحيط به) . يقدر عرض النسيج الفلينى فى موضعين مختلفين ، مع أخذ البيانات على عينة من ٢٠ ثمرة .

١٨ – كافة الصفات المرغوبة الأخرى ، مثل المقاومة للأمراض ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ، والحموضة المعايرة ، والـ pH ... إلخ .

هذا .. ويمكن الاطلاع على نموذج آخر لتقييم نباتات الطماطم المنتجة فى برامج التربية ؛ بالرجوع إلى Villareal & Li (١٩٧٩)

إنتاج الأصناف الهجين

تنتج بذور أغلب الهجن التجارية من الطماطم بواسطة التلقيح اليدوى ، ولو أنه يمكن الاستفادة من عدد من الظواهر فى إنتاج بذور الهجن ، دونما حاجة إلى عملية خصى الأزهار . ويتطلب إنتاج الصنف الهجين توفّر سلالتين على درجة عالية من التآلف ، وهما اللتان يتم التوصل إليهما من خلال برنامج التربية ، الذى يسبق الخطوات الفعلية لإنتاج البذور التجارية الصنف .

خطوات إنتاج البذور التجارية للأصناف الهجين

يراعى عند إنتاج بذور الأصناف الهجين مايلى :

١ - تخصص للسلالة المستخدمة كأم مساحة تعادل ثلاثة إلى خمسة أضعاف المساحة المخصصة للسلالة المستخدمة كأب .

٢ - نظراً لأنه توجد دائماً احتمالات حدوث تلقيح ذاتى بطريق الخطأ .. فإنه يجب أن يستخدم كأم الصنف المحتوى على صفات المقاومة للأمراض والصفات الثمرية والمورفولوجية المميزة الصنف .

٣ - تنتج معظم بذور هجن الطماطم فى الحقول المكشوفة ، لكن بعض الأصناف غير المحدودة النمو تنتج بذورها فى البيوت المحمية ، كما فى هولندا وإنجلترا .

٤ - لا تجب زيادة مساحة العزل بين سلالتى الأبوين على مترين ؛ ففى ذلك الكفاية . وقد تقل المسافة عن ذلك إذا أنتجت الهجن فى البيوت المحمية .

٥ - تزرع السلالة المستخدمة كأب قبل السلالة المستخدمة كأم بنحو ثلاثة أسابيع ؛ لضمان توفر حبوب اللقاح اللازمة لتلقيح السلالة الأم عند إزهارها . ويُتخذ عدد الأيام من الزراعة إلى الإزهار مقياساً مناسباً لاختيار موعد الزراعة فى السنوات التالية .

٦ – تربى السلالات غير المحدودة النمو رأسياً . أما السلالات المحدودة النمو .. فتفضل تربية سلالات الأمهات منها رأسيًا بطريقة مناسبة ، بينما تترك سلالات الآباء لتنمو على سطح التربة .

٧ – يفضل – دائماً – أن تكون سلالات الأمهات عقيمة الذكر ؛ لكى تنتفى الحاجة إلى عملية الخصى .

٨ – عند جمع حبوب اللقاح من سلالات الآباء .. تقطف أزهارها أولا ، ثم تترك لساعات قليلة فى الشمس ، إلى أن تفقد جزءاً من رطوبتها ، ثم تجمع منها حبوب القاح بواسطة الهزاز . ويفضل فى هذه الحالة شق الأنبوبة السدائية طولياً بسن الملقط . وقد تجمع بفرك الأزهار على منخل ذى ثقوب سعتها ٥٣ ملليمكروناً ؛ لفصل حبوب اللقاح عن الأجزاء الزهرية الأخرى . وتخزن حبوب اللقاح – إذا لزم الأمر – كماسبق بيانه .

٩ – تجرى عملية التلقيح للأزهار المخصية (أو غير المخصية بالنسبة لسلالات الأمهات العقيمة الذكر) ؛ بواسطة فرشاة من شعر الجمل فى نفس يوم إجراء عملية الخصى ، التى تكون عادة فى الصباح الباكر ، أو بعد ٢٤ – ٣٦ ساعة من عملية الخصى . يتم المرور على النباتات يومياً أو كل يومين ؛ لخصى وتلقيح البراعم الزهرية التى وصلت إلى مرحلة مناسبة ، مع إزالة الثمار التى تكون قد عقدت دون تلقيح يدوى .

١٠ – توضع علامة ورقية tag على الأزهار الملقحة ، أو تزال منها ٢ –٣ سبلات لتمييزها ، على أن يتم التأكد من ذلك عند الحصاد (George ١٩٨٥) .

ظاهرة العقم الذكرى واستخدامها فى إنتاج الهجن

توجد عدة أنواع من العقم الذكرى فى الطماطم . ويمكن التعرف على النباتات العقيمة الذكر – بسهولة – فى حقول الطماطم ؛ بفحص النباتات فى موسم الحصاد ؛ حيث تكون النباتات العقيمة الذكر إما غير مثمرة ، وإما حاملة لعدد قليل من الثمار الناتجة من التلقيح الخلطى الطبيعى . كما يكون النمو الخضرى لهذه النباتات غزيراً ومنتشراً رأسياً وأفقياً بدرجة أكبرمن بقية النباتات فى الحقل . وقد تمكن C . M . Rick ومساعدوه من التعرف على ٢٥٠ نباتاً غير مثمر فى حقل للطماطم مزروع بالصنف San Marzano ، وكان معدل

ظهورها بنسبة ١ر٠ ٪ . لم تكن هذه النباتات مختلفة عن بقية النباتات فى الحقل سوى فى شكل ولون أسديتها، ونموها الخضرى الغزير ، بالإضافة إلى كونها غير مثمرة . وبالتحليل الوراثى لهذه النباتات .. وجد أن بها من ٣٠ - ٤٠ جيناً للعقم الذكرى (عن Mann ١٩٦٢). وقد ارتفع هذا الرقم - حالياً - إلى أكثر من ٥٠ جيناً مختلفاً (Rick ١٩٨٦).

ومن أمثلة طفرات العقم الذكرى المعروفة فى الطماطم ما يلى :

١ - طفرة دايلتك Dialytic (بمعنى انفصال separation): يتحكم فى هذه الطفرة عامل وراثى واحد متنح ، ويكون النبات الحامل لها - فى حالة أصيلة - غير مثمر تحت ظروف الحقل ، برغم أنه ينتج حبوب لقاح وبويضات خصبة وطبيعية . ويرجع عدم قدرتها على الإثمار إلى أن أسديتها لاتكون أنبوبة تحيط بالقلم والميسم - مثلما تكون عليه الحال فى النباتات الطبيعية - وإنماتكون الأسدية منفرجة قليلاً عن بعضها البعض . وبدراسة هذه الطفرة .. وجد Rick أن الجين المسئول عنها يحدث تغيرات بالشعيرات فى جميع أجزاء النبات ، بما فى ذلك الشعيرات التى توجد على المتوك ، والتى تعمل - فى حال وجودها - على التحام المتوك ببعضها البعض ، ولكن بغياب هذه الشعيرات .. تنفرج المتوك عن بعضها البعض ، ويقلل ذلك من فرصة عقد الثمار بدرجة كبيرة ، إلى حد أن محصول هذه الطفرة يقل عن محصول النباتات الطبيعية بنسبة ٩٠ ٪ . ولا يبدو أن هذه الطفرة يمكن أن تفيد فى إنتاج الهجن ؛ لأنها تسمح بحدوث نسبة من التلقيح الذاتى الطبيعى تصل إلى ١٠٪ (عن Mann ١٩٦٢) .

٢ - عديمة الأسدية Stamenless : يتحكم فى هذه الطفرة عامل وراثى واحد متنح ، ويكون النبات الحامل لها خالياً من الأسدية . إلا أنه لم يمكن الاستفادة من هذه الطفرة فى إنتاج الهجن ؛ لأن محصول البذور كان منخفضاً ، ولأن ثمار الهجن كانت مفصصة (عن Sackett ١٩٧٥) . وقد أمكن دفع نباتات هذه الطفرة إلى إنتاج متوك بها حبوب لقاح خصبة ؛ بريها بمحلول جبريللين بتركيز ٢٥ جزءاً فى المليون ، كما وجد أن المعاملة بالـ CCC منعت استجابة النباتات لمعاملة الجبريللين (عن Weaver ١٩٧٢) .

٣ - العقم الموضعى Positional Sterility : يتحكم فى هذه الطفرة عامل وراثى واحد متنح (ps) ، يؤدى إلى عدم تفتح المتوك ؛ ومن ثم .. إلى عدم انتثار حبوب اللقاح .

تصل نسبة التلقيح الذاتى فى السلالات الحاملة لهذا الجين إلى ٥٪ فى الأيام الدافئة . وقد تمكن Gueorguiev & Atanassova (١٩٨١) من انتخاب طفرة جديدة ذات عقم موضعى يتحكم فيها جين آخر (هو الجين ps 2) لا تزيد فيها نسبة التلقيح الذاتى على ٢ ر٠٪ . وقد أدخل الباحثان هذه الطفرة فى سلالة جديدة من الطماطم (هى السلالة Start 24) ومن الصفات المميزة لهذه السلالة أن ميسم الزهرة منخفض عن مستوى سطح بتلات ٥ ر٠ مم ؛ وبذا .. فإنه يمكن خصى أزهارها بسهولة ؛ بواسطة المقص غير المهرة ، بجذب قمة الأنبوبة المتكية مع البتلات ، كما تلقح أزهارها وهى كاملة التفتح ، حينما تكون مياسمها فى أوج مرحلة استعدادها للتلقيح ؛ مما يؤدى إلى زيادة محصول البذور .

٤ – جينات أخرى كثيرة متنحية ، يؤدى وجود أى منها بحالة أصيلة إلى جعل المتحد ضامرة ، أو خالية من حبوب اللقاح ، أو جعل حبوب اللقاح ضامرة ، وهى التى تعرف بجينات العقم الذكرى Male Sterility ، ويرمز إلى كل منها بالرمز (m s) مع رقم خاص به ليميزه عن غيره .

هذا ويعطى Stevens & Rick جدولاً يضم ١٧ جيناً للعقم الذكرى فى الطماطم ، مع مواصفات حالة العقم التى يحدثها كل منها . إلاَّ أن نسبة عالية من هذه الجينات لا يمكن الاعتماد عليها فى إنتاج الهجن للأسباب التالية :

١ – لا تعطى بعض الجينات عقماً ذكرياً تاماً . وهو شرط أساسى ؛ حتى لا يحدث أى تلقيح ذاتى عند إنتاج الهجن .

٢ – تؤثر بعض جينات العقم الذكرى فى خصوبة أعضاء التأنيث كذلك ، أو فى قدرة النبات على إنتاج الأزهار ، أو صغر حجم الأزهار المنتجة ؛ مما يجعلها غير مناسبة لإنتاج الهجن ؛ لأن الإنتاج الاقتصادى لبذور الهجن يتطلب أن تكون سلالات الأمهات خصبة أنثوياً وطبيعية النمو .

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه .. فإن جينات العقم الذكرى – التى تستخدم فى إنتاج الهجن – يجب أن تكون متنحية تماماً ؛ حتى لا تظهر فى الجيل الأول الهجين .. وهو شرط يتحقق فى كل الجينات المعروفة . كما يفضل أن يكون تأثير الجين اختيارياً ؛ بحيث لا

يحدث الجين حالة العقم فى ظروف خاصة ؛ حيث يمكن – حينئذ – إكثار السلالات الحاملة لهذا الجين بالتلقيح الذاتى الطبيعى . كذلك يفيد – كثيراً – أن يكون للجين تأثير متعدد فى صفات أخرى ، أو أن يكون مرتبطاً بشدة بجين أو جينات أخرى ، يظهر تأثيرها فى طور البادرة ؛ لكى يمكن تمييز النباتات الخصبة الذكر من النباتات العقيمة الذكر فى خطوط سلالات الأمهات فى حقول إنتاج بذور الهجن .

وللاستفادة من ظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج البذرة الهجين .. يجب مراعاة ما يلى :

١ – اختيار حالة العقم الذكرى المناسبة للظروف البيئية فى منطقة إنتاج البذور .

٢ – إدخال صفة العقم الذكرى التى وقع الاختيار عليها فى السلالات المستعملة كأمهات للهجن .

٣ – إكثار السلالات العقيمة الذكر بتهجين نباتات أصيلة فى صفة العقم الذكرى مع نباتات أخرى من نفس السلالة ، تكون خليطة فى هذه الصفة (أى Ms ms) . ويعتبر موضوع إكثار السلالات العقيمة الذكر من أكبر المشاكل التى تحد من استخدام هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن التجارية . وفى محاولة للتغلب على هذه المشكلة .. تمكن Rick (١٩٨٠ أ) من إعادة الخصوبة إلى نباتات عقيمة الذكر برش العشرين سنتيمتراً الطرفية من سيقانها بمحلول مائى لحامض الجبريلليك بتركيز ٣٠٠ جزئ فى المليون ؛ حيث أدت هذه المعاملة إلى إنتاج متوك طبيعية بعد ٣ – ٤ أسابيع من إجرائها . وقد جُربت هذه المعاملة – بنجاح – مع السلالات الحاملة لجينات العقم الذكرى ms - 15 ، و ms - 1526 ، ms - 33 .

٤ – تزال النباتات الخصبة الذكر من سلالات الأمهات فى حقول إنتاج البذور بمجرد التعرف عليها ؛ علما بأن ٥٠ ٪ منها تكون خصبة ؛ ولذا فإن زراعة هذه السلالات فى حقول إنتاج البذور يجب أن تكون كثيفة نوعاً ما .

وجدير بالذكر أن الإصابة الطبيعية بفيروس تبرقش الخيار cucumber mosaic virus تحدث عقما كلياً لحبوب لقاح الطماطم (Robinson & Hodosy ١٩٨٨) ، إلا أن الإصابة الفيرسية – فى حد ذاتها – تجعل من غير الممكن الاستفادة من هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن .

ظاهرة عدم التوافق والاستفادة منها فى إنتاج الهجن

توجد ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى الأنواع البرية L. hirsutum و L. pennellii ، و L. chilense . وقد جرت محاولات لنقل هذه الصفة من L. chilense إلى الطماطم المزروعة ؛ لتسهيل إنتاج البذرة الهجين . إلا أنه لكى تنجح هذه المحاولات .. يجب أن تنقل – مع صفة عدم التوافق – الصفات الأخرى التى تعمل على جذب الحشرات الملقحة ، وهى الصفات الخاصة بشكل وتركيب الزهرة ، وهى صفات كمية تورث مستقلة عن صفة عدم التوافق . كما يلزم – أيضاً – التأكد من أن الهجن المنتجة بالاستعانة بهذه الظاهرة – والتى تكون خليطة فى عامل عدم التوافق – خصبة ذاتياً ومثمرة بدرجة عالية . ويتبين من ذلك أن الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج هجن الطماطم التجارية لا يبدو أمراً ميسوراً (Rick ١٩٨٢) .

ظاهرة بروز الميسم والاستفادة منها فى إنتاج الهجن

يبرز ميسم الزهرة من الأنبوبة السدائية بنحو ملليمترين فى أنواع الطماطم البرية غير المتوافقة ذاتياً المنتشرة فى أمريكا الجنوبية ، ويكون ميسم الزهرة فى مستوى قمة الأنبوبة السدائية تقريباً فى الطماطم البرية L. esculentum var. cerasiforme ، وفى معظم أصناف الطماطم الأمريكية والأوربية . أما الأصناف الحديثة المنتجة فى كاليفورنيا .. فإن مياسم أزهارها تكون فى مستوى منخفض قليلاً داخل الأنبوبة السدائية . ويعتقد أنه قد جرى الانتخاب لهذه الحالة الأخيرة – دون قصد – مع الانتخاب لزيادة نسبة عقد الثمار . وقد ازدادت الحاجة إلى إنتاج أصناف ينخفض فيها مستوى ميسم الزهرة – خاصة فى أصناف الزراعات المحمية – حيث لا توجد داخل الصوبات تيارات هوائية ، أو حشرات يمكن أن تساعد على إتمام عملية التلقيح (Rick ١٩٧٦) . وقد وجدت علاقة عكسية بين المسافة التى يبرزها الميسم من الأنبوبة السدائية ، وبين نسبة عقد الثمار . فلم يحدث عقد طبيعى – تحت ظروف البيوت المحمية – عندما برز الميسم لأكثر من ملليمترين .

أما تحت ظروف الحقل .. فقد حدث تلقيح ذاتى طبيعى وعقد للثمار مع أقصى حد لوحظ لبروز الميسم وهو ٣,٧ مم . وقد أمكن تثبيت صفة بروز الميسم بالانتخاب . وعندما استخدمت السلالات التى تحتوى على هذه الصفة كأمهات عند إنتاج الهجن .. كانت نسبة

البذرة الهجين تحت ظروف الحقل – فى ثمار مختلفة – من صغر – ٧٠ ٪ (Rick ١٩٨٠أ).

ومن أهم المشاكل التى تواجه الاستفادة من ظاهرة بروز الميسم فى إنتاج الأصناف الهجين ما يلى :

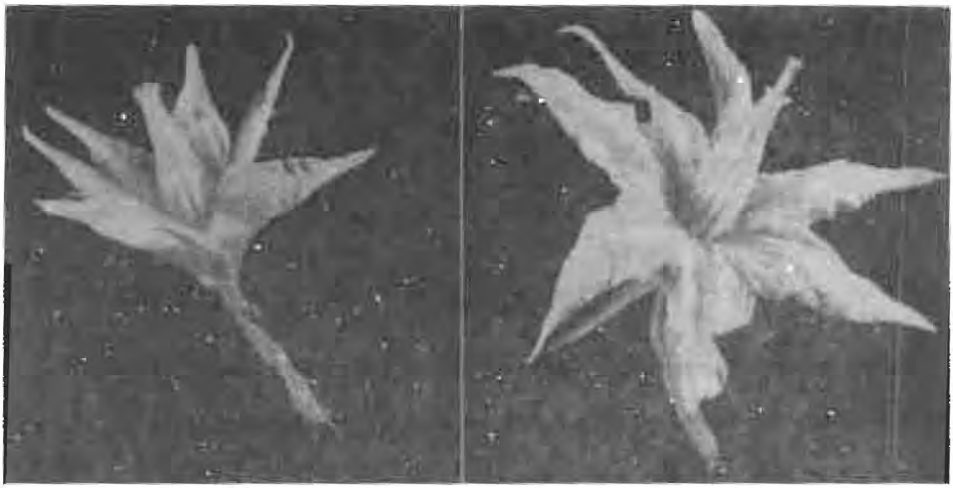
١ – صعوبة إنتاج بذور السلالات المستخدمة كأمهات – التى لا توجد بها هذه الظاهرة – نظراً لضعف التلقيح الذاتى الطبيعى فيها .

٢ – احتمال حدوث نسبة عالية من التلقيح الذاتى فى سلالات الأمهات عند إنتاج الهجن.

٣ – تورث صفة بروز الميسم غالباً إلى نباتات الجيل الأول الهجين (لأنها صفة سائدة جزئياً) ؛ مما يؤدى إلى ضعف نسبة العقد فيها (عن Gueorguiev & Atanassovo ١٩٨١ أ ، و Scott & George ١٩٨٠أ) وللتغلب على هذه المشكلة .. اقترح استخدام سلالات للآباء تكون فيها الأنبوبة السدائية طويلة ، والميسم بداخلها inserted ، وسلالات للأمهات تكون فيها الأنبوبة السدائية قصيرة والميسم بارزاً منها exerted ؛ بذا .. لايكون الميسم بارزاً من الأنبوبة السدائية فى نباتات الجيل الأول الهجين (عن Scott & George ١٩٨٠ ب) .

هذا .. وأمكن إحداث ظاهرة بروز الميسم من الأنبوبة السدائية – صناعياً – برش البراعم الزهرية قبل تفتحها بنحو ٤ – ٦ أيام بالجبريللين ، بتركيز ٠٠١ر ٪ – ٠٠٥ر. مولاراً وهى معاملة لم يكن لها أى تأثير فى حيوية حبوب اللقاح أو البويضات . وقد اختلفت أصناف الطماطم فى استجابتها لهذه المعاملة ، وكان أكثرها استجابة الصنف Indian River (شكل١ – ١٥) ، ووجد أن صفة الاستجابة هذه بسيطة وسائدة (Honma & Bukovac ١٩٦٦) . تفيد معاملة الجبريللين فى تسهيل عملية التلقيح التى يمكن إجراؤها – حينئذ – دونما حاجة إلى عملية الخصى . ولكن يعيب هذه المعاملة أن تأثيرها وقتى ، ويلزم – لكى تكون فعّالة – تكرارها عدة مرات ؛ مما يؤدى إلى إنتاج نمو خضرى غزير غير مرغوب ، ونقص محصول البذرة الهجين التى يُراد إنتاجها .

وقد اقترح Scott & George (١٩٨٠ أ)الاستفادة من ظاهرتى بروز الميسم وعدم تفتح المتوك مجتمعين كبديل لعملية خصى الأزهار عند إنتاج الهجن ؛ واستعملا لذلك



شكل (١-١٥) : زهرة طماطم من الصنف Indian River غير معاملة (على اليسار) ، وأخرى سبقت معاملتها بالجبريللين فى الطور البرعمى (على اليمين) وقد برز فيها الميسم بوضوح من الأنبوبة السدائية .

سلالتين تميزتا بظاهرة بروز المياسم ، إلا أن متوك إحداهما كانت طبيعية (ps^+) ، بينما كانت متوك الأخرى لا تتفتح ولا تنتثر منها حبوب اللقاح (ps) . أجرى الباحثان التلقيحات فى كلا الاتجاهين ، وكانت النتائج كما يلى :

١ – كان إنتاج البنور أعلى ما يمكن عندما لقحت الأزهار وقت تفتحها ، وحينما كان يسود الجو – وقت التلقيح – درجة حرارة ٢٤م ، ورطوبة نسبية مقدارها ٧٠٪ ، وسماء ملبدة بالغيوم .

٢ – كان إنتاج البنور ضعيفاً عندما لقحت الأزهار قبل تفتحها بثلاثة أيام ، وحينما كان يسود الجو – وقت التلقيح – درجة حرارة ٣٢°م ، ورطوبة نسبية ٤٨٪ وسماء صافية .

٣ – كانت نسبة التلقيح الذاتى الطبيعى فى السلالة ذات المتوك غير المتفتحة أقل من ١٪ ، أيًا كان موعد إجراء التلقيح أو الظروف البيئية آنذاك .

٤ – كانت نسبة التلقيح الذاتى الطبيعى فى السلالة ذات المتوك الطبيعية أقل من ٤٪ ،

عندما لقحت أزهارها وقت تفتحها ، و٣٥٪ عندما لقحت قبل تفتحها بثلاثة أيام ، وكانت الظروف البيئية – آنذاك – مناسبة للتلقيح .

الهجن الثلاثية التضاعف

عثر Kagan - Zur وآخرون (١٩٩١) على نبات طماطم عقيم وقوى النمو فى صنف الطماطم الهجين FC1 21 ، وتبين بدراسة عدد الكروموسومات به أنه هجين ثلاثى التضاعف (٣ ن) ، وينحدر من أم أحادية ، وأب ثنائى . ولما كانت نباتات الطماطم الثلاثية عقيمة فى الطبيعة .. فقد اتجه الباحثون إلى دفعها إلى إنتاج ثمار بكرية ؛ بمعاملة أزهارها بمنظم النمو بيتا نفثوكى حامض الخليك . وقد تبين أن الثمار الثلاثية كانت أكبر حجما بمقدار ٥٠٪ ، وأغنى فى محتواها من الحامض النووى دى إن أى بمقدار ٥٠٪ ، ومن البروتين بمقدار ٣٠٪ ، وأفضل طعما من نظيرتها الثنائية ، بينما كان طراز الثمار الثلاثية والثنائية متشابهين فى الصفات الأخرى التى شملتها الدراسة . ويرى الباحثون إمكانية استخدام هذا الهجين الثلاثى لغرض الإنتاج التجارى .

استخدامات الهندسة الوراثية ومزارع الانسجة فى تحسين الطماطم

عرض Fobes (١٩٨٧) التقدم فى مجال الهندسة الوراثية لنبات الطماطم فى مقال موجز ، يتضح فيه أن الطماطم تعد من أفضل النباتات الراقيةالمناسبة لهذه النوعية من الدراسات والتقنيات . وبالرغم من ذلك .. فلم ينتج صنف واحد منها بطريق الهندسة الوراثية حتى تاريخ نشر هذا المقال . ويتوقع الباحث – فضلاً على ذلك – أن تمر سنوات عديدة قبل أن يصبح لدى المزارعين صنف طماطم تجارى محسن منتج بالاستعانة بتقنية الهندسة الوراثية .

ومن أهم المميزات التى تجعل الطماطم نموذجاً جيداً لدراسات الهندسة الوراثية مايلى :

١ – سهولة زراعة الطماطم تحت كل من الظروف الطبيعية والمصطنعة.

٢ – اكتشاف وجمع عديد من طفرات الطماطم .

٣ – يوجد كم هائل من النباتات الوراثية فى الأنواع البرية للجنس Lycopersicon .

٤ – سهولة إجراء التلقيحات الذاتية والخلطية ، وإمكانية إنتاج عدة أجيال من الطماطم سنوياً .

٥ – سهولة زراعة خلايا وبروتوبلازم الطماطم ، وسهولة إنتاج نباتات خصبة من هذه المزارع .

٦ – يعرف الكثير عن فسيولوجيا وكيمياء نبات الطماطم .

٧ – تعد الطماطم محصولاً بستانياً هاماً .

وقد أمكن – بانتخاب خلايا الطماطم – إنتاج سلالات مقاومة وراثيا لبعض مسببات الأمراض ومبيدات الحشائش ، ولظروف بيئية خاصة . كما أمكن دمج بروتوبلازم سلالات الطماطم مع بعضها البعض ، ومع أنواع أخرى من نفس الجنس ، ومع نباتات من أجناس أخرى كالبطاطس .

ويمكن تلخيص أهم إنجازات مزارع الخلايا والبروتوبلازم فى الطماطم فيما يلى :

أولا : عزل اختلافات وراثية على مستوى الخلية الواحدة :

استخدمت مزارع الخلايا فى الحصول على نباتات وراثية لعدد من الصفات ؛ منها مايلى :

١ – المقاومة للتركيزات العالية من الألومنيوم ، والبولايثيلين جليكول polyethylene glycol ، وحامض الفيوزاريك Fusaric Acid.. وحصل عليها من مزارع خلايا الطماطم L. esculentum.

٢ – المقاومة للتركيزات العالية من الكادميم Cadmium .. وحصل عليها من مزرعة لمعلق خلايا L. peruvianum.

٣ – المقاومة لكل مبيدى الحشائش جلايفوسيت Glyphosate ، وباراكوات Paraquat وحصل عليها من مزارع خلايا الهجين L. esculentum x L. peruvianum.

هذا .. إلا أنه كان من الصعب – غالباً – إنتاج نباتات كاملة من هذه التباينات الوراثية

الخلوية ، وكثيراً ما ظهرت بها حالات من عدم الثبات الكروموسومى ؛ وبذا .. فإن أهمية هذه الاختلافات تعد محدودة بالنسبة لتحسين الطماطم .

ثانياً : إنتاج هجن جسمية بين الطماطم L. esculentum والأنواع الأخرى :

أمكن – بالفعل –إنتاج هجن جسمية ؛ بدمج بروتوبلازم الطماطم مع كل من الأنواع التالية :

L. peruvianum	L. pennellii
S. tuberosum	S. lycopersicoides
S. rickii	S. nigrum
P. hybrida	

هذا .. إلا أن هذه الهجن الجسمية لم يكن لها – إلى الآن – شأن فى تحسين الطماطم (عن Hille وآخرين ١٩٨٩) .

وقد أمكن عزل دى إن أى DNA الطماطم ، وتم إخضاعه لتقنيات الهندسة الوراثية . كما أمكن إخضاع الطماطم للتحويل الوراثى genetic trandformation ؛ حيث أدخل فيها دى إن أى غريب على نبات الطماطم من عدة مصادر بعدة وسائل ، منها طرق الحقن الدقيق microinjection ، وبواسطة النوعيين البكتيريين Agrobacterium tumefacines ، و A. rhizogenes ، وأمكن – باستخدام البكتيريا A. tumefacines – إدخال جينات فى الطماطم من أصناف أخرى من الطماطم ، ومن أنواع أخرى مختلفة ؛ مثل البقوليات ، والباذنجانيات الأخرى ، والذرة ؛ فضلاً على نقل جينات إلى الطماطم من بعض الأنواع البكتيرية والفيروسات .

ومن أكبر المشاكل التى تواجه تقنيات الهندسة الوراثية للطماطم – حالياً – اكتشاف الجينات التى تهم المربى بالدرجة الأولى وعزلها وتداولها ، وإدخالها فى سلالات الطماطم

المرغوبة فى النسيج المناسب ، وفى المكان المناسب ، وفى الوقت المناسب ، وبالجرعة المناسبة .. وجميعها أمور يعكف على دراستها الباحثون فى مختبرات الهندسة الوراثية ؛ كوسيلة من وسائل تربية وتحسين الأصناف التجارية (عن Fobes ١٩٨٧) .

هذا .. وقد لخص Hille (١٩٨٩) أهم إنجازات الهندسة الوراثية - فى الطماطم - فى عدد من حالات التحول الوراثى ، أدخلت فيها الجينات التالية :

١ - المقاومة للكاناميسين Kanamycin .

٢ - المقاومة لمبيدى الحشائش glyphosate ، و L-phosphinothricin .

٣ - (الجينات المسئولة عن) تصنيع الغلاف البروتينى للفيروسين TMV ، و AMV؛ بغرض الحماية من الإصابة بهما .

٤ - (الجين المسئول عن) تركيب البروتين فى الكلوروبلاستيدات .

٥ - المقاومة للحشرات .. وقد أمكن - فى هذا المقام - تعرف جين معين فى البكتيريا Bacillus thuringiensis ، هو المسئول عن تصنيع مركب بروتينى (poly peptide) سام لعدد من الحشرات . وقد عزل هذا الجين وأدخل فى الخلايا النباتية ، وكانت النباتات الناتجة منها مقاومة لتغذية يرقات هذه الأنواع الحشرية .