٤

وراثة المحصول، ومكوناته، والتقدم فى جهود التربية

مكونات المحصول ووراثتها

نظراً لكون «المحصول الاقتصادى» الذى يزرع لأجله النبات صفة معقدة، يصعب إحراز تقدم سريع فيها بالتربية، لتأثرها الشديد بالعوامل البيئية من جهة (الأمر الذى يُخَفِّض درجة توريثها كثيراً)، ولكونها محصلة لعديد من الصفات النباتية من جهة أخرى، لذا.. كان اتجاه مربى النبات نحو دراسة مكونات المحصول - كل على حدة - مع محاولة الجمع بين المكونات العالية - معاً - فى تركيب وراثى واحد يكون ذا قدرة إنتاجية عالية.. ولعل البقوليات من أبرز النباتات التى درست فيها مكونات المحصول، ولذا.. فإننا نستعين بها كأمثلة لتوضيح هذا الموضوع.

البسلة

يتحدد محصول البسلة (W) بعدد من المكونات؛ هى: عدد القرون بالنبات (X)، وعدد البذور بالقرن (Y)، ومتوسط وزن البذرة (Z)، وعدد البذور بالنبات.

وقد وجدت اختلافات بين سلالات البسلة فى عدد البويضات بالمبيض؛ حيث تراوحت من ٤ - ١٢ بويضة أو أكثر. وتعد هذه الصفة أقل تأثراً بالعوامل البيئية من صفة عدد البذور

بالقرن. وتبين من دراسات Marx & Mishanec (١٩٦٢) على هذه الصفة فى السلالة PI 236493 - التى تنتج حتى ١٢ بويضة بالمبيض، والتى لقحت مع خمس سلالات تنتج بويضات يقل عددها بمقدار ١٠ - ٢٠٪ عما فى هذه السلالة - أن هذه الصفة بسيطة، وأن العدد القليل من البويضات بالمبيض يسود على العدد الكبير.

وأوضحت دراسات Krarup & Davis (١٩٧٠) أنه يتحكم فى محصول البسلة ومكوناته نظام وراثى إضافى، مع انحراف بسيط عن التأثير الإضافى، خاصة بالنسبة لكل من X، وY، وعدد البذور بالنبات. وتراوحت درجة التوريث من ٠,٣٨ لعدد البذور بالنبات إلى ٠,٦٥ لمتوسط وزن البذرة (Z). وكان أعلى ارتباط للمحصول (W) مع(X)، وتلاه الارتباط مع(Y)، ثم مع(Z). ويعتقد الباحثان أن (X) هى أفضل دليل للانتخاب للمحصول فى البسلة الجافة.

وفى دراسة أخرى.. قدر Pandey & Gritton (١٩٧٥) درجة التوريث - على النطاق الضيق - بنحو ٠,٠٨ فقط بالنسبة لصفة البذور الجافة (W)، بينما ارتفع التقدير إلى ٠,٨٠ بالنسبة لصفة متوسط وزن البذرة (Z).

وحاول مربو البسلة زيادة المحصول - بتربية أصناف تحتوى على عدد أكبر من القرون عند كل عقدة - واكتشفت طفرات بها ٣ قرون عند كل عقدة، واستخدمت فى إنتاج أصناف محسنة تحتوى على هذه الصفة، إلا أنه لم تحدث زيادة كبيرة فى المحصول نتيجة لذلك؛ مقارنة بالزيادة التى حدثت عند زيادة العدد من قرن إلى قرنين عند كل عقدة. وكان مرد ذلك إلى أن الأصناف ذات القرون الثلاثة - عند كل عقدة - كانت قرونها أقصر، وازدادت فيها نسبة البويضات التى تفشل فى إكمال نموها.

وتتوفر اختلافات وراثية فى عدد الأزهار عند كل عقدة؛ حيث يصل عدد الأزهار إلى ست أزهار وأكثر، كما تتوفر تباينات وراثية أخرى فى حجم القرن، إلا أن ذلك كله يرتبط بحجم البذرة، الذى يصبح عاملاً محدداً فى حالة زيادة عدد القرون، أو عدد البذور بالنبات.

الفاصوليا

كما سبق أن أوردنا تحت البسلة.. فإن محصول الفاصوليا من البذور الجافة يرتبط - هو الآخر - بمكونات هذا المحصول؛ وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرن، ومتوسط وزن البذور. وقد وجد Coyne (١٩٦٨) ارتباطاً جزئياً بين المحصول وتلك الصفات الثلاث، كما وجد ارتباطاً موجباً منخفضاً بين مكونات المحصول المختلفة؛ مما يدل على إمكان زيادة المحصول بالانتخاب لأحد مكوناته، دون أن يؤثر ذلك فى المكونات الأخرى. وفى تلك الدراسة.. كانت صفة العدد الكبير من القرون بالنبات سائدة سيادة تامة، ولكن درجات التوريث - المقدرة لكل من صفات المحصول ومكوناته - كانت منخفضة.

اللوبيا

أوضحت عديد من الدراسات أنه يمكن الآن الانتخاب للمحصول المرتفع فى اللوبيا بالانتخاب لأحد مكونات المحصول الرئيسية، وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البنور بالقرن، وحجم البنور، إلا أنه يفضل - دائماً - الانتخاب لصفة المحصول ذاتها. هذا.. وقدرت درجة التوريث - على النطاق العريض - بنحو ٥٤,٨٪ لصفة عدد القرون بالنبات، وبنحو ٤٦,١٪ لصفة محصول البذور.

التقدم فى جهود التربية لزيادة المحصول

ليس من الممكن - ولا من الضروى - إجراء حصر شامل لجهود التربية لتحسين المحصول الاقتصادى فى شتى المحاصيل الزراعية؛ لأن ذلك يخرج بالكتاب عن هدفه. ونكتفى فى هذا الجزء بإلقاء الضوء على حالات خاصة تفيد فى فهم الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى؛ الذى أمكن تحقيقة فى المحصول الاقتصادى لبعض النباتات بالتربية، واهتمامات مربى النبات فى هذا المجال، والدروب التى يسلكها لتحقيق أهدافه.

الطماطم

أولا: المحصول المبكر

يجرى الانتخاب للتبكير فى النضج - عادة - على أحد الأسس التالية:

١ - التبكير فى الإزهار أو العقد، أو نضج الثمار قبل موعد معين يتم تحديده سلفاً (على أساس نقص المعروض من الطماطم فى الأسواق خلال فترات معينة)، أو مقارنة بأى صنف آخر يكون من الأصناف القياسية المبكرة، أو التى تزرع على نطاق واسع.

٢ - كمية المحصول المبكر الذى يتحدد - عادة - على أحد الأسس التالية :

أ - المحصول الذى يتم حصاده خلال الخمسة عشر يوماً الأولى من موسم الحصاد.

ب - محصول الجمعتين أو الجمعات الثلاث الأولى.

ج - المحصول الذى يتم حصاده قبل بداية الحصاد من الصنف القياسى.

د - المحصول الذى يتم حصاده قبل تاريخ معين.

وتوجد مقاييس أخرى لتحديد المحصول المبكر. وعموماً.. فإن المربى يأخذ منها ما يناسبه.

وقد درس الارتباط بين التبكير فى النضج وصفات نباتية أخرى؛ بهدف الانتخاب لصفة التبكير دونما حاجة إلى الانتظار لحين نضج المحصول. فمثلاً.. وجد Pandita & Andrew (١٩٦٧) ارتباطاً معنوياً سالباً بين محتوى الورقة من عنصر الفوسفور، وعدد الأيام حتى النضج، وذلك فى عدد من أصناف الطماطم التى تختلف فى موعد نضجها. كان الارتباط - فى النباتات الصغيرة التى يبلغ عمرها ٦ - ٨ أسابيع - أكبر مما فى النباتات الأكبر التى يبلغ عمرها ١٠ - ١٢ أسبوعاً. واقترح الباحثان الانتخاب لصفة التبكير فى النضج، بتحليل مستوى الفوسفور فى أوراق النباتات - وهى فى مرحلة مبكرة من نموها - بدلاً من الانتظار لحين نضج الثمار. هذا.. وقد وجد الباحثان ارتباطاً وثيقاً مماثلاً فى محصول الخس.

وتبعاً لـ Boswell (١٩٣٧).. فإن موعد النضج صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى ـ غالباً ـ نظراً لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطاً بين الأبوين، بينما تظهر كل التدرجات فى موعد النضج فى نباتات الجيل الثانى. ويعتبر التبكير فى النضج من الصفات المنخفضة فى درجة توريثها؛ حيث قدرت على النطاق العريض (Broad Sense Heritability) بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢).

ثانيا : المحصول الكلى

إن صفة المحصول ـ كما هو معلوم ـ صفة كمية مركبة. ويذهب بعض مربى النبات إلى اعتبار أن المحصول هو محصلة فعل جميع الجينات التى يحملها النبات، وهو قول لا يذهب بعيداً عن الواقع. ولكن تتفاوت الصفات النباتية ـ كثيراً ـ من حيث تأثيرها فى المحصول. ولا يمكن معرفة الحجم الحقيقى لتأثير كل جين إلا بإنتاج سلالات تختلف فى أليلات هذا الجين ـ بينما تكون أصولها الوراثية متشابهة (isogenic lines) ـ ثم مقارنة محصولها.

ومن أبرز الأمثلة على الصفات المؤثرة فى المحصول برغم أنها لا تذكر ـ عادة ـ فى هذا الشأن صفتا النمو المحدود مقابل النمو غير المحدود والنمو الطبيعى مقابل النمو المتقزم.. علما بأن كلتيهما صفة بسيطة يسود فيها النمو غير المحدود والمتقزم على التوالى. كما يتوقع أن يكون لصفات الورقة تأثيرات متباينة فى المحصول الكلى للنبات، ومن أمثلتها: صفات اللون الأخضر مقابل اللون الأخضر المصفر، والطبيعية المظهر مقابل الذابلة Wilty، والعادية الشكل مقابل الشبيهة بورقة البطاطس.. علما بأن جميعها صفات بسيطة يسود فيها اللون الأخضر، والمظهر والشكل الطبيعيين على التوالى. هذا.. بينما لا يتوقع أن يكون لصفات أخرى أى تأثير فى المحصول؛ مثل صفة لون ساق البادرة الأرجوانى مقابل اللون الأخضر، وهى صفة بسيطة يسود فيها اللون الأرجوانى.

هذا.. إلاّ أنه عند التربية للمحصول.. فإن جل اهتمام المربى ينصب إما على المحصول الكلى مباشرة، وإما على مكونات هذا المحصول ـ كل على حدة ـ وإما على الصفات الفسيولوجية التى يكون لها دور مباشر فى التأثير فى المحصول.

ومن أهم مكونات المحصول في الطماطم: عدد العناقيد الزهرية، وعدد الأزهار بكل عنقود، ونسبة العقد (أو عدد الثمار بكل عنقود)، ومتوسط وزن الثمرة. وكما هو متوقع.. فإن درجة توريث المحصول تكون منخفضة جداً إذا لم تؤخذ ـ في الحسبان ـ مكونات هذا المحصول، أو الصفات الفسيولوجية التي تؤثر فيه كل على انفراد. فمثلاً.. قدرت درجة توريث المحصول على النطاق العريض في إحدى الدراسات بنحو ١٠٪ فقط. وفي المقابل.. ارتفعت درجة التوريث المقدّرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢ و Yassin ١٩٨٨). وكذلك حُصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧٪ لدرجة التوريث على النطاق العريض لصفة عدد الأوراق بين العناقيد، وهي ـ كسابقتها ـ صفات ترتبط بصفة المحصول الذي يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات، وينقص عدد الأوراق بين كل عنقودين زهريين.

وتفيد دراسة الأساس الفسيولوجي للمحصول في إمكانية الربط بين المحصول المرتفع ومختلف العمليات الفسيولوجية، التي تسهم بدور فعال في إنتاج هذا المحصول في السلالات المختلفة؛ وبذا تتضح الرؤية أمام المربي، الذي يسعى ـ بناء على هذه المعلومات ـ إلى جمع تلك الصفات الفسيولوجية في تركيب وراثي واحد يكون أعلى محصولاً من أي من السلالات المستخدمة في إنتاجه منفردة. ويتبين ـ فيما يلي ـ الاتجاه السائد فيما يتعلق بهذه النوعية من الدراسات :

ـ وجدت اختلافات كبيرة بين أصناف الطماطم في كفاءتها في عملية البناء الضوئي. كما تبين وجود علاقة في بعض سلالات الطماطم بين كفاءة عملية البناء الضوئي وبعض صفات الورقة المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية. وكانت أكثر الصفات دلالة على مدى كفاءة عملية البناء الضوئي هي محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ حيث بلغ معامل الارتباط (r) بين الصنفين ٠,٦٩.

ـ أظهرت الدراسات الوراثية أن صفتي كفاءة البناء الضوئي والمحتوى الورقي المرتفع من الكلوروفيل يتحكم فيهما ـ معاً ـ جين واحد؛ وهو ما يعني أن انتخاب النباتات ذات الأوراق الخضراء القاتمة يعني ـ تلقائياً ـ انتخاب التراكيب الوراثية ذات الكفاءة التمثيلية

العالية. وقد تبين ـ كذلك ـ ان تلك الكفاءة العالية كانت مرتبطة بزيادة كبيرة فى كمية ونشاط إنزيم ribulose, 1-5- biphosphate carboxylase.

ـ تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز ـ من الأوراق إلى الثمار ـ كانت منخفضة نسبياً فى أصناف الطماطم غير المحدودة النمو، التى انتقل فيها أقل من ٢٠٪ من الكربون المشع (^{14}ك) خلال فترة ٢٤ ساعة، كما اتضح أن أصناف الحصاد الآلى القديمة كانت ـ هى الأخرى ـ قليلة الكفاءة فى نقل الغذاء المجهز إلى الثمار. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بتحسين دليل الحصاد، وبزيادة كفاءة الثمار فى استقبال الغذاء المجهز. ويظهر ذلك بوضوح فى أصناف الحصاد الآلى الحديثة العالية المحصول، التى تعقد ثمارها وتنضج فى وقت واحد.

ـ اتضح أن ثمار الطماطم لديها قدرة محدودة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها، بالرغم من أن أديم الثمرة غير منفذ للغازات؛ فقد وجد أن نسبة المادة الجافة التى تُصنّع بالثمار ذاتها تصل إلى ١٠ ـ ١٥٪ من تلك التى توجد بها، كما لوحظ أن ثمار الأصناف ذات المحتوى الكلوروفيللى المرتفع قبل النضج كانت ـ أحياناً ـ ذات محتوى عالٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك بعد النضج. إلا أنه نظراً لأن معظم الطفرات المعروفة ـ التى تؤثر فى لون الثمار غير الناضجة ـ تؤثر كذلك فى مستوى الكلوروفيل فى النموات الخضرية؛ لذا يصعب تحديد الدور الذى تلعبه الثمار فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها.

ـ ربما كان من الممكن زيادة المحصول بالانتخاب لصفة المعدل المنخفض للتنفس فى الثمار، خاصة بعد اكتشاف اختلافات وراثية فى مستوى نشاط إنزيم ribulose, 1-5 biphos-phate carboxylase ـ المؤثر فى معدل التنفس ـ فى الثمار (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨).

ـ أظهرت دراسة ـ أجريت على ١٥ صنفاً من الطماطم، و١٠٤ من هجين الجيل الأول بينها ـ وجود اختلافات جوهرية جدا فى القدرة العامة على التآلف بين الآباء فى جميع

الصفات التى درست (وهى الكفاءة التمثيلية، ونسبة المساحة الورقية، والمساحة الورقية الخاصة)، واختلافات جوهرية فى القدرة الخاصة على التآلف لبعض الصفات. كما ظهرت ارتباطات سالبة قوية بين القيم المُقدّرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية مع المساحة النسبية للأوراق والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area. وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقدّرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦).

- أظهرت دراسة أخرى على نفس الأصناف والهجن السابقة وجود اختلافات جوهرية فى كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات: صافى البناء الضوئى net photosynthesis، والتنفس الظلامى dark respiration، والوزن الورقى الطازج الخاص specific leaf fresh weight، ومقاومة الثغور stomatal resisance (Van De Dijk ١٩٨٧)؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاو تة فى تحديد المحصول الكلى للنبات.

وقد تمكن مربى النبات من توجيه نمو نبات الطماطم بما يناسب حصاده آليا، و تحقق ذلك بإنتاج نباتات ذات نمو مندمج تعطى جُل إزهارها وإثمارها خلال فترة زمنية قصيرة؛ الأمر الذى يمكن معه حصادها آليا مرة واحدة. ولكن كانت هناك دائماً مشكلة التربية لزيادة المحصول، مع زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى تلك الأصناف التى تنضج جميع ثمارها فى وقت متقارب، لأن قدرة النبات على تمثيل الغذاء تكون محدودة بتلك الفترة، بعكس الحال فى الأصناف غير المحدودة النمو التى تبقى مثمرة لفترات طويلة.

البطاطس

أوضحت الدراسات الوراثية - التى استخدمت فيها البذور الحقيقية - أن صفة المحصول فى البطاطس تتأثر - فقط - بالتباين غير الإضافى للجينات. وبالرغم من ذلك.. كانت درجات التوريث المقدرة لبعض صفات مكونات المحصول - مثل عدد الدرنات بالنبات وحجم الدرنات - عالية نسبياً. وقد خلص الباحثون إلى إمكان تحسين محصول البطاطس بالانتخاب للصفات الأخرى ذات درجات التوريث المرتفعة؛ مثل حجم الدرنة (Thompson وآخرون ١٩٨٣).

ويراعى - فى هذا الشأن - انتخاب النباتات التى تضع العدد المناسب من الدرنات بالحجم المناسب. فقد يضع النبات عدداً كبيراً من الدرنات، إلا أنها تكون صغيرة الحجم لا تصلح للاستهلاك، أو قد يضع عدداً قليلاً من الدرنات، إلا أنها تكون أكبر حجماً من اللازم؛ لذا.. يلزم دائماً - عند إجراء التلقيحات - ألا تكون بين أصناف أو سلالات تضع أعداداً كبيرة من الدرنات الصغيرة، وإلا اضطر المربى إلى استبعاد نسبة كبيرة من النسل؛ لأن درناته تكون أصغر مما ينبغى؛ بسبب الزيادة الكبيرة فى أعداها.

وكما سبق أن أوضحنا بالنسبة للطماطم.. فإن طبيعة النمو النباتى قد يكون لها تأثير غير مباشر فى المحصول.

وتعد صفة النمو الطبيعى سائدة على صفة النمو المفترش؛ ويتحكم فيها ٣ أزواج - على الأقل - من العوامل الوراثية (عن Howard ١٩٦٩).

كذلك يتوقف محصول البطاطس - إلى حد كبير - على المدة التى تلزم لحين نضج الدرنات. والقاعدة العامة هى أنه كلما تأخر الحصاد ازداد المحصول؛ لذا.. فمن الضرورى أن يحدد المربى - سلفاً - درجة التبكير أو التأخير فى النضج التى يريدها فى الصنف الجديد.. علماً بأنه لا يشترط أن تكون الأصناف المبكرة مبكرة النضج، بل إن المعيار هو إنتاج محصول اقتصادى مربح فى بداية الموسم. ومع ذلك.. فهناك من الأصناف المبكرة ما تنضج درناتها مبكراً. هذا.. إلا أن جميع الأصناف المتأخرة تكون متأخرة النضج، ولا يمكنها إنتاج محصول اقتصادى مربح مبكراً فى بداية الموسم.

تدل الدراسات الوراثية على أن موعد النضج يعتمد على عدد من الجينات، وأن الأصناف خليطة فى معظم هذه الجينات؛ لذا.. فإن نسبة الانعزالات المبكرة لا تزيد على ٦٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف أو السلالات المبكرة وبعضها البعض، وتكون فى حدود ٢٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف المبكرة والمتأخرة.

وأيا كانت الصفات التى ترتبط بالمحصول بصورة غير مباشرة.. فإن القدرة على تثبيت

غاز ثانى أكسيد الكربون فى النبات تعد أكثر الصفات التى لها ارتباط مباشر بالمحصول. وفى هذا المجال.. وجد Dwelle وآخرون (عن Dwelle ١٩٨٥) اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس فى معدل البناء الضوئى، وأمكنهم تعرُّف عديد من الأصناف المتفوقة فى تلك الصفة. وبدراسة هذه الأصناف.. تبين أن بعضها كان ذا قدرة عالية على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال السطح العلوى للأوراق (مثل الصنف Lemhi Russet)، بينما تفوق بعضها الآخر فى تثبيت الغاز من خلال السطح السفلى للأوراق (مثل السلالة الخضرية A 6948-4). وبتلقيحهما معا.. أمكن التعرف - فى النسل - على كل الانعزالات الوراثية الممكنة بالنسبة للقدرة العالية أو المنخفضة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال أحد سطحى الورقة أو كليهما، وكان من بينها سلالات قليلة ذات قدرة عالية على تثبيت الغاز من كلا سطحى الورقة، إلا أنها لم تكن جميعها عالية المحصول؛ نظراً لأن بعضها وجهت الزيادة الكبيرة فى الغذاء المجهز نحو إنتاج نمو خضرى غزير، بينما كان محصول درناتها متوسطاً.

الفلفل

يعد عدد الأزهار - عند كل عقدة - من الصفات المميزة لأنواع الجنس Capsicum؛ حيث يكون العدد زهرة واحدة عند كل عقدة فى النوع C. annuum، و٢ - ٣ أزهار فى النوع C. frutescens ، و٣ - ٥ أزهار فى النوع C. chinense.

ويساعد نقل صفة الأزهار الكثيرة عند كل عقدة - من الأنواع البرية إلى الأصناف التجارية - على تركيز عقد الثمار، وتجانس النضج، وخفض تكاليف الحصاد، مع احتمال زيادة المحصول.

وقد قام Subramanya (١٩٨٣) بتلقيح السلالة P.I. 159236 من C. chinense مع الصنف Delray Bell من النوع C. annuum فى محاولة لنقل صفة تعدد الأزهار عند كل عقدة من النوع الأول إلى الثانى، وكان الجيل الأول بينهما وسطاً فى الصفة؛ حيث ظهرت به زهرتان عند كل عقدة. وتبين من الانعزالات فى الجيلين الثانى والثالث والتلقيحات الرجعية

أن جينات قليلة رئيسية (ربما ثلاثة جينات) تتحكم فى صفة وجود زهرتين عند كل عقدة، بينما لزمت جينات أخرى إضافية لظهور صفة وجود أكثر من زهرتين عند كل عقدة.

وتأكيداً لذلك.. وجد Tanksley & Iglesias - Olivas (١٩٨٤) أن صفة تعدد الأزهار فى العقدة الواحدة فى النوع C. chinense (التى يبلغ متوسطها ٢ ـ ٤ أزهار/ عقدة، وإن كانت تصل فى بعض الأصناف إلى ١٠ أزهار/عقدة) ـ مقارنة بطبيعة حمل الأزهار المفردة فى النوع C. annuum ـ يتحكم فيها ٥ أزواج من العوامل الوراثية على الأقل. كما يذكر Greenleaf (١٩٨٦) أن عدد الجينات الذى يتحكم فى هذه الصفة ربما كان ٧ أزواج. وبالمقارنة.. كان Barrios & Moskar (١٩٧٢) قد توصلا إلى أن صفة حمل الأزهار فى عناقيد يتحكم فيها عامل وراثى واحد.

يعد حجم ثمرة الفلفل صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية. وقدر عددها ـ فى إحدى الدراسات ـ بنحو ٢٠ ـ ٢٣ عاملاً وراثياً. وتكون ثمار الجيل الأول وسطاً فى الحجم بين ثمار نباتات الآباء. ويستدل من إحدى الدراسات على أنه يمكن التنبؤ بحجم ثمار الجيل الأول من الجذر التربيعى لحاصل ضرب متوسط حجم ثمار كل من أبوى الهجين. كما أوضحت دراسة أخرى أن صفة الثمار الكبيرة سائدة على الثمار الصغيرة (عن Khalil ١٩٧٤).

وقد تبين من دراسات Maksoud وآخرين (١٩٧٧) أن صفة وزن أو حجم ثمرة الفلفل يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، مع وجود سيادة جزئية لصفة الثمار الصغيرة، بالإضافة إلى وجود عديد من الجينات المحورة التى تلزم لظهور صفة الثمار الصغيرة، وقدرت درجة توريث الصفة على النطاق العريض بنحو ٨٩٪.

هذا.. ويوجد ارتباط موجب بين ثمرة الفلفل ومساحة الورقة، لدرجة أن بعض الباحثين اعتقد بإمكان الانتخاب لصفة الثمار الكبيرة بانتخاب البادرات ذات الأوراق الكبيرة. وبرغم ذلك.. فإن الصفتين يتحكم فيهما عوامل وراثية مختلفة.

الخيار

من أهم الصفات التى اهتم بها مربى النبات ـ لتحسين محصول الخيار ـ ما يلى :

١ ـ حالة الجنس والنسبة الجنسية :

إن حالة الجنس (كون النبات يحمل ـ مثلاً ـ أزهاراً مؤنثة فقط، أم كاملة فقط، أم أزهاراً مؤنثة وأخرى كاملة، أم أزهاراً مذكرة مع أزهار كاملة)، وكذلك النسبة الجنسية (نسبة الأزهار المؤنثة أو الكاملة إلى الأزهار المذكرة) تؤثران فى محصول الخيار؛ ذلك لأن ثمار الخيار (المحصول الاقتصادى) تتكون بنمو مبايض الأزهار المؤنثة أو الخنثى، سواء أعقدت فيها بذور (أى كانت بذرية)، أم لم تعقد (أى كانت بكرية). كما أن ثمار الخيار تحصد ـ للاستهلاك ـ قبل اكتمال نضجها النباتى بوقت طويل؛ وبذا.. يمكن للنبات الواحد أن ينتج عديداً من الثمار الصالحة للاستهلاك، بعكس الحال فى البطيخ والقاوون اللذين تحصد ثمارهما بعد وصولها إلى مرحلة النضج النباتى. ولأجل هذا.. كان اهتمام مربى النبات بحالة الجنس، وبالنسبة الجنسية ـ فى الخيار ـ كثيراً.

تتوفر فى الخيار جميع حالات الجنس، وهى إنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة على نفس النبات (وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious)، وإنتاج أزهار مؤنثة فقط (أنثوية gynoecious)، وإنتاج أزهار مؤنثة وأزهار كاملة (gynomonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار كاملة (andromonoecious)، وإنتاج أزهار كاملة فقط (hermaphroditic)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة وأزهار كاملة (trimonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة فقط (androecious).

يتحكم فى صفة إنتاج الأزهار المؤنثة (حالة الـ gynoecious) جين واحد سائد يأخذ الرمز F، ولكن فعل هذا الجين يتأثر ـ بشدة ـ بالجينات المحورة وبالعوامل البيئية. ولا يشترط أن تكون النباتات الحاملة لهذا الجين كاملة الأنوثة؛ فقد تكون وحيدة الجنس وحيدة المسكن أو خنثى كذلك. ويتوقف ذلك على الجينات الأخرى التى تتفاعل مع الجينF، والخلفية

الوراثية للسلالة، والظروف البيئية. ولكن السلالات الحاملة لهذا الجين السائد تكون فيها نسبة الأزهار المؤنثة أعلى منها فى السلالات ذات الأصول الوراثية المشابهة isogenic lines التى تحمل الأليل المتنحى f. ومن الجينات المؤثرة فى صفة الأنوثة الجين In-F الذى يزيد intensifies حالة الأنوثة (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

وقد وجد Kubicki أن صفة الذكورة (أى إنتاج أزهار مذكرة فقط androecious) يتحكم فيها عامل وراثى متنح أعطى الرمز a ، بينما تكون النباتات الحاملة للجين السائد A وحيدة الجنس وحيدة المسكن.

ويذكر أن حالة الجنس فى الخيار يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية؛ هما: M وF. وبينما يحدد الجين M وأليلة m كون الزهرة مؤنثة (M-) أم كاملة (mm).. فإن الجين F وأليله f يحددان عدد العقد فيما إذا كان النبات خالياً تماماً من أية أزهار مذكرة (F-)، أم تظهر به بعض الأزهار المذكرة على العقد الأولى من الساق الرئيسية (ff). ينعزل الجينان مستقلين عن بعضيهما، وتكون التراكيب الوراثية الممكنة والأشكال المظهرية المقابلة لها كما يلى:

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى
M - F -	أنثوى gynoecious
M - ff	وحيد الجنس وحيد المسكن monoecious
mm F -	خنثوى hermaphroditic
mm ff	مذكر androecious

ويتأثر ذلك كله بكل من الجينات المحورة والعوامل البيئية (عن Iezzoni & Peterson ١٩٨٠). وقد اقتر Iezzoni وآخرون (١٩٨٢) وجود جين آخر (M-2) - إلى جانب الجين M - يؤثر فى صفة الجنس بطريقة مكملة Complementary ، كما وجدوا أن كلا الجينين M ، و M-2 يرتبط بشدة بالجين المسئول عن المقاومة لمرض الذبول البكتيرى.

وقد درس Miller & Quisenberry (١٩٧٦) وراثة عدد الأيام من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة، وتوصلا إلى النتائج التالية :

أ ـ كان معظم التباين الوراثي إضافياً، ولكن ظهرت سيادة جزئية لكل من صفة الإزهار المبكر وصفة تكوين أول زهرة عند عقدة أقرب لقاعدة الساق.

ب ـ يتحكم في عدد الأيام ـ من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة ـ عدد قليل من الجينات. وكانت درجة توريث هذه الصفة عالية نسبياً؛ حيث تراوحت من ٠,٤٦ ـ ٠,٦٢.

جـ ـ برغم اختلاف الأصناف في سرعة إنبات البذور.. إلا أن هذه الصفة لم تكن ذات أهمية بالنسبة للمحصول المبكر، مقارنة بصفة عدد الأيام إلى حين ظهور أول زهرة بالنبات.

د ـ كان للحرارة المنخفضة تأثير سلبي؛ إذ إنها أبطأت النمو النباتي، وأخرت ظهور أول زهرة إلى عقدة أبعد عن قاعدة الساق.

هـ ـ كان الارتباط بين موعد الإزهار ومتوسط تاريخ الحصاد جوهرياً وعالياً، وبلغت قيمته ٠,٨٢.

هذا.. وتمر نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن بمراحل للنمو، تنتج فيها النباتات ـ على التوالي ـ أزهاراً مذكرة فقط، ثم أزهاراً مختلطة، ثم أزهاراً مؤنثة فقط.

وقد وجد George (١٩٧١) جيناً سائداً يسرع التحول من حالة إنتاج الأزهار المذكرة إلى إنتاج الأزهار المؤنثة، أعطى الرمز Acr؛ نسبة إلى الصفة accelerator.

وبالمقارنة.. وجد جين آخر متنح يؤخر الإزهار في ظروف النهار القصير، وقد أعطى الرمز df؛ نسبة إلى الصفة delayed flowering. وتبين أن حالة من سكون البذور ترتبط بهذا الجين في الأجيال الانعزالية.

٢ ـ طبيعة النمو :

يتحكم فى صفة النمو المحدود جين واحد متنح، يأخذ الرمز de؛ نسبة إلى الصفة determinate، وإن كان البعض يعتقد أن هذا الجين ذو سيادة غير تامة. ويتأثر فعل الجين بجين آخر محور هو In-de.

يوجد جين آخر متنح يجعل النبات خالياً من القمة لدى تعرضه لصدمة حرارية temperature shock، ويأخذ هذا الجين الرمز bl نسبة إلى الوصف الذى يتميز به هذا النبات وهو "blind". ويمنع تكوين المحاليق tendrils جين واحد متنح يأخذ الرمز td، له تأثيرات أخرى فى تركيب الثمرة والورقة.

وبالنسبة لطول النبات فإن الجين السائد T يتحكم فى صفة النبات الطويل tall، ويتحكم الجين المتنحى cp فى صفة النمو المندمج compact، والجين المتنحى dw فى صفة النمو المتقزم dwarf. ويؤدى كل من الجينين الأخيرين إلى تقصير سلاميات النبات.

وجدير بالذكر أن النباتات المندمجة cp cp تكون شديدة التقزم، ولا يزيد حجم بذورها على ثلث حجم بذور النباتات التى تحمل الأليل السائد Cp.

كما أن الجين de الخاص بالنمو المحدود يؤثر فى طول السلاميات، ولكنه لا يؤثر فى عددها (Kauffman & Lower ١٩٧٦). أما الجين in-de.. فيؤدى وجوده بحالة متنحية أصيلة مع الجين de إلى جعل النباتات متقزمة كثيرة الأوراق (George ١٩٧٠). ولجميع هذه الجينات أهمية خاصة عند التربية للصلاحية للحصاد الآلى، ولها تأثيرات كبيرة فى محصول النبات من الثمار، ومسافات الزراعة التى تناسب إنتاج أعلى محصول من وحدة المساحة من الأرض فى كل حالة من حالات طبيعة النمو.

وقد وجدت صفات اقتصادية كثيرة هامة فى الصنف النباتى C. sativus var. hardwickii يمكن إدخالها فى الخيار المزروع؛ مثل: حمله عدة ثمار عند كل عقدة، وخلوه من ظاهرة السيادة القمية؛ حيث يعطى فروعا جانبية أكثر وأطول مما فى الخيار. ولكن يعيب هذا

الصنف النباتى أن ثماره صغيرة الحجم (يتراوح طولها من ٤ ـ ٨سم)، بيضاوية الشكل، أى يوجد بها فجوات بذرية كبيرة، وعلى سطحها أشواك سوداء قوية، وجلدها صلب قوى، وطعمها مر. هذا.. فضلاً على أن بعض سلالاته التى درست من قبل (مثل P.I. 183967 ، و P.I. 215589) وجدت قصيرة النهار اختيارياً facultative short - day ، كما كانت سلالات أخرى ـ مثل LJ 90430 قصيرة النهار إجبارياً؛ حيث لم تزهر إلا عندما قصرت الفترة الضوئية عن ١٢ ساعة مع حرارة ٣٠م نهاراً، و٢٠م ليلاً؛ الأمر الذى يشكل تحدياً للاستفادة من هذا الصنف النباتى فى تحسين الخيار المزروع.

وباستخدام طريقة الانتخاب المتكرر، والسلالة P.I. 90430 من C. sativus var hardwickii كمصدر لصفة تعدد الثمار.. أمكن إحراز تقدم ملحوظ ـ خلال ثلاث دورات من الانتخاب ـ فى متوسط عدد ثمار التخليل/ نبات عند إجراء الحصاد مرة واحدة آلياً.

كما حاول Delaney & Lower (١٩٨٧) الجمع بين صفة تعدد الفروع والثمار من هذا الصنف النباتى مع صفة النمو المحدود determinate من سلالتى الخيار Spacemaster، وNCSU M27.

وفى دراسة أخرى.. وجد Kupper & Staub (١٩٨٨) أن سبع سلالات من النوع النباتى C. sativus var. hardwickii كانت ذات قدرة عامة على التآلف مع ثلاث سلالات من الخيار فى جميع الصفات التى درساها؛ وهى: عدد الثمار، وعدد الفروع الجانبية، وطول الثمرة، ونسبة طول الثمرة إلى قطرها، وعدد العقد التى تحمل أزهاراً مؤنثة، وعدد الأيام إلى تفتح الأزهار anthesis؛ الأمر الذى يدل على إمكان الاستفادة منه فى تحسين الصفات البستانية فى الخيار.

وبوجه عام.. فإن المربى يأمل فى زيادة محصول النبات الواحد، وتركيز إثماره؛ ليمكن حصادة آليا من خلال ثلاث صفات؛ هى:

أ ـ صفة التقزم Dwarfism.. حيث يمكن زراعة السلالات المتقزمة على مسافات ضيقة، وبذا.. يزيد عدد الثمار التى يمكن حصادها آلياً مرة واحدة.

ب ـ صفة الأنوثة.. حيث يبدأ إنتاج الأزهار المؤنثة مبكراً وبصورة أكثر تركيزاً. وقد

وجد Prend & John (١٩٧٦) أن محصول الهجن المتقزمة الأنثوية gynoecious dwarf كان أكثر من مثلى محصول الهجن الأنثوية العادية. كما كان متوسط عدد الثمار بالنبات أكبر مما فى الهجن الأنثوية العادية عندما أجرى الحصاد مرة واحدة آلياً.

جـ - صفة كثرة التفريع وكثرة عدد الثمار/ نبات التى تتوفر فى الصنف النباتى C. melo var. hardwickii، وقد سبقت الإشارة إليها.

القاوون

وبرغم أن قدرة نبات القاوون على إنتاج الثمار (وهى التى تحصد للاستهلاك عند بلوغها مرحلة النضج النباتى) محدودة.. إلاّ أن حالة الجنس والنسبة الجنسية - وهما الصفتان المتحكمتان فى عدد الثمار التى يمكن أن ينتجها النبات - نالتا اهتماماً كبيراً من مربى النبات.

لقد وجد أن جيناً واحداً متنحيًا (a) يحول النبات من الحالة الـ monoecious (أى الوحيد الجنس الوحيد المسكن) إلى الحالة الـ andromonoecious (أى التى يحمل فيها النبات أزهاراً كاملة وأزهاراً مذكرة) (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

ويذكر Whitaker & Davis (١٩٦٢) أن الجينين: A و G يتحكمان فى وراثة الجنس فى القاوون على النحو التالى: يجعل الجين A معظم الأزهار الكاملة مؤنثة، ويجعل الجين G معظم الأزهار الكاملة مذكرة، وبذا.. يكون نسل النبات الخليط Aa Gg على النحو التالى :

التركيب الوراثى	النسبة	الشكل المظهرى
A-G-	٩	توجد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة monoecious
aa G-	٣	توجد أزهار مذكرة وأزهار كاملة andromonoecious
A-gg	٣	توجد أزهار مؤنثة وأزهار كاملة gynomonoecious
aa gg	١	توجد أزهار كاملة فقط perfect

هذا .. إلا أن النباتات ذات التركيب الوراثى A-gg لا تكون دائماً gynomonoecious؛ حيث تتأثر بالعوامل البيئية، فتظهر بعضها أنثوية gynoecious، وقد يصبح بعضها الآخر trimonoecious؛ أى يظهر بها خليط من الأزهار المذكرة، والمؤنثة، والخنثى. ولكن نتائج الدراسات تختلف بشأن حالة الـ trimonoecious؛ حيث ذكر البعض أن جينين آخرين يتفاعلان مع الجينين a و g لإظهار هذه الحالة.

جدير بالذكر أن النباتات الـ andromonoecious تحمل أزهاراً مذكرة فقط على الساق الرئيسية للنبات، وخليطاً من الأزهار المذكرة والأزهار الخنثى على أفرع النبات. وقد اكتشفت طفرة متنحية تمنع تكوين أية فروع من الساق الرئيسية للنبات، وأعطيت الرمز ab نسبة إلى الصفة abrachiate. وبظهور هذه الطفرة على نبات andromoneocious.. فإنها تحوله ـ تلقائياً ـ إلى نبات مذكر androecious ـ لأن الساق الرئيسية للنبات لا تحمل سوى أزهار مذكرة فقط.

وقد وجد ارتباط بين شكل الثمرة وحالة الجنس؛ حيث تنتج الأزهار المؤنثة ـ غالباً ـ ثماراً كروية، بينما تنتج الأزهار الكاملة ثماراً مطاولة أو بيضاوية.

وقد أدى ذلك إلى الاعتقاد بأن الجين a (الخاص بحالة الـ andromonoecious) ذو تأثير متعدد. وقد وجدت حالات شاذة لهذه القاعدة، يعتقد أنها ترجع إلى وجود جينات محورة.

الكوسة

من بين أهم الصفات المؤثرة فى محصول الكوسة كل من طبيعة النمو، وحالة الجنس.

١ ـ طبيعة النمو

يتحكم فى طبيعة النمو ـ من حيث كونه قائماً، أم مفترشاً ـ جين واحد (يأخذ الرمز Bu) فى كل من C. pepo و C. maxima ، وربما كان هذا الجين فى نفس الموقع الكروموسومى فى النوعين، إلا أن حالة السيادة تختلف بينهما حسب مرحلة النمو النباتى:

ففى C. pepo.. تسود صفة النمو القائم كلياً تقريباً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، إلا أن السيادة تصبح جزئية فقط فى مراحل النمو التالية.

أما فى C. maxima.. فإن النمو القائم يكون سائداً كلياً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، ثم يصبح متنحياً تماماً فى المراحل التالية للنمو (Whitakter ١٩٧٤). وفضلاً عما تقدم.. فإن فعل هذا الجين يتأثر بجينات أخرى محورة. وقد اكتشف جين آخر متنح فى C. pepo، يجعل النبات شديد التقزم Extreme Dwarf.

٢ ـ حالة الجنس

إن معظم أصناف القرع وحيدة الجنس وحيدة المسكن، ولكنها تختلف ـ كثيراً ـ فى نسبة الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة. ويشذ عن ذلك طفرة بسيطة تحمل أزهاراً مذكرة فقط androecious وجدت فى C. pepo، ويتحكم فيها جين متنح يأخذ الرمز a، كما وجدت طفرة أنثوية gynoecious فى النوع C. foetidissima ، إلا أن استحالة تهجينه مع C. maxima ، و C. Moschata ، و C. pepo حالت دون الاستفادة من تلك الصفة فى هذه الأنواع.

الفاصوليا

برغم وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الفاصوليا فى معدل عملية البناء الضوئى، وبرغم اعتماد المحصول على معدلات البناء الضوئى.. فلم يمكن أبداً ـ فى الفاصوليا ـ ملاحظة أى ارتباط وراثى عالٍ بين الصفتين؛ وبذا.. لم يمكن الاستفادة من الاختلافات المشاهدة بين السلالات فى معدل البناء الضوئى فى الانتخاب لتحسين المحصول. إلا أن كميه المحصول تتوقف على ثلاثة عوامل؛ هى:

١ ـ تأقلم التركيب الوراثى مع الظروف البيئية.

٢ ـ قدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة فى صورة غذاء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣ ـ قدرة التركيب الوراثى على توزيع نواتج التمثيل الغذائى على مختلف الأعضاء النباتية؛ بنسب يتحقق معها أكبر محصول اقتصادى، مع القدرة على نقل هذا الغذاء إليها أولاً بأول.

ويعتبر المحصول البيولوجى Biological Yield، والنمو البيولوجى الكلىBiomass Growth دليلاً على قدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية فى صورة غذاء مجهز، بينما يعبرّ دليل الحصاد عن توزيع الغذاء المجهز على الأعضاء الاقتصادية؛ مقارنة ببقية الأنسجة النباتية. ويعبر معدل نمو البذور (أو الجزء الاقتصادى من النبات) عن كفاءة التركيب الوراثى فى نقل الغذاء المجهز. كما يمكن إيجاد مقياس آخر هو معدل النمو الاقتصادى؛ ليكون دليلاً على العلاقة بين المحصول وفترة النمو النباتى.

وبرغم أن درجات التوريث ـ التى قدرها مختلف الباحثين لمحصول الفاصوليا ـ منخفضة للغاية، إلا أن درجات التوريث التى قدرت لبعض الصفات المرتبطة بالمحصول (مثل دليل الحصاد، ومعدل النمو البيولوجى الكلى، ومعدل نمو البذور) كانت مرتفعة بدرجة ملموسة. ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع.. يراجع Scully وآخرون (١٩٩١).

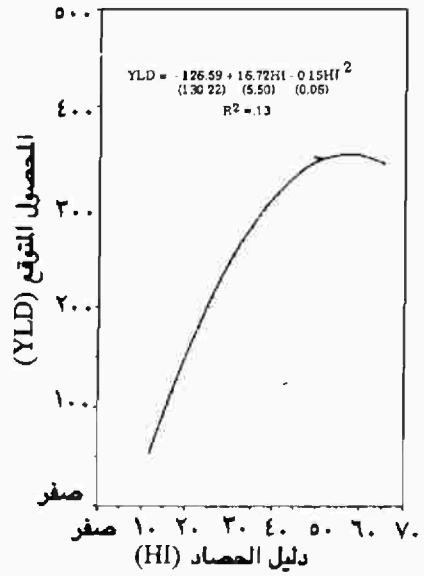
لقد وجدت اختلافات كبيرة فى القدرة على البناء الضوئى بين صنفى الفاصوليا رد كدنى Red Kidney، وميشيليت ٦٢ Michellite 62، وتبين أن معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون فى الضوء ومعدل التنفس فى الظلام كان أعلى فى الصنف ميشيليت ٦٢ منه فى الصنف رد كدنى، بينما كانت نباتات كلا الصنفين ونباتات الجيل الأول بينهما على درجة عالية من التجانس فى كلا الصفتين.. فإن نباتات الجيل الثانى أظهرت اختلافات جوهرية، كذلك ظهرت اختلافات جوهرية فى هاتين الصفتين بين سلالات الجيل الثالث، وبين النباتات فى بعض سلالات هذا الجيل. وقد كانت درجة توريث كلتا الصفتين (معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون فى الضوء ومعدل التنفس فى الظلام) منخفضة (Wallace وآخرون ١٩٧١).

وقد قيم Scully & Wallace (١٩٩٠) ١١٢ سلالة من الفاصوليا فى ثمانى صفات ذات صلة بالمحصول، ووجدا مدى واسعا من الاختلافات ـ فيما بينها ـ كما يلى :

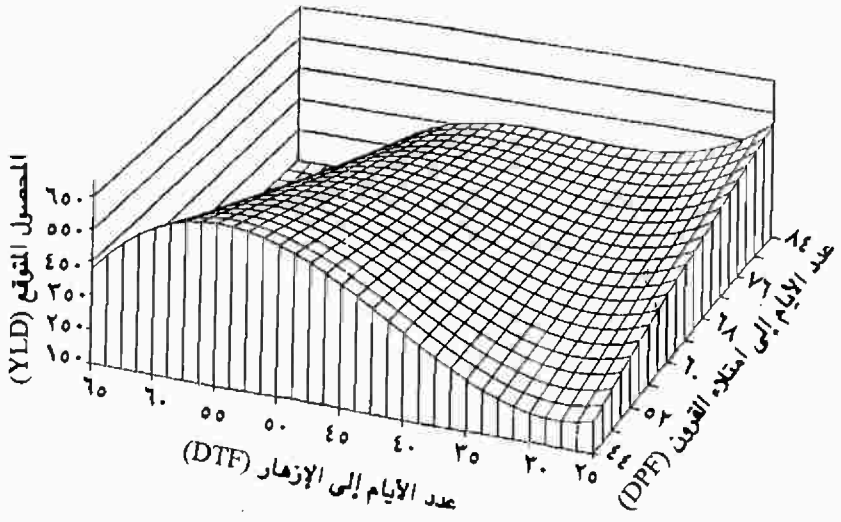
الصفة	المدى
الفترة من الزراعة إلى الإزهار	٢٥ ـ ٦٦ يوماً
فترة إمتلاء القرون	٤٤ ـ ٨٣ يوماً
الفترة من الزراعة إلى النضج	٧٠ ـ ١٣٣ يوماً
المحصول الاقتصادى	٨١ ـ ٥٨٧ جم/م٢
المحصول البيولوجى	٢٧٠ ـ ١٠٨٧ جم/م٢
دليل الحصاد	١٢٪ ـ ٦٥٪
معدل تكوين المحصول البيولوجى (المحصول البيولوجى/ عدد الأيام إلى النضج)	٣,٢ ـ ٩,٣ جم/م٢/يوم
معدل تكوين البذور (محصول البذور/ فترة امتلاء القرون)	١,٢ ـ ٩,٥ جم/م٢/يوم
معدل النمو الاقتصادى (محصول البذور/ الفترة من الزراعة إلى النضج)	٠,٦ ـ ٥,٧ جم/م٢/يوم

ولقد وجد ارتباط خطى موجب بين المحصول وكل من: معدلات النمو، والمحصول البيولوجى، وفترة امتلاء القرون، ولكن المحصول البيولوجى ومعدلات النمو كان لها التأثير الأكبر على التباينات فى المحصول؛ حيث كان معامل ارتباطها (r^2) مع المحصول ٠,٧١ و ٠,٨٤ على التوالى. أما فترة امتلاء القرون فلم يكن تأثيرها ذا شأن فى الاختلافات المشاهدة فى المحصول؛ حيث كان الارتباط بين الصفتين ٠,٠٩ وقد كان أعلى محصول ـ تحت ظروف ولاية نيويورك الأمريكية ـ عندما كان الإزهار بعد ٤٨,٥ يوماً، والنضج بعد ١١٢,٢ يوماً من الزراعة، وعندما كان دليل الحصاد ٥٧,٢٪. وتتضح العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع فى شكل (٤ ـ ١)، وبين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار، وفترة امتلاء القرون فى شكل (٤ ـ ٢).

ويذكر Coyne (١٩٨٠) وجود اختلافات كبيرة بين أصناف الفاصوليا فى استجابتها للفترة الضوئية؛ الأمر الذى يؤثر فى طول الفترة التى تمر بين الزراعة والإثمار؛ وهو ما



شكل (٤ ـ ١) : العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع في الفاصوليا.



شكل (٤ ـ ٢) : العلاقة بين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار وفترة امتلاء القرو ن في الفاصوليا (عن Scully & Wallace ١٩٩٠).

يؤثر - بالتالى - فى قوة النمو الخضرى للنبات عند الإزهار، وفى عدد العقد التى يمكن أن تتكون عندها الأزهار حال إزهار النبات. وتتأثر تلك الحساسية للفترة الضوئية بدرجة الحرارة.

ففى كولومبيا.. أمكن تأخير إزهار أصناف الفاصوليا الحساسية للفترة الضوئية - تحت ظروف الحقل - بزيادة فترة الإضاءة صناعيا؛ وصاحب ذلك زيادة المحصول بنحو ٥٠ - ٧٠٪.

كما أن بعض أصناف الفاصوليا تغير طبيعة نموها من غير المحدود الشجيرى indeterminate bush إلى المتسلق climbing بمجرد تعريضها للضوء الأحمر لمدة ١٥ دقيقة فى منتصف فترة الظلام. وأمكن إلغاء هذا التأثير للضوء الأحمر بتعريض النباتات للأشعة تحت الحمراء عقب تعريضها للضوء الأحمر مباشرة. ومن الواضح أن تلك الاستجابة للضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء هى من خلال صبغة الفيتوكروم Phytochrome.

وتبين أن الجين الذى يتحكم فى استجابة نباتات الفاصوليا للفترة الضوئية يختلف عن الجين المسئول عن تغير النمو النباتى من غير المحدود الشجيرى إلى المتسلق. ويمكن الاستعانة بالضوء أثناء فترة الظلام لتقييم النباتات للتعرف على مدى ثباتها فى طبيعة النمو.

البطاطا

لا يرتبط محصول البطاطا من الجنور بمعدل البناء الضوئى المقدر لعينة من أوراق النبات، وربما كان مرد ذلك إلى عدة أسباب؛ منها: اختلاف سلالات وأصناف البطاطا كثيراً فى كثافة نمواتها الخضرية، واختلاف الوضع النسبى لأوراق النبات الواحد؛ الأمر الذى يؤثر فى كفاءتها فى البناء الضوئى تحت الظروف الطبيعية، واختلاف وضع الأوراق المستخدمة فى قياس الصفة - تحت ظروف عملية تقدير معدل البناء الضوئى - عما يكون عليه تحت الظروف الطبيعية فى الحقل.. وقد تأكد ذلك من دراسات Bhagsari (١٩٩٠)،

والتى أوضحت وجود اختلافات كبيرة جدا بين أصناف وسلالات البطاطا فى معدل البناء الضوئى، إلا أن تلك الاختلافات لم تكن مرتبطة بالمحصول. ومن ناحية أخرى.. كان المحصول - فى هذه الدراسة - مرتبطاً بدرجة عالية وجوهرية بدليل الحصاد Harvest Index (محصول الجنور / الوزن الكلى للنبات × ١٠٠)، سواء أكان التقدير على أساس الوزن الطازج (r = ٠,٩١)، أم على أساس الوزن الجاف (r = ٠,٩٥) للجنور.

أما دليل المساحة الورقية Leaf Area Index .. فقد كان أعلى من ٥,٠ - فى معظم السلالات - حتى وقت الحصاد، ولكن ذلك كان على حساب نمو الجنور الخازنة. وبرغم وجود اختلافات بين السلالات فى دليل المساحة الورقية.. فإن تلك الصفة لم ترتبط - بانتظام - بالمحصول.

وقد درس Bhagsari & Ashley (١٩٩٠) الأساس الفسيولوجى للاختلافات فى المحصول بين ١٥ صنفا وسلالة (تركيب وراثى) من البطاطا، ووجدا ما يلى:

١ - اختلفت التراكيب الوراثية - فيما بينها - جوهريا فى دليل مساحة الورقة Leaf Area Index خلال المرحلتين المبكرة والمتأخرة للنمو، ولكن ارتباط تلك الصفة بالمحصول لم يكن ثابتاً.

٢ - تراوح صافى البناء الضوئى للورقة الواحدة من ٠,٧٤ إلى ١,١٢ مجم ثانى أكسيد كربون لكل م٢ فى كل ثانية.

٣ - تراوح البناء الضوئى للنمو الخضرى - ككل - من ٠,٨١ إلى ١,١٦ مجم ثانى أكسيد كربون/ م٢/ثانية فى العام الأول للدراسة، ومن ٠,٦٣ - ٠,٨٨ مجم ثانى أكسيد كربون/م٢/ثانية فى العام الثانى، وكانت تلك التباينات معنوية فى السنة الأولى فقط.

٤ - تراوح معدل انتقال الغذاء المجهز من الأوراق - بعد أربع ساعات من معاملتها بالكربون ^{14}C - من ٢١٪ إلى ٤٦٪، ولكن هذه التباينات لم تكن معنوية.

٥ ـ تراوح دليل الحصاد من ٤٣٪ إلى ٧٧٪، ومن ٣١٪ إلى ٧٥٪ فى العامين الأول والثانى للدراسة، على التوالى.

٦ ـ كان صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى ـ ككل ـ فى شهر سبتمبر (قرب نهاية موسم النمو) مرتبطاً معنوياً بالوزن الجاف للجنور (معامل الارتباط r = ٠,٥٤) فى العام الأول للدراسة، وبالمحصول البيولوجى (معامل الارتباط r = ٠,٦٠) فى العام الثانى.

٧ ـ ارتبط كل من دليل الحصاد، والمحصول البيولوجى معنويا بالمحصول الاقتصادى (محصول الجذور).

وقد توصل الباحثان من دراستهما إلى أن صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى ـ ككل ـ ربما كان أكثر خلال المراحل المتقدمة من تكوين الجذور (أعضاء التخزين)، وأن صافى البناء الضوئى للورقة الواحدة ليس دليلاً جيداً على المحصول المتوقع، خاصة عندما تختلف التراكيب الوراثية فى متوسط مساحة الورقة فى كل منها.

ويذكر McLaurin & Kays (١٩٩٣) أن النمو الخضرى للنباتات الزاحفة ـ مثل البطاطا ـ لا يتوقف بمجرد وصوله إلى النباتات المجاورة لها، وإنما يستمر النمو الجديد فى نفس المكان الذى يوجد فيه النمو القديم، وتكون أعناق أوراق النموات الجديدة أطول قليلاً لكى تصل بأنصالها إلى الضوء. ويترتب على ذلك أن تنخفض شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق القديمة تدريجيا، وتنخفض معها قدرتها على البناء الضوئى، إلى أن تصبح عالة على النبات حينما يزيد ما يفقد منها بالتنفس عما تنتجه بالبناء الضوئى، ويصبح سقوط هذه الأوراق فى صالح النبات وزيادة المحصول. ويتميز بهذه الخاصية صنف البطاطا العالى المحصول Jewel الذى يفقد نحو ٦٠٪ من إجمالى الأوراق التى يكونها طوال الموسم ـ طبيعياً ـ قبل موعد الحصاد.

وبرغم أن نحو ٣٧٪ من المعادن والعناصر التى توجد فى أوراق النبات يتم انتقالها إلى أجزاء نباتية أخرى قبل سقوط الأوراق.. إلا أن فقد الأوراق لا يخلو من خسارة للنبات؛ حيث قدرت كمية المادة الجافة التى تفقد بهذه الكيفية بنحو ٢,٨ طناً للهكتار. ومع استمرار

تساقط الأوراق يزداد الطلب على الأوراق المتبقية (التى تتناقص مساحتها بالنسبة لإجمالى الوزن الجاف للنبات) لإدامة الأجزاء النباتية الأخرى؛ فيزداد ناتج البناء الضوئى الذى يفقد منها لأجل عمليات الإدامة والصيانة.

وقد وجد الباحثان من دراستهما على أربعة أصناف عالية المحصول من البطاطا أنها أسقطت خلال فترة حياتها - ولغير أسباب مرضية أو حشرية - نسبة عالية من أوراقها، وصلت حتى وقت الحصاد إلى ٤٥ - ٦٠٪ من جميع الأوراق التى كونتها. وقد وجدا ارتباطاً موجباً عالياً بين سقوط الأوراق وبين كل من عدد النموات الخضرية، والعقد الساقية/نبات، والوزن الجاف الكلى، والوزن الطازج للجذور، وكذلك وزنها الجاف، والوزن الجاف للنموات الخضرية. وقدرت كمية المادة الجافة التى فقدت من جراء سقوط الأوراق من ١,٢ - ٢,٦ طناً للهكتار.

هذا.. ويذكر Collins وآخرون (١٩٨٧) أن درجات التوريث المقدرة لمكونات المحصول على النطاق العريض تراوحت فى البطاطا من ٠,٧٥ - ٠,٩٢.

ولمزيد من التفاصيل عن التقدم فى جهود التربية لتحسين المحصول والأساس الفسيولوجى لذلك.. يراجع Wallace وآخرون (١٩٧٢)، و Frey (١٩٨١)، و Wilson (١٩٨١) بخصوص الموضوع بصورة عامة و Way وآخرون (١٩٨٣) بخصوص أشجار الفاكهة.

القسم الثانى

◻ التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية

إن الغاية من التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية هى تحقيق ما يلى :

١ ـ تأمين استمرار وانتظام الإنتاج المحصولى من شتى الأنواع النباتية التى يحتاج إليها الإنسان بزراعة أصناف تتحمل التقلبات البيئية غير العادية، والانحرافات الحادة فى العوامل البيئية التى تحدث أحياناً فى مناطق إنتاج تلك المحاصيل، وهى التى تسودها ـ أصلا ـ ظروف بيئية مناسبة للأنواع النباتية التى تزرع فيها.

٢ ـ زيادة الإنتاج المحصولى من مختلف النباتات بامتداد زراعة تلك المحاصيل إلى مناطق تسودها ظروف بيئية غير مناسبة لها (سواء أكانت العوامل البيئية المحددة للإنتاج جوية، أم أرضية). ولا يتحقق ذلك إلاّ بزراعة أصناف قادرة على تحمل الظروف البيئية المتوقعة فى تلك المناطق.

٣ ـ تجنب التقلبات الموسمية فى أسعار الحاصلات الزراعية (وخاصة من محاصيل الخضر)؛ بزراعة أصناف فى غير مواسمها التقليدية تكون أكثر تحملاً للعوامل الجوية المتوقعة فى المواعيد الزراعية الجديدة.

٤ ـ الاستفادة من الأنواع النباتية التى تنمو بريا فى الطبيعة فى مناطق تسودها ظروف بيئية (جوية أو أرضية) قاسية باستئناسها لصالح الإنسان.

وبرغم أن مسببات الأمراض (مثل: الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات، والميكوبلازمات)،

والآفات (مثل: النيماتودا، والحشرات، والأكاروسات، والرخويات، والطيور، والنباتات المتطفلة) تعد من العوامل البيئية ـ باعتبارها عوامل بيولوجية ـ إلاّ أن التربية لمقاومتها احتلّت مكاناً بارزاً فى تربية النباتات، وتقدمت ـ كثيراً ـ عن غيرها من أهداف التربية الأخرى، كما أن لها مشاكلها الخاصة؛ لذا.. فقد أفردنا لها كتابا خاصاً بها بعنوان: «تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات» (حسن ١٩٩٣). ويضم هذا الكتاب فصلاً كاملاً عن الأساس الفسيولوجى لمقاومة النباتات للأمراض تحت عنوان «طبيعة المقاومة للأمراض»، إضافة إلى شرح آخر مسهب عن طبيعة المقاومة للحشرات والأكاروسات.