

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 بالقرون، 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.

اللوبياء

أوضحت عديد من الدراسات أنه يمكن الآن الانتخاب للمحصول المرتفع فى اللوبياء بالانتخاب لأحد مكونات المحصول الرئيسية، وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرون، وحجم البذور، 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 الضرورى - 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 تحقيقه فى المحصول الاقتصادى لبعض النباتات بالتربية، واهتمامات مربى النبات فى هذا المجال، والدروب التى يسلكها لتحقيق أهدافه.

الطماطم

أولاً: 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 يوماً 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 إضافي - غالباً - نظراً لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطاً بين الأبوين، بينما تظهر كل التدرجات في موعد النضج في نباتات الجيل الثاني. ويعتبر التبكير في النضج من الصفات المنخفضة في درجة توريثها؛ حيث قدرت على النطاق العريض (Broad Sense Heritability) بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢).

ثانياً : المحصول الكلى

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

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

هذا.. إلا أنه عند التربية للمحصول.. فإن جل اهتمام المربى ينصب إما على المحصول الكلى مباشرة، وإما على مكونات هذا المحصول - كل على حدة - 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 - في الحساب - 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 المقدرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣٪ (Cuartero & ١٩٨٢ Cubero و ١٩٨٨ Yassin). وكذلك حصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧٪ لدرجة التوريث على النطاق العريض لصفة عدد الأوراق بين العناقيد، وهي - كسابقتها - صفات ترتبط بصفة المحصول الذي يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات، وينقص عدد الأوراق بين كل عنقودين زهرين.

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 - بناء على هذه المعلومات - إلى جمع تلك الصفات الفسيولوجية في تركيب وراثي واحد يكون أعلى محصولاً من أي من السلالات المستخدمة في إنتاجه منفردة. ويتبين - فيما يلي - الاتجاه السائد فيما يتعلق بهذه النوعية من الدراسات :

- 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.

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

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

- تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز - من الأوراق إلى الثمار - كانت منخفضة نسبياً في أصناف الطماطم غير المحدودة النمو، التي انتقل فيها أقل من ٢٠٪ من الكربون المشع (١٤ك) خلال فترة ٢٤ ساعة، كما اتضح أن أصناف الحصاد الآلى القديمة كانت - هي الأخرى - قليلة الكفاءة في نقل الغذاء المجهز إلى الثمار. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بتحسين دليل الحصاد، وبزيادة كفاءة الثمار في استقبال الغذاء المجهز. ويظهر ذلك بوضوح في أصناف الحصاد الآلى الحديثة العالية المحصول، التي تعقد ثمارها وتنضج في وقت واحد.

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

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

- أظهرت دراسة - أجريت على ١٥ صنفاً من الطماطم، و ١٠٤ من هجين الجيل الأول بينها - وجود اختلافات جوهرية جداً في القدرة العامة على التألف بين الآباء في جميع

الصفات التي درست (وهي الكفاءة التمثيلية، ونسبة المساحة الورقية، والمساحة الورقية الخاصة)، واختلافات جوهرية في 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 في كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات: صافي البناء الضوئي net photosynthesis، والتنفس الظلامي dark respiration، والوزن الورقي الطازج الخاص specific leaf fresh weight، ومقاومة الثغور (Van De stomatal resisance)، وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاوتة في تحديد المحصول الكلي للنبات. (Dijk ١٩٨٧)؛

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

البطاطس

أوضحت الدراسات الوراثية - التي استخدمت فيها البنود الحقيقية - أن صفة المحصول في البطاطس تتأثر - فقط - بالتباين غير الإضافي للجينات. وبالرغم من ذلك.. كانت درجات التوريث المقدرة لبعض صفات مكونات المحصول - مثل عدد الدرنة بالنبات وحجم الدرنة - 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 المربي إلى استبعاد نسبة كبيرة من النسل؛ لأن درناته تكون أصغر مما ينبغى؛ بسبب الزيادة الكبيرة فى أعدادها.

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 المربي - 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 مريح 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 مريح 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 في النبات تعد أكثر الصفات التي لها ارتباط مباشر بالمحصول. وفي هذا المجال.. وجد Dwelle وآخرون (عن Dwelle ١٩٨٥) اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس في معدل البناء الضوئى، وأمكتهم تعرفُ عديد من الأصناف المتفوقة في 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 في تثبيت الغاز من خلال السطح السفلى للأوراق (مثل السلالة الخضرية 4-6948-A). وبتلقيحهما معا.. أمكن التعرف - في النسل - على كل الانعزالات الوراثية الممكنة بالنسبة للقدرة العالية أو المنخفضة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال أحد سطحي الورقة أو كليهما، وكان من بينها سلالات قليلة ذات قدرة عالية على تثبيت الغاز من كلا سطحي الورقة، إلا أنها لم تكن جميعها عالية المحصول؛ نظراً لأن بعضها وجهت الزيادة الكبيرة في 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 في النوع C. annuum، و٢ - ٣ أزهار في النوع C. frutescens، و٢ - ٥ أزهار في 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 في محاولة لنقل صفة تعدد الأزهار عند كل عقدة من النوع الأول إلى الثانى، وكان الجيل الأول بينهما وسطاً في الصفة؛ حيث ظهرت به زهرتان عند كل عقدة. وتبين من الانعزالات في الجيلين الثانى والثالث والتلقيحات الرجعية

أن جينات قليلة رئيسية (ربما ثلاثة جينات) تتحكم في 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 في العقدة الواحدة في النوع *C. chinense* (التي يبلغ متوسطها ٢ - ٤ أزهار/ عقدة، وإن كانت تصل في بعض الأصناف إلى ١٠ أزهار/عقدة) - مقارنة بطبيعة حمل الأزهار المفردة في النوع *C. annuum* - يتحكم فيها ٥ أزواج من العوامل الوراثية على الأقل. كما يذكر Greenleaf (١٩٨٦) أن عدد الجينات الذي يتحكم في هذه الصفة ربما كان ٧ أزواج. وبالمقارنة.. كان Barrios & Moskar (١٩٧٢) قد توصلوا إلى أن صفة حمل الأزهار في عناقيد يتحكم فيها عامل وراثي واحد.

يعد حجم ثمرة الفلفل صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية. وقدر عددها - في إحدى الدراسات - بنحو ٢٠ - ٢٣ عاملاً وراثياً. وتكون ثمار الجيل الأول وسطاً في الحجم بين ثمار نباتات الآباء. ويستدل من إحدى الدراسات على أنه يمكن التنبؤ بحجم ثمار الجيل الأول من الجذر التربيعي لحاصل ضرب متوسط حجم ثمار كل من أبوي 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 التي 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. ورغم ذلك.. فإن الصفتين يتحكم فيهما عوامل وراثية مختلفة.

الخيار

من أهم الصفات التي اهتم بها مربى النبات - لتحسين محصول الخيار - ما يلي :

١ - حالة الجنس والنسبة الجنسية :

إن حالة الجنس (كون النبات يحمل - مثلاً - 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 في محصول الخيار؛ ذلك لأن ثمار الخيار (المحصول الاقتصادي) تتكون بنمو مبايض الأزهار المؤنثة أو الخنثى، سواء أعقدت فيها بنور (أى كانت بذرية)، أم لم تعقد (أى كانت بكرية). كما أن ثمار الخيار تحصد - للاستهلاك - 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 - فى الخيار - 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 gynoeceious)، 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 gynoeceious) جين واحد سائد يأخذ الرمز F، ولكن فعل هذا الجين يتأثر - بشدة - 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 الجين F، 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 و F. وبينما يحدد الجين M وألية m كون الزهرة مؤنثة (M-) أم كاملة (mm).. فإن الجين F وألية 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). يعزل الجينان مستقلين عن بعضيهما، وتكون التراكيب الوراثية الممكنة والأشكال المظهرية المقابلة لها كما يلى:

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

ويتأثر ذلك كله بكل من الجينات المحورة والعوامل البيئية (عن lezzoni & Peterson ١٩٨٠). وقد اقتر lezzoni 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 - كان معظم التباين الوراثي إضافياً، ولكن ظهرت سيادة جزئية لكل من صفة الإزهار المبكر وصفة تكوين أول زهرة عند عقدة أقرب لقاعدة الساق.

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

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

هـ - 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 - على التوالي - 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 منتج 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 - طبيعة النمو :

يتحكم فى صفة النمو المحدود جين واحد متنح، يأخذ الرمز *de*؛ نسبة إلى الصفة *determinate*، وإن كان البعض يعتقد أن هذا الجين نو 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 المتنح *cp* فى صفة النمو المدمج *compact*، والجين المتنح *dw* فى صفة النمو المتقزم *dwarf*. ويؤدى كل من الجينين الأخيرين إلى تقصير سلاميات النبات.

وجدير بالذكر أن النباتات المدمجة *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 1976). أما الجين *in-de*، فيؤدى وجوده بحالة متنحية أصيلة مع الجين *de* إلى جعل النباتات متقزمة كثيرة الأوراق (George 1970). ولجميع هذه الجينات أهمية خاصة عند التربية للصلاحيات 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 فروعاً جانبية أكثر وأطول مما فى الخيار. ولكن يعيب هذا

الصنف النباتي أن ثماره صغيرة الحجم (يتراوح طولها من ٤ - ٨ سم)، بيضاوية الشكل، أي يوجد بها فجوات بذرية كبيرة، وعلى سطحها أشواك سوداء قوية، وجلدها صلب قوى، وطعمها مر. هذا.. فضلاً على أن بعض سلالاته التي درست من قبل (مثل P.I. 183967، و P.I. 215589) وجدت قصيرة النهار اختياريًا facultative short - day، كما كانت سلالات أخرى - مثل LJ 90430 قصيرة النهار إجباريًا؛ حيث لم تزهر إلا عندما قصرت الفترة الضوئية عن ١٢ ساعة مع حرارة ٣٠°م نهاراً، و٢٠°م ليلاً؛ الأمر الذي يشكل تحدياً للاستفادة من هذا الصنف النباتي في تحسين الخيار المزروع.

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

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

وفي دراسة أخرى.. وجد Kupper & Staub (١٩٨٨) أن سبع سلالات من النوع النباتي *C. sativus* var. *hardwickii* كانت ذات قدرة عامة على التآلف مع ثلاث سلالات من الخيار في جميع الصفات التي درسها؛ وهي: عدد الثمار، وعدد الفروع الجانبية، وطول الثمرة، ونسبة طول الثمرة إلى قطرها، وعدد العقد التي تحمل أزهاراً مؤنثة، وعدد الأيام إلى تفتح الأزهار anthesis؛ الأمر الذي يدل على إمكان الاستفادة منه في تحسين الصفات البستانية في الخيار.

وبوجه عام.. فإن المربي يأمل في زيادة محصول النبات الواحد، وتركيز إثماره؛ ليتمكن حصادة ألياً من خلال ثلاث صفات؛ هي:

أ - صفة التقرم Dwarfism.. حيث يمكن زراعة السلالات المتقرمة على مسافات ضيقة، وبذا.. يزيد عدد الثمار التي يمكن حصادها ألياً مرة واحدة.

ب - 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 مثلي محصول الهجن الأنثوية العادية. كما كان متوسط عدد الثمار بالنبات أكبر مما في الهجن الأنثوية العادية عندما أجرى الحصاد مرة واحدة ألياً.

جـ - صفة كثرة التفرع وكثرة عدد الثمار/ نبات التي تتوفر في الصنف النباتي *C. melo* var. *hardwickii*، وقد سبقت الإشارة إليها.

القاوون

وبرغم أن قدرة نبات القاوون على إنتاج الثمار (وهي التي تحصد للاستهلاك عند بلوغها مرحلة النضج النباتي) محدودة.. إلا أن حالة الجنس والنسبة الجنسية - وهما الصفتان المتحكمتان في عدد الثمار التي يمكن أن ينتجها النبات - نالتا اهتماماً كبيراً من مربى النبات.

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

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

الشكل المظهري	النسبة	التركيب الوراثي
توجد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة monoecious	٩	A-G-
توجد أزهار مذكرة وأزهار كاملة andromonoecious	٢	aa G-
توجد أزهار مؤنثة وأزهار كاملة gynomonoecious	٢	A-gg
توجد أزهار كاملة فقط perfect	١	aa gg

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. ويظهر هذه الطفرة على نبات andromonoecious.. فإنها تحوله - تلقائياً - إلى نبات مذكر androecious - لأن الساق الرئيسية للنبات لا تحمل سوى أزهار مذكرة فقط.

وقد وجد ارتباط بين شكل الثمرة وحالة الجنس؛ حيث تنتج الأزهار المؤنثة - غالباً - 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 - طبيعة النمو

يتحكم فى طبيعة النمو - من حيث كونه قائماً، أم مفترشاً - جين واحد (ياخذ 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؛

ففي *C. pepo*.. تسود صفة النمو القائم كلياً تقريباً في المراحل الأولى للنمو النباتي، إلا أن السيادة تصبح جزئية فقط في مراحل النمو التالية.

أما في *C. maxima*.. فإن النمو القائم يكون سائداً كلياً في المراحل الأولى للنمو النباتي، ثم يصبح متنحياً تماماً في المراحل التالية للنمو (Whitaker 1974). وفضلاً عما تقدم.. فإن فعل هذا الجين يتأثر بجينات أخرى محورة. وقد اكتشف جين آخر متنح في *C. pepo*، يجعل النبات شديد التقزم Extreme Dwarf.

٢ - حالة الجنس

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

الفاصوليا

برغم وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الفاصوليا في معدل عملية البناء الضوئي، وبرغم اعتماد المحصول على معدلات البناء الضوئي.. فلم يمكن أبداً - في الفاصوليا - ملاحظة أى ارتباط وراثي عالٍ بين الصفتين؛ وبذا.. لم يمكن الاستفادة من الاختلافات المشاهدة بين السلالات في معدل البناء الضوئي في الانتخاب لتحسين المحصول. إلا أن كميته المحصول تتوقف على ثلاثة عوامل؛ هي:

١ - تأقلم التركيب الوراثي مع الظروف البيئية.

٢ - قدرة التركيب الوراثي على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة في صورة غذاء من خلال عملية البناء الضوئي.

٣ - قدرة التركيب الوراثي على توزيع نواتج التمثيل الغذائي على مختلف الأعضاء النباتية؛ بنسب يتحقق معها أكبر محصول اقتصادي، مع القدرة على نقل هذا الغذاء إليها أولاً بأول.

ويعتبر المحصول البيولوجي Biological Yield، والنمو البيولوجي الكلي Biomass Growth دليلاً على قدرة التركيب الوراثي على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية في صورة غذاء مجهز، بينما يعبرٌ دليل الحصاد عن توزيع الغذاء المجهز على الأعضاء الاقتصادية؛ مقارنة ببقية الأنسجة النباتية. ويعبر معدل نمو البذور (أو الجزء الاقتصادي من النبات) عن كفاءة التركيب الوراثي في نقل الغذاء المجهز. كما يمكن إيجاد مقياس آخر هو معدل النمو الاقتصادي؛ ليكون دليلاً على العلاقة بين المحصول وفترة النمو النباتي.

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

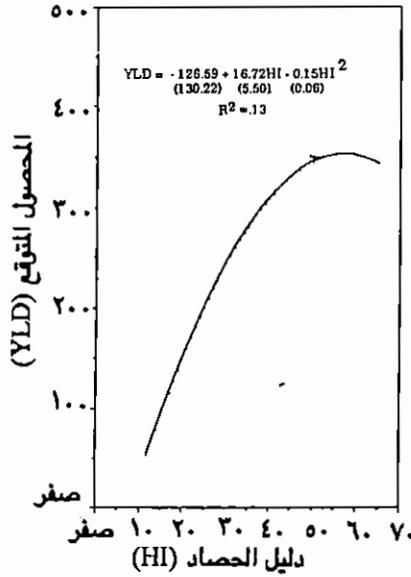
لقد وجدت اختلافات كبيرة في القدرة على البناء الضوئي بين صنفى الفاصوليا رد كدني Red Kidney، وميشيليت ٦٢ 62 Michellite، وتبين أن معدل تبادل غاز ثاني أكسيد الكربون في الضوء ومعدل التنفس في الظلام كان أعلى في الصنف ميشيليت ٦٢ منه في الصنف رد كدني. بينما كانت نباتات كلا الصنفين ونباتات الجيل الأول بينهما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

وقد قيم Scully & Wallace (١٩٩٠) ١١٢ سلالة من الفاصوليا في ثمانى صفات ذات صلة بالمحصول، ووجدوا مدى واسعاً من الاختلافات - فيما بينها - كما يلي :

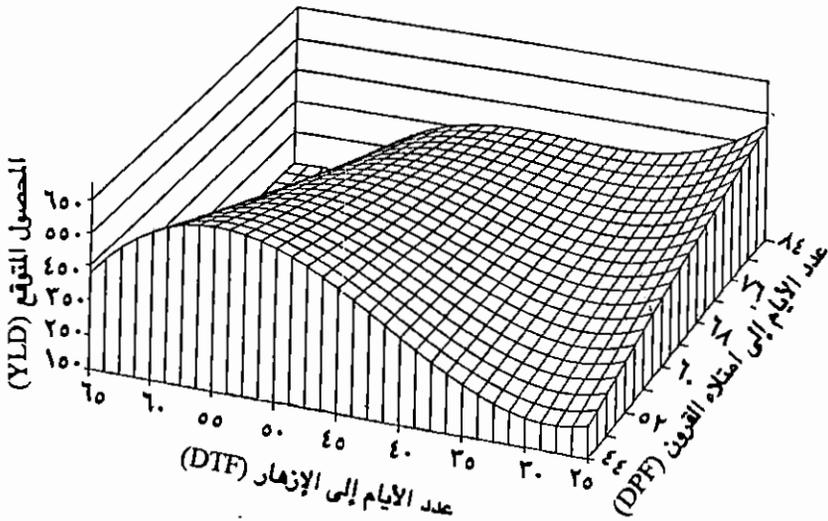
الصفة	المعدى
الفترة من الزراعة إلى الإزهار	٢٥ - ٦٦ يوماً
فترة إمتلاء القرون	٤٤ - ٨٣ يوماً
الفترة من الزراعة إلى النضج	٧٠ - ١٣٣ يوماً
المحصول الاقتصادى	٨١ - ٥٨٧ جم/م ^٢
المحصول البيولوجى	٢٧٠ - ١٠٨٧ جم/م ^٢
دليل الحصاد	١٢٪ - ٦٥٪
معدل تكوين المحصول البيولوجى (المحصول البيولوجى/ عدد الأيام إلى النضج)	٢,٢ - ٩,٣ جم/م ^٢ /يوم
معدل تكوين البذور (محصول البذور/ فترة امتلاء القرون)	١,٢ - ٩,٥ جم/م ^٢ /يوم
معدل النمو الاقتصادى (محصول البذور/ الفترة من الزراعة إلى النضج)	٠,٦ - ٥,٧ جم/م ^٢ /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 ٠,٧٨ 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 - تحت ظروف ولاية نيويورك الأمريكية - 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 - ١)، وبين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار، وفترة امتلاء القرون فى شكل (٤ - 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 - ١) : العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع في القاصوليا.



شكل (٤ - ٢) : العلاقة بين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار وفترة امتلاء القرون في

القاصوليا (عن Scully & Wallace 1990).

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.

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

كما أن بعض أصناف الفاصوليا تغير طبيعتها نموها من غير المحدود الشجيرى indeterminate bush إلى المتسلق climbing بمجرد تعريضها للضوء الأحمر لمدة ١٥ دقيقة فى منتصف فترة الظلام. وأمکن إلغاء هذا التأثير للضوء الأحمر بتعرض 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)،

والتي 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 وجوهريه بدليل الحصاد Harvest Index ($\frac{\text{محصول الجذور}}{\text{الوزن الكلى للنبات}} \times 100$)، سواء أكان التقدير على أساس الوزن الطازج ($r = 0,91$)، أم على أساس الوزن الجاف ($r = 0,95$) للجذور.

أما دليل المساحة الورقية Leaf Area Index .. فقد كان أعلى من 5,0 - فى معظم السلالات - حتى وقت الحصاد، ولكن ذلك كان على حساب نمو الجذور الخازنة. وبرغم وجود اختلافات بين السلالات فى دليل المساحة الورقية.. فإن تلك الصفة لم ترتبط - بانتظام - بالمحصول.

وقد درس Bhagsari & Ashley (1990) الأساس الفسيولوجي للاختلافات فى المحصول بين 15 صنفا وسلالة (تركيب وراثي) 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 0,74 - إلى 1,12 مجم ثانى أكسيد كربون لكل م² فى كل ثانية.

٣ - تراوح البناء الضوئى للنمو الخضرى - ككل - من 0,81 - إلى 1,16 مجم ثانى أكسيد كربون/ م²/ثانية فى العام الأول للدراسة، ومن 0,63 - 0,88 - مجم ثانى أكسيد كربون/ م²/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 ¹⁴C - من 21٪ إلى 46٪، ولكن هذه التباينات لم تكن معنوية.

٥ - تراوح دليل الحصاد من ٤٣٪ إلى ٧٧٪، ومن ٣١٪ إلى ٧٥٪ في العامين الأول والثاني للدراسة، على التوالي.

٦ - كان صافي البناء الضوئي للنمو الخضري - ككل - في شهر سبتمبر (قرب نهاية موسم النمو) مرتبطاً معنوياً بالوزن الجاف للجنور (معامل الارتباط $r = 0,54$) في العام الأول للدراسة، وبالمحصول البيولوجي (معامل الارتباط $r = 0,60$) في العام الثاني.

٧ - ارتبط كل من دليل الحصاد، والمحصول البيولوجي معنوياً بالمحصول الاقتصادي (محصول الجنور).

وقد توصل الباحثان من دراستهما إلى أن صافي البناء الضوئي للنمو الخضري - ككل - ربما كان أكثر خلال المراحل المتقدمة من تكوين الجنور (أعضاء التخزين)، وأن صافي البناء الضوئي للورقة الواحدة ليس دليلاً جيداً على المحصول المتوقع، خاصة عندما تختلف التراكيب الوراثية في متوسط مساحة الورقة في كل منها.

ويذكر McLaurin & Kays (١٩٩٣) أن النمو الخضري للنباتات الزاحفة - مثل البطاطا - لا يتوقف بمجرد وصوله إلى النباتات المجاورة لها، وإنما يستمر النمو الجديد في نفس المكان الذي يوجد فيه النمو القديم، وتكون أعناق أوراق النموات الجديدة أطول قليلاً لكي تصل بأصلها إلى الضوء، ويترتب على ذلك أن تنخفض شدة الإضاءة التي تصل إلى الأوراق القديمة تدريجياً، وتنخفض معها قدرتها على البناء الضوئي، إلى أن تصبح عالية على النبات حينما يزيد ما يفقد منها بالتنفس عما تنتجه بالبناء الضوئي، ويصبح سقوط هذه الأوراق في صالح النبات وزيادة المحصول. ويتميز بهذه الخاصية صنف البطاطا العالي المحصول Jewel الذي يفقد نحو ٦٠٪ من إجمالي الأوراق التي يكونها طوال الموسم - طبيعياً - قبل موعد الحصاد.

ويرغم أن نحو ٣٧٪ من المعادن والعناصر التي توجد في 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 التي تفقد بهذه الكيفية بنحو ٢,٨ طناً للهكتار. ومع استمرار

تساقط الأوراق يزداد الطلب على الأوراق المتبقية (التي تتناقص مساحتها بالنسبة لإجمالي الوزن الجاف للنبات) لإدامة الأجزاء النباتية الأخرى؛ فيزداد ناتج البناء الضوئي الذي 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 التي كونتها. وقد وجد ارتباطاً موجباً عالياً بين سقوط الأوراق وبين كل من عدد النموات الخضرية، والعقد الساقية/نبات، والوزن الجاف الكلي، والوزن الطازج للجنور، وكذلك وزنها الجاف، والوزن الجاف للنموات الخضرية. وقدرت كمية المادة الجافة التي فقدت من جراء سقوط الأوراق من ١,٢ - ٢,٦ طنناً للهكتار.

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

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