١ ـ مدى تأقلم أو توافق النبات على العوامل البيئية السائدة.

٢ ـ قدرة النبات على «حصاد» الضوء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣ ـ قدرة النبات على تخصيص ونقل جزء كبير من الغذاء المجهز فى عملية البناء الضوئى إلى الأعضاء الاقتصادية التى يزرع من أجلها النبات.

ولقد لخص Wallace وآخرون (١٩٧٢) الدراسات التى أجريت على الأساس الفسيولوجى للاختلافات الوراثية فى كمية المحصول، مع التركيز على الفاصوليا؛ لكثرة الدراسات التى أجريت عليها فى هذا المجال. ويخلص الباحثون إلى أنه يمكن الاستعانة بالدراسات ـ التى أجريت على المكونات الفسيولوجية للمحصول ـ فى اختيار الآباء التى تستعمل فى برامج التربية؛ حيث قد يكون السبب فى ارتفاع المحصول زيادة المساحة الورقية فى أحد الأصناف، والتوزيع الجيد للضوء الساقط على المجموع الخضرى فى صنف ثان، ودليل الحصاد harvest index المرتفع فى صنف ثالث... وهكذا؛ الأمر الذى يعنى إمكان تجميع تلك الصفات ـ معاً ـ فى صنف واحد بالتربية.

هذا.. إلا أن كثرة المكونات الفسيولوجية للمحصول، وتداخلها، وتفاعلها مع بعضها البعض، ومع العوامل البيئية تؤدى ـ فى نهاية الأمر ـ إلى جعل درجة توريث تلك المكونات منخفضة جداً؛ الأمر الذى يعد تحدياً للمربى.

## البناء الضوئى

إن معدل البناء الضوئى ليس صفة بسيطة يمكن أن تؤخذ نتائج قياساتها كدليل مباشر على وجود اختلافات وراثية بين النباتات فيها. فمع فرض توفر العناصر الغذائية، وغاز ثانى أكسيد الكربون، ودرجة الحرارة المناسبة لاستمرار عملية البناء الضوئى دون عوائق.. فإن معدل تلك العملية يتأثر بعديد من العوامل الأخرى؛ منها ما يلى :

١ ـ مساحة الورقة.

٢ ـ زاوية الورقة.

٣ ـ الضوء المنعكس من الأوراق.

٤ ـ الضوء النافذ خلال الأوراق.

٥ ـ العلاقة الفسيولوجية بين شدة الإضاءة ومعدل البناء الضوئي، وهو ما يُعرف باسم منحنى الاستجابة للضوء Light Response Curve .

٦ـ مستوى الشمس فوق خط الأفق.

٧ ـ شدة الإضاءة الشمسية (عن Stoskopf ١٩٨١).

إن الانتخاب المباشر لزيادة المحصول الاقتصادي في محاصيل البقوليات التي تزرع لأجل بذورها ـ مثل الفاصوليا ـ لم يحقق نتائج على مستوى التوقعات. كما أن محاولات تحسين المحصول ـ من خلال الانتخاب غير المباشر لصفات فسيولوجية، أو بيوكيميائية ترتبط بعملية البناء الضوئي ـ كان كذلك مخيبا لآمال الكثيرين من مربي النباتات. ولا يعني ذلك أن البناء الضوئي والمحصول الاقتصادي صفتان غير مرتبطتين؛ فذلك أمر غير منطقي، ولكن ما تعنيه نتائج تلك المحاولات أنها لم تجر في الاتجاه الصحيح؛ حيث لم تكن القياسات التي استخدمت كأساس لعملية الانتخاب دلائل مناسبة للمحصول. فعلى سبيل المثال.. أوضح بعض الباحثين أن القياسات اللحظية لمعدل البناء الضوئي لا يمكن أن تعد دليلاً على المحصول، أو على صافي عملية تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون خلال كل موسم النمو.

وإذا ما أجري انتخاب غير مباشر للمحصول اعتماداً على صفة أخرى.. فإن درجة توريث تلك الصفة يجب أن تكون أعلى من درجة توريث صفة المحصول، وأن يكون ارتباطهما معاً عالياً. وقد وجد في الفاصوليا أن هذه الفروض النظرية لم يمكن تحقيقها أو العمل بها، برغم وجود اختلافات وراثية عالية في معدل البناء الضوئي بين أصناف الفاصوليا وسلالاتها (عن Scully & Wallace ١٩٩٠).

كذلك فإن معدل البناء الضوئي المقدر في ورقة واحدة من النمو الخضري للنبات لا يقوم دليلاً على معدل البناء الضوئي في كل النمو الخضري؛ نظراً لاختلاف الأوراق كثيراً في تلك الخاصية.

وربما لا يرتبط المحصول الاقتصادى بمعدل البناء الضوئى؛ بسبب اختلاف المساحة الورقية بين مختلف الأصناف. ففى البطاطا.. كان معدل البناء الضوئى للورقة الواحدة فى الصنف سنتينيال Centennial أقل مما فى ٢٠ صنفاً آخر - باستثناء صنف واحد - وبالرغم من ذلك احتل الصنف سنتينيال المركز الثالث - بين هذه الأصناف - فى محصول الجنور. كما تبين أن مساحة الورقة الواحدة فى هذا الصنف كانت أكبر مما فى جميع الأصناف الأخرى.

ويقودنا ذلك إلى استعراض العلاقة بين معدل البناء الضوئى للورقة الواحدة، ومعدل انتقال الغذاء المجهز منها؛ لما لذلك من تأثير بالغ فى المحصول.. وقد تبين وجود ارتباط إيجابى بين الصفتين فى الفول السودانى وعديد من النباتات من ذوات المسارات البنائية $C_3$ و $C_4$ على حد سواء (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

وتتوفر اختلافات واضحة فى معدل البناء الضوئى بين مختلف الأنواع النباتية، ولكن الجانب الأكبر من تلك الاختلافات يعتمد على ما إذا كانت التحولات الكيميائية الحيوية - خلال عملية البناء الضوئى - تأخذ المسار $C_3$، أم المسار $C_4$؛ إذ توجد اختلافات وراثية فى معدل البناء الضوئى/ وحدة المساحة الورقية بين طرازى النباتات (تراجع طبيعة الاختلافات الحيوية بين طرازى النباتات تحت عنوان «التنفس الضوئى» فى هذا الفصل).

وبرغم أنه يمكن تقدير معدل البناء الضوئى بدقة عالية.. إلاّ أن الطرق المستخدمة فى هذا الشأن لا تناسب مربى النبات الذى يتعين عليه - فى كثير من الأحيان - تقييم مئات أو آلاف النباتات أو السلالات خلال فترة وجيزة من الزمن.

وقد أمكن - فى هذا الشأن - التوصل إلى طريقة تفيد - على الأقل - فى اكتشاف الطفرات الأقل كفاءة فى عملية البناء الضوئى (Photosynthetic Mutants). ويتم ذلك بتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية فى الظلام؛ حيث تُظهر النباتات التى تحتوى على كلوروفيل غير طبيعى استشعاعاً أحمر اللون؛ وبذا يمكن التخلص منها. وتبدو تلك النباتات خضراء طبيعية اللون تحت ظروف الحقل، ولكنها لا تقوم بعملية البناء الضوئى بصورة

طبيعية لعدة أيام أو أسابيع فى مبدأ حياتها؛ الأمر الذى يجعلها ضعيفة النمو آنذاك، برغم أن نباتاتها الكاملة قد تبدو طبيعية (عن Walbot ١٩٧٧).

## التنفس

يعد التنفس أهم العمليات الحيوية التى تستنفذ طاقة النبات؛ حيث يؤدى إلى استهلاك الغذاء - المجهز فى عملية البناء الضوئى - بدلاً من الاستفادة منه فى مزيد من النمو الخضرى الذى تزرع لأجله بعض النباتات كالخضر الورقية ومحاصيل المراعى، أو بالتخزين فى الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول، مثل: الجذر، والدرنات، والثمار، والبذور... إلخ .

وبذا .. فان خفض معدلات التنفس يعد أمراً حيوياً لزيادة المحصول. ويمكن تحقيق ذلك - وراثياً - بإحدى وسيلتين هما :

١ - تقليل الفاقد فى الكربون الناتج من التنفس الضوئى Photorespiration - فى النباتات ذات مسار البناء الضوئى $C_3$ - بالانتخاب.

٢ - زيادة كفاءة استفادة النبات من الطاقة بخفض نسبة الطاقة المستنفذة أثناء التنفس الظلامى Dark Respiration فى غير عمليات النمو.

### التنفس الضوئى

يعرف - كما أسلفنا - طرازان من النباتات: $C_3$ و $C_4$ يختلفان فى المسارات البنائية التى يتم من خلالها تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى. وتعرف فئة النباتات التى تكون بأول المركبات الكربونية - التى تكّونها فى عملية البناء الضوئى - ثلاث ذرات كربون بإسم $C_3$. ومن أمثلتها فول الصويا، والحبوب، ومعظم محاصيل المراعى. وتكون الكفاءة التمثيلية منخفضة فى غالبية هذه النباتات (الـ $C_3$)؛ بسبب ارتفاع معدل التنفس الضوئى فيها؛ الأمر الذى يستهلك حتى ٥٠٪ من الغذاء المجهز - من خلال عملية البناء الضوئى - فى المحاصيل ذات الكفاءة التمثيلية المنخفضة؛ مثل الفاصوليا، وفول الصويا، والقمح الربيعى.