تربية النبات والتطورات الوراثية الحديثة

للدكتور عبد الرحيم شحاته

مقدمة

حقق علم الوراثة من الاكتشافات والإنجازات على مدى السبعين عاماً الماضية مالا ينازعه فيه علم آخر، فمنذ أن اكتشف كل من De Vries, Tschermak, Correns في مطلع هذا القرن أبحاث Mendel التي تضمنت قانوني الوراثة الأساسيين بعد أن طواهما الإهمال والنسيان منذ عام ١٨٦٦، اجتذب هذا العلم الجديد كثيراً من الباحثين حتى أولئك الذين بدأوا حياتهم العلمية في فروع أخرى من فروع العلوم الحيوية. وخير مثال على ذلك هو عالم الوراثة T.H. Morgan الذي بدأ حياته العلمية مشتغلا بعلم الأجنة، قبل أن يحول اهتمامه إلى علم الوراثة الجديد. وفي تلك الفترة (١٩٠٢) قدم Sutton, Correns, Boveri ملاحظاتهم على التوازي الشديد بين سلوك العوامل الوراثية وسلوك الكروموزومات. كذلك أشار Bateson, Punnet عام ١٩٠٦ و Janssens عام ١٩٠٩ إلى الارتباط بين العوامل الوراثية الواقعة على الكروموزوم الواحد. ثم بدأ Morgan دراسة بعض الطفرات في ذبابة الفاكهة، وسرعان ما تبين له صحة اقتراحات Janssens، فربط بينها وبين نتائجه وقدم على أساسها نظرية الارتباط والعبور، وهي النظرية التي تعتبر أول تعديل أساسي في قانون الانعزال الحر الذي قدمه Mendel. ثم مالبث Bridges, Sturtevant عام ١٩١٦ أن قدما أول خرائط وراثية لكروموزومات ذبابة الفاكهة، وكذلك الأدلة الوراثية القاطعة على العلاقة بين العامل الوراثية (الجينات) والكروموزومات.

ولقد كان هناك فريق آخر من الباحثين مشغولا بدراسة الصفات ذات التباين المستمر، فقدم كل من Nilsson-Ehle عام ١٩٠٩ East, عام ١٩١٠

● الدكتور عبد الرحيم شحاته: باحث بمراقبة بحوث المحاصيل الزراعية، بوزارة الزراعة.

Emerson, عام ١٩١٠ Johanson, ١٩١١ الأساس الذى لازالت ترتكز عليه وراثة الصفات الكمية حتى الآن . كذلك أضاف Wright, Haldane, Fisher خلال العشرينات والثلاثينات التحليل والتفسير النظرى الكامل للأساس المندلى لوراثة الصفات الكمية وطبيعة التباين الوراثى لهذه الصفات .

وبعد أن وضع هذا الرعيل الأول من الوراثيين أساس علم الوراثة أو مانسميه اليوم Classical Genetics انتقل اهتمام الباحثين من مجرد البحث فى وراثة الصفات المعينة من جيل إلى جيل إلى البحث عن الإجابة لسؤالين رئيسيين فرضا نفسيهما على المشتغلين بالوراثة بإلحاح شديد إبان الحرب العالمية الأخيرة وما بعدها . أول هذين السؤالين هو كيف تعمل الجينات ؟ ... كيف يمكن للجين أن يتحكم فى كون حبة البازلاء صفراء أو خضراء ؟ ... أو كون عين ذبابة الفاكهة بيضاء أو حمراء؟ وثانى السؤالين هو عن ماهية الجين نفسه . . . ماهى المادة التى يتكون منها ؟ ... ماهى طريقة ترتيب وتنسيق المواد الداخلة فى هذا التكوين ؟

والغريب فى الأمر أن محاولة مبكرة قد بذلت للإجابة عن السؤال الأول ، إلا أن أحداً لم يلتفت إلى هذه المحاولة . فمنذ عام ١٩٠٢ — أى بعد عامين فقط من اكتشاف قانونى السيادة والانعزال الحر — بدأ Garrod فى انجلترا دراساته المفصلة لمرض البول الأسود أو ما أسماه فيما بعد Alcaptonuria . ومن هذه الدراسات خرج Garrod بنظرية مؤداها أن الجينات أو العوامل الوراثية (كما عرفت فى ذلك الحين) تتحكم فى الصفات المختلفة عن طريق تحكمها فى تمثيل لنزيم معين يتحكم بدوره فى تمثيل مادة معينة أو تحويلها من مركب إلى آخر . وقد وضع Garrod نظريته تلك فى كتاب بعنوان Inborn Errors of Metabolism نشر عام ١٩٠٩ ثم أعيد تنقيحه وطبعه عام ١٩٢٣ . ولم تسترع هذه النظرية انتباه الوراثيين فى حينها ، كما حدث لقانون مندل ، إلى أن حـــاول كل من Beadle, Ephrussi فى السربون بفرنسا عام ١٩٣٣ تتبع أثر الجينات على صفات معينة من خلال دراساتهم الجنينية على ذبابة الفاكهة ، إلا أن هذه المحاولة لم يصادفها النجاح . وفيما يبدو كانت ذبابة الفاكهة من التعقيد البيولوجى بحيث يصعب الحصول على نتائج محددة واضحة فى هذا الصدد . ولهذا السبب اتجه

Beadle, Tatum ١٩٤١ فى جامعة ستانفورد بعد عودة الأخير من فرنسا إلى الولايات المتحدة ، إلى البحث عن كائن أبسط ، تفاعلاته الكيميائية معروفة. ولقد وجدا الضالة المنشودة فى الفطر Neurospora crassa ؛ فقد سبق أن قدم Lindegren دراسات تفصيلية عن الاحتياجات الغذائية لهذا الفطر . وبدراسة مفصلة للطفرات التى أمكن إحداثها فى الفطر عن طريق المعاملة بأشعة إكس خرج Beadle, Tatum بنظريتهما المعروفة « جين واحد — إنزيم واحد » ، وهى النظرية التى استحقا عنها جائزة نوبل فى الطب والفسيولوجى لعام ١٩٥٨ .

ولقد وضعت هذه النظرية علماء الكيمياء الحيوية والوراثة على بداية الطريق لاكتشاف الدلائل القاطعة على تحكم الجينات فى تمثيل البروتينات . ولقد تبعت ذلك طائفة كثيرة من البحوث فى مجال وراثة الكائنات الدقيقة مما لا يتسع مجالنا هنا للإفاضة فيه ، إلا أننا سوف نشير إلى بعض منها فيما يلى :

(١) الدليل القاطع الذى قدمه Avery, McLeod, McCarty على أن الحمض النووى DNA هو فى الواقع المادة الوراثية التى تسبب تغيير صفات البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوى فى الإنسان .

(٢) أول خريطة لكروموزم البكتيريا التى قدمها Lederberg, Tatum وإثبات وجود الجنس فى البكتيريا .

(٣) النموذج التركيبى الذى قدمه Watson, Crick لجزىء الحمض النووى DNA ، ولقد أجاب هذا النموذج على أسئلة كثيرة كانت قائمة بخصوص المادة الوراثية تركيبا ووظيفة .

(٤) الأدلة التى قدمت على صحة هذا النموذج من خلال دراسات كل من Meselson-Stahl على إمكان توالد جزىء جديد من DNA من جزىء آخر ، Kornberg, على إمكان إكثار جزىء DNA فى أنبوبة اختبار Talyor, الذى أثبت صحة نموذج Watson, Crick فى النبات والحيوان باستعمال الهيدروجين المشع H^3 .

(٥) بحوث كل من Nirenberg and Mathai, Palade, Kornberg, Ochoa عن طبيعة الشفرة الوراثية The genetic code وطريقة تمثيل البروتينات فى سيتوبلازم الخلية عن طريق نقل تتابع الكلمات الوراثية فى جزىء الـ DNA وترجمتها إلى تتابع معين لأحماض أمينية معينة مما ينتج فى النهاية بروتينا معينا ذا صفات محددة .

(٦) بحوث Yanofsky, Benzer عن إمكان حدوث الطفرات المتعددة فى داخل الجين الواحد . كذلك إمكان حدوث العبور فى داخل الوحدة الثلاثية التى تشكل الكلمة الوراثية . ولقد أوضحت هذه البحوث مفهوم الطفرة ومفهوم الجين نفسه .

ومن المعروف أن معظم هذه النظريات خرجت إلى الوجود من خلال بحوث أجريت على الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفيروسات وطحالب ، ورغم أن الكثيرين يميلون إلى الاعتقاد بأن ماهية الجينات وكيفية قيامها بعملها هى عموميات تصلح للتطبيق على الكائنات الحية كلها ، إلا أننا نجد أن هناك حاجة ماسة إلى تأكيدات علمية محددة بأن النظريات الموجودة لدينا فى هذا الصدد تصلح للتطبيق على النباتات والحيوانات الأكثر تطوراً .

ولقد تابع مربو النبات بدورهم كل خطوة جديدة فى حقل الوراثة البحتة محاولين قدر المستطاع الاستعانة بما يصلح منها لتحسين أصنافهم الموجودة أو الحصول على أصناف جديدة أكثر محصولا وتأقلما ومقاومة للأمراض والحشرات. ورغم أنه لم تكن هناك آثار مباشرة على تربية النبات من خلال الإنجازات الأخيرة فى علم الوراثة ، إلا أن الآثار غير المباشرة من حيث الفهم الأعمق للموضوع لدى المربين هى آثار لاشك فيها . ولقد تجسد ذلك فى عديد من المحاولات نوجز بعضاً منها فيما يلى :

(أولا) قوة الهجين Heterosis :

لاشك فى أن الاستفادة بظاهرة قوة الهجين وعلى الأخص فى محصول الذرة كانت ولا زالت أهم حدث فى تربية النبات حتى الآن . فمنذ أن قدم Shull, East

عامى ١٩١٠ ، ١٩١١ دراساتهم على تربية الأقارب والأباعد ، وقدم Jones عام ١٩١٨ خطته لإنتاج الهجن الزوجية على نطاق اقتصادى ، أصبحت الذرة الهجين تحتل مكان الصدارة فى معظم الدول المنتجة لهذا المحصول . ولقد أضافت الدراسات التى قدمها المشتغلون بالوراثة الكمية ووراثة العشائر لتجزئة التباين الوراثى إلى مكوناته الأساسية Additive, Dominant, and Epistatic ، وكذلك لدراسة مدى تفاعل هذه المكونات مع العوامل البيئية ، وأثر هذا التفاعل فى برامج الانتخاب المختلفة . كما أضافت هذه الدراسات اتجاهات جديدة فى تربية محصول الذرة ، حيث أصبح من الواضح الآن :

(١) أن العوامل الوراثية ذات السيادة الجزئية أو التامة تلعب دوراً أكثر أهمية من العوامل ذات السيادة المتفوقة Overdominance فى تفسير ظاهرة تفوق الهجين .

(٢) أن تقديرات مستويات السيادة التى حصل عليها سابقاً ، وهى فى مجال السيادة المتفوقة ، يمكن تفسيرها على أساس ارتباط الجينات الواقعة على نفس الكروموزمات فى حالة Repulsion . بينما تكون هذه الجينات نفسها ذات سيادة جزئية أو تامة .

(٣) أن جزءاً كبيراً من تفوق الهجين الذى يلاحظ فى كثير من الهجن الصنفية بين أصناف متباعدة وراثياً يرجع إلى أثر الجينات ذات الأثر التراكمى الذى يمكن تثبيته فى الأجيال الانعزالية المتتابعة .

ولقد شجعت كل هذه المعلومات محاولات الحصول على هجن صنفية أو مجموعة منها لتكوين عشائر تتفوق على أى من الهجن الموجودة حالياً ، بالإضافة إلى إمكانية استعمال مثل هذه العشائر كقاعدة أفضل لاستخلاص وعزل تجاميع جديدة من السلالات فى برامج الذرة الهجين .

كذلك فقد بذلت محاولات دائبة للاستفادة من قوة الهجين فى المحاصيل ذاتية الإخصاب . وهناك من الأدلة ما يفيد بتواجد مقادير عالية من قوة الهجين فى كثير من المحاصيل ذاتية الإخصاب مثل القمح والشعير والكتان والذرة الرفيعة والطماطم

والباذنجان . إلا أنه لازالت هناك عقبات رئيسية لابد من التغلب عليها قبل أن يصبح إنتاج بذور هجينة عملية اقتصادية فى هذه المحاصيل ، هى :

ا — لابد من وجود صفة العقم الذكرى ونقلها إلى الصنف الذى يستعمل كأم فى الهجين .

ب — لابد من أن يحتوى الصنف المستعمل كأب على عوامل وراثية قادرة على استعادة الخصوبة فى نباتات الجيل الأول Restorer genes .

وفى القمح مثلا تمكن Kihara فى اليابان من الحصول على صفة العقم الذكرى من أنواع Ae. caudata ، Triticvor timophcevi . ومن السهل نقل هذه الصفة من مصدر إلى آخر عن طريق برنامج بسيط للتهجين الرجعى Backcross مع أى صنف vulgare . وتبقى المشكلة الثانية وهى الحصول على صنف أبوى يحتوى على عوامل استعادة الخصوبة فى نباتات الجيل الأول . ولقد تمكن Wilson وآخرون فى الولايات المتحدة من الحصول على العوامل Rf1, Rf2 ، ولكن نسبة استعادة الخصوبة مع وجود هـــذه العوامل لازالت غير مرضية حيث تتراوح بين ٢٠ — ٨٠٪ .

وبالإضافة إلى العاملين السابقين، هناك عوامل أخرى مساعدة يفضل توافرها عند بداية مشروع للبذور الهجين فى المحاصيل ذاتية الإخصاب ، وهى إمكان الحصول على صنف أبوى ينتج كمية كبيرة من حبوب اللقاح ، وكذلك انتشار حبوب اللقاح واستمرار حيويتها لأطول مدة ممكنة ، وتواجد الحشرات الناقلة .

(ثانيا) التضاعف الكروموزومى Polyploidy :

تكتسب عملية الحصول على عدد مضاعف من الكروموزومات بواسطة استعمال مادة الكولشيسين أهمية متزايدة يوماً بعد يوم . وجميع الأدلة تشير إلى أن المحاصيل التى ضوعف فيها عدد الكروموزومات مثل البرسيم الأحمر والشوفان تبدو أكثر تفوقاً عن مثيلاتها الأصلية . ويحتل البنجر الثلاثى مايقرب من ١٠٠٪ من المساحة الكلية المنزرعة بالبنجر فى أوربا كلها، كما أن قصة البطيخ عديم البذور (ثلاثى) الذى قدمه Kihara فى اليابان قصة معروفة . وكذلك تمكن المربون من

خلال محاولات عديدة لتهجين Triticum durum × Secale cerelae من إنتاج Triticales سداسية . وهى تتفوق من حيث المحصول على النوعين الأبويين ، كما يبدو أنها أكثر مقاومة للأصداء المختلفة ، وترتفع فيها نسبة البروتين ، إلا أن جودة الدقيق فيها ليست عالية مما يجعلها أصلح للاستعمال كعلف للماشية .

(ثالثاً) الأصناف قصيرة السيقان Dwarf varieties :

ظلت النباتات قصيرة السيقان أو القزمية معروفة لزمن طويل دون أن تلق اهتماماً كبيراً من مربى النباتات بل واقع الأمر أنهم ظلوا ينظرون إليها كشواذ غير مرغوبة ، إلى أن لاحظ Vogel عام ١٩٤٦ تفوق صنف قصير الساق من بين الأقماح اليابانيه . ثم بدأ Borlaug برنامج الأقماح المكسيكية والذى يستند أساساً إلى انتاج أصناف قصيرة الساق ذات درجة استجابة عالية للتسميد . ولقد كانت النتائج المباشرة لهذه الأصناف مشجعة للغاية فى المكسيك والهند وباكستان . وترجع أهمية الحصول على أصناف قصيرة الساق فى القمح بوجه خاص إلى أنه بالحصول على أصناف قصيرة يمكن زيادة عدد السنابل فى الوحدة المساحية ، وزيادة معدلات التسميد ، واستعمال الرى دون خوف من الرقاد ، وكلها عوامل تنتهى إلى محصول أكثر وفرة ونفس الوضع ينطبق على المحاصيل الأخرى من الشعير والذرة والذرة الرفيعة . ولا زالت أمام المربين مجالات واسعة لتحسين طبيعة وتركيب الأصناف قصيرة السيقان . فزيادة المساحة الكلية للأوراق لزيادة مقدار التمثيل الضوئى والحصول على أوراق قائمة وزيادة عدد الخلفة الرأسية التى تمتلىء فى وقت واحد مع الساق الرئيسى كلها سوف تضيف بلاشك إلى كفاية وتفوق الأصناف قصيرة السيقان .

(رابعاً) التربية باستخدام الطفرات Mutation Breeding :

منذ أن قدم Muller عام ١٩٢٧ دراساته عن إمكان زيادة نسبة حدوث الطفرات فى ذبابة الفاكهة باستعمال أشعة اكس ، أصبح هذا الفرع الجديد يشكل احتمالات جديدة واسعة فى تربية النبات ورغم التحفظات التى يبديها البعض والتى

نشارك نحن فى بعض منها ، فإنه باستخدام المعاملة المناسبة وممارسة الانتخاب فى العشائر المعاملة يمكن تحقيق مايلى :

(١) زيادة حجم التباين الوراثى وهو الأساس الذى يعتمد عليه المربى فى برامج الانتخاب المختلفة ، وعلى الأخص بالنسبة للصفات الكمية .

(٢) إحداث التغيير فى صفات محددة يمكن استعمالها مباشرة بواسطة المربى والأمثلة على ذلك :

ا ــ تمكن Gustaffson عام ١٩٤٧ فى السويد من الحصول على الصنف Pallas فى الشعير من الصنف الأصلى Bonus . والصنف الجديد يقاوم الرقاد نتيجة لقصر ساقه وبالتالى يتفوق فى المحصول . كذلك تمكن Mugnozza عام ١٩٦٦ فى إيطاليا من الحصول على أصناف قصيرة من أقماح Durum تتفوق محصولا على مثيلاتها الأصلية .

ب ــ الأصناف المقاومة للفحة من الأرز ، والتى تمكن Yamasaki عام ١٩٦٨ فى اليابان من الحصول عليها .

ج ــ من خلال بحوث Gregory عام ١٩٥٦ على الفول السودانى أمكن الحصول على أصناف متفوقة محصولا .

د ــ تمكن Swaminathan باستعمال أشعة اكس فى صنف القمح المكسيكى Sonora 64 من الحصول على عدة طفرات تحتوى على ١ ــ ٢٪ زيادة فى نسبة البروتين . ويزرع أحد هذه الطفرات الآن على نطاق اقتصادى وهو الصنف Sharbati Sonora .

ورغم هذه الإنجازات المسلم بها فى حقل التربية باستخدام الطفرات فلا زالت هناك بعض التساؤلات قائمة فى وجه هذه الطريقة ، فمثلا :

ا ــ هل هناك اختلاف بين نوع الطفرات التى تحدث صناعياً ، أى باستعمال المواد أو المعاملات المحدثة للطفرات ، وتلك التى تحدث فى الطبيعة ؟ أم أن الطفرات الصناعية هى نفس التى تحدث فى الطبيعة ؟

ب — هل تحدث الطفرات المفيدة أو المرغوبة اقتصادياً بنسب عالية بحيث يصبح من المجدى أن تبحث عنها؟وهل من الممكن بالطرق التجريبية المختلفةزيادة نسبة حدوث مثل تلك التغييرات المرغوبة ؟

ج — بالنسبة للبلدان النامية بالذات ، هل يعتبر البدء فى مشروع للتربية باستخدام الطفرات قراراً سليماً؟أم أنه من الأفضل أن يعتمد المربى على النباتات الوراثية الموجودة فعلا فى المجموعات العالمية للمحاصيل المختلفة ؟

(خامساً) إعادة النظر فى الطرق الحالية لتربية المحاصيل ذاتية الإخصاب :

من المعروف أن المحاصيل خلطية الإخصاب تتميز بوجود ميكانيكية ذاتية للتحسين المستمر ، حيث تضمن طريقة التلقيح الخلطى استمرار إدخال عوامل وراثية جديدةتزداد نسبة ماهو مرغوب منها فى الأجيال المتعاقبة وتقل نسبةغيرالمرغوب مما ينتج عنه تحسن مستمر فى هذه العشائر . أما المحاصيل ذاتية الإخصاب فلا تتمتع بهذه الميزة حيث إن التلقيح الذاتى يعمل على تثبيت التراكيب الوراثية بسرعة ، وبالتالى يحول دون تبادل العوامل الوراثية بين النباتات المختلفة فى العشيرة الواحدة . ونتيجة لذلك جود قدرة المربى على استغلال ميكانيكيات التطور التى توجد فى المحاصيل خلطية الإخصاب ، كل ذلك دفع مربى النباتات ذاتية الإخصاب فى الماضى إلى الناحية الوصفية . والواقع أن معظم الإنجازات التى تمت فى تربية المحاصيل ذاتية الإخصاب ، كانت نتيجة للتغلب على العوامل المحددة للمحصول مثل ا كتشاف المقاومة للأصداء مما ساعد على توازن المحصول من عام إلى آخر . أو الحصول على أصناف قصيرة السيقان مقاومة للرقاد كما أسلفنا .

ولقد دفع هذا الوضع بعض مربى النباتات فى السنوات الأخيرة إلى إعادة النظر فى الطرق التقليدية لتربية المحاصيل ذاتية الإخصاب ، والتى تتلخص فى تهجين آباء منتخبة على أساس مظهر الآباء نفسها ، ثم إجراء الانتخاب لنباتات فردية أو عائلات فى الأجيال الانعزالية المتتالية . أما الاتجاه الجديد فى تربية النباتات ذاتية الإخصاب فيستند إلى ضرورة مراعاة النقاط التالية :

(١) توسيع القاعدة الوراثية لدى المربى لتشمل أصولا وراثية متباعدة جغرافياً ووراثيا .

(٢) ضرورة اختبار هذه الأصول الوراثية فى عدة جهات تختلف جغرافيا .

(٣) ضرورة اجراء اختبارات القدرات التآلفية للتعرف على الأصناف التى تمتلك طاقات للتفوق على غيرها عند إدخالها فى توافيق تهجينية مختلفة .

(٤) التحليل الوراثى للمحصول ومكوناته المختلفة وتقدير الارتباطات الوراثية التراكمية بين هذه المكونات

(٥) إعطاء بعض الانتباه إلى التهجينات المتعددة الآباء Multiple crosses عما يزيد من فرص تراكم العوامل الوراثية المرغوبة .

(٦) الحصر الشامل والتعرف على مصادر المقاومة للأمراض والحشرات المختلفة من بين الأصول الوراثية الموجودة لدى المربى .

* * *