الأساس الوراثى لظاهرة تفوق الهجين

للدكتور عبد الرحيم شحاته

تعتبر ظاهرة تفوق أو قوة الهجين Hybrid vigour أهم وأبرز التطبيقات العملية التى حققها علم الوراثة منذ نشأته حتى الآن . ولاشك أن الفهم الكامل للأساس الوراثى لهذه الظاهرة سوف يضيف الكثير إلى قدرة المشتغلين بعلوم الوراثة وتربية النبات والحيوان فى محاولاتهم الدائبة على طريق إثراء الحياة الإنسانية على هذه الأرض . ومن المعروف أن الاهتمام بظاهرة تفوق الهجين بدأ قبل اكتشاف قوانين الوراثة الأساسية فى بداية القرن الحالى ، ففى الفترة من ١٧٦١ – ١٧٦٦ قدم Kolreuter ملاحظاته عن قوة الهجين عند ماهجن أنواعا مختلفة من النباتات interspecific crosses . كذلك أجـــرى كل من Darwin و Knight و Sagaret تجارب مماثلة مسجلين نفس الظاهرة (Zirkle ١٩٥٢) . ومع بداية هذا القرن ، اتسعت دائرة البحوث التى أجريت على ظاهرة تفوق الهجين فى محاصيل متعددة ، كان أهمها بلا شك محصول الذرة الشامية ، وكان أبرز الباحثين الذين تقدموا بنتائج تجريبية فى هذا المجال كل من Shull (١٩٠٨ ، ١٩٠٩ ، ١٩١١) ، Jones et al. (١٩١٦) ، Kisselback (١٩٢٢) ، Richey (١٩٢٤) ، Spencer (١٩٤٠) ، Stringfield, (١٩٥٠) .

ومن أهم التقارير التى وردت عن وجود ظاهرة قوة الهجين فى محاصيل أخرى غير محصول الذرة الشامية ، تلك التى قدمها Quinby and Karper (١٩٣٧ ، ١٩٤٨) فى الذرة الرفيعة ؛ و Rosenquist (١٩٣١) ، و Engledow and Pal (١٩٣٥) ، Harrington (١٩٤٠) ، و Granhall (١٩٤٦) فى القمح ؛ و Haberg (١٩٥٣) فى الشعير ؛ و Nagao and Takahashi (١٩٤١)

● الدكتور عبد الرحيم شحاته : باحث أول معهد بحوث الحاصلات الحقلية ـ مركز البحوث الزراعية ، بوزارة الزراعة .

فى الأرز ؛ و Stewart et al. (١٩٤٧) ، و Doxtator and Skuderma (١٩٤٧) فى بنجر السكر ؛ و Veatch (١٩٣٠) و Weiss et al. (١٩٤٧) فى فول الصويا ؛ وكذلك كل من Ganeson (١٩٤٢)، و Simpson (١٩٤٨)، و Kime and Tilley (١٩٤٧) فى القطن .

والمعروف أن استخلاص النتائج عند مقابلة الأصناف أو السلالات الأبوية مع الأجيال الناتجة من تهجين هذه الأصناف أو السلالات عادة ما يكون أسهل كثيراً عند دراسة الصفات البسيطة ، أو ما اتفق الوراثيون على تسميته بالصفات النوعية Qualitative characters ، فى حين يزداد الأمر صعوبة عند دراسة الصفات التى يتعين أن تخضع للقياس وليس للوصف ، أو ما يسمى بالصفات الكمية Quantitative characters . والملاحظ بصفة عامة أن هذا النوع من الصفات يتأثر إلى حد كبير بالظروف البيئية . ولقد كان من أهم الذين كتبوا فى وصف ودراسة الصفات الكمية وطبيعتها فى أوائل هذا القرن كل من Nilson-Ehle (١٩٠٩) ، Keeble and Pellew (١٩١٠) و Tammes (١٩١١) . ومن خلال دراسات هؤلاء نجد أن أسباب الصعوبة فى دراسة الصفات الكمية لا تقتصر على مجرد تأثرها بالظروف البيئية المتغيرة ، بل نجد أنها فى أغلب الأحوال ما تكون تحت تأثير عدد كبير من العوامل الوراثية، فقد قرر East and Jones (١٩١٠) فى دراسة لوراثة البروتين فى حبوب الذرة الشامية أن عدداً كبيراً من العوامل الوراثية يتحكم فى هذه الصفة ، كما كتب Rasmuson (١٩٣٣) أن عدد العوامل الوراثية التى تؤثر على أو تتحكم فى الصفات الكمية عموما يقع فى حدود ١٠٠ — ٢٠٠ عامل وراثى ، كذلك وجد Khambanonda (١٩٥٠) أن أكثر من ٣٠ عاملا وراثيا تتحكم فى حجم الثمرة فى الفلفل الأحمر ، ولو أن هناك حالات أخرى كان فيها عدد العوامل التى تتحكم فى الصفات الكمية محدود .

وعندما نحاول التعرف على موضوع الأساس أو التغير الوراثى لظاهرة تفوق الهجين يجب أن نضع فى اعتبارنا أننا نتعرض لظاهرة ذات طبيعة كمية بالدرجة الأولى ، بمعنى أن الصفات التى تظهر قوة الهجين هى صفات كمية بالمعنى وفى الحدود السابق توضيحها . ولقد تناول Powers (١٩٤٤) العلاقة بين قوة

الهجين والسيادة Dominance فاعتبرهما فى واقع الأمر « درجات متفاوتة من التعبير عن نفس الظاهرة الوراثية » .

وفى دراسة على ذبابة الفاكهة قرر Gowen (١٩٤٥) أن الأثر الهجينى الكلى للكروموسومات يشير إلى أنه يعزى إلى عدد كبير من العوامل الوراثية الموزعة عشوائيا على طول الكروموسومات ، ثم أضاف (١٩٥٢) « أن الأثر الهجينى عموما يظهر نتيجة التوزيع العشوائى لعدد كبير من العوامل على الكروموسومات المختلفة » .

ولقد تناول كثير من الباحثين النظريات المختلفة المتعلقة بقوة الهجين بتفصيل كبير ، وسوف نحاول هنا أن نسوق عرضا تاريخيا مختصرا للآراء الرئيسية فى هذا الموضوع .

كان Shull (١٩٠٨ ، ١٩٠٩ ، ١٩١١) أول من حاول تقديم تفسير وراثى لظاهرة تفوق الهجين التى لاحظها عند تهجين سلالتين من الذرة . وكان التفسير الذى قدمه هو أن تفوق الجيل الأول يعتمد أساسا على حالة عدم التجانس Heterozygosity . ولقد استغل Shull - فى واقع الأمر - تعبير Heterozygosis فاشتق منه المصطلح الشائع الاستعمال الآن فى علوم الوراثة والتربية Heterosis وهو التعبير الذى استعمله لأول مرة عام ١٩١٤ .

ومن ناحية أخرى قدم Bruce (١٩١٠) تفسيرا رياضيا لظاهرة تفوق الهجين حيث أكد أنها تعتمد على العوامل الوراثية السائدة ، وتوافق هذا الرأى توافقا شديدا مع النتائج التجريبية التى نشرها فى نفس العام Keeble and Pellew (١٩١٠) ، فقد أجرى هذان الباحثان تجاربهما على صنفين من الفاصوليا ، وكان أحد الصنفين قليل السلاميات ولكن السلاميات طويلة ، فى حين كان الصنف الآخر كثير السلاميات القصيرة ، ولاحظا أنه عند تهجين هذين الصنفين كانت نباتات الجيل الأول أطول من أى من الصنفين الأبويين .

ولقد شكلت نتائج Keeple and Pellew ونظرية Bruce إلى جانب نظرية الارتباط بين العوامل الوراثية الواقعة على نفس الكروموسوم التى قدمها Morgan

الأساس الذى استندت اليه نظرية Jones (١٩١٧، ١٩٢١) عن « سيادة العوامل المرتبطة Dominance of linked genes »، وتفترض هذه النظرية أن تفوق الجيل الأول يعتمد على التفاعل بين عوامل وراثية سائدة مواتية بالنسبة للتعبير عن صفة كمية معينة . ثم حاول East (١٩٣٦) أن يضم نظريات كل من Shull و Jones فى نظرية واحدة ، فاعتبر أن « قوة الهجين يجب تفسيرها من خلال سلوك مجموعة أليلات عاملية لا تعتمد قوة الهجين فيها على السيادة وعدد العوامل التى تتحكم فى الصفات الكمية فحسب ، بل إلى جانب ذلك فهى تعتمد إلى حد كبير على درجة التباعد أو التباين بين أليلات العامل الوراثى الواحد » . ولقد أطلق على هذه النظرية فى حينها « نظرية الأثر التراكمى للأليلات المتباعدة » "The theory of the cumulative action of divergent alleles" .

وبعد ذلك بسنوات قليلة قرر Stubbe and Pirsche (١٩٤٠) أن نظريتى سيادة العوامل المرتبطة والأثر التراكمى للأليلات المتباعدة يمكن أن يجتمعا فى نظرية واحدة أطلق عليها « نظرية الإضافة والتآلف Addition and combination hypothesis » ، وترتكز هذه النظرية الموحدة على وجود عوامل وراثية سائدة تنشط النمو بصفة عامة ، اجتمعت مع بعضها بطريقة تنتج فى النهاية ظاهرة تفوق النسل على أى من الأبوين .

ومن زاوية أخرى قدم Hull (١٩٤٥ ، ١٩٥٢) نظرية السيادة المتفوقة Overdominance على أساس أن الجيل الأول الخليط Heterozygote يتفوق على اى من الأبوين المتجانسين Homozygotes وأشارت النتائج التى قدمها Robinson et al (١٩٤٩) إلى تواجد السيادة المتفوقة فى حالة دراسة المحصول فى الذرة الشامية ، إلا أن Gardner and Lonnquist (١٩٥٩) قدما الدليل التجريبى على أن الارتباط بين العوامل الوراثية الواقعة على نفس الكروموسومات فى حالة تباعد Repulsion يمكن أن يؤدى إلى ارتفاع غير حقيقى فى تقديرات مستوى السيادة فى الأجيال الأولى من تهجين سلالتين نقيتين ، ولكن هذا الأثر سرعان ما يتضاءل وتنخفض تقديرات مستوى السيادة فى الأجيال المتتابعة إلى حدود السيادة الجزئية أو الكاملة .

كذلك وجد Leng et al. (١٩٥٠) أن السيادة المتفوقة كانت واضحة بالنسبة للمحصول فى كل من الذرة الشامية وفول الصويا ، وذلك عند دراسة صفة المحصول ككل، ولكن عند تحليل مكونات المحصول وراثيا كل على حدة، لم تتوافر أدلة تشير إلى أهمية السيادة المتفوقة .

وبالإضافة إلى ذلك فقد أعطى Gustafsson (١٩٤٨) أمثلة توضح أن بعض الطفرات المميتة فى حالة تجانسها Homozygous ، يمكن أن تزيد من الحيوية إذا ما وجدت فى حالة غير متجانسة Heterozygous ، إلا أن وجود مثل هذه الحالات، لا يعنى بالضرورة أن قوة الهجين تعتمد على حالة عدم التجانس بالمعنى المحدود . كذلك وجد Weaver (١٩٤٨) فى دراسة هستولوجية فى بعض سلالات الذرة الشامية والجيل الأول الناتج منها ، أن نسبة تكوين الأوعية Vascularization فى الهجين تفوق مثيلتها فى الآباء المكونة لها .

ومن المتفق عليه أن ظاهرة تفوق الهجين هى النقيض المباشر لظاهرة التدهور الذى ينتج عن التربية الداخلية Inbreeding depression ، ويلاحظ أن هناك حدا أقصى لقوة الهجين التى يمكن الحصول عليها يختلف باختلاف الصفات موضع البحث . كذلك فإن هناك حدا أدنى يمكن الوصول إليه بعد عدد معين من أجيال التربية الداخلية inbreeding minimum (Federley ١٩٢٨) . كذلك أوضح Shull (١٩٠٢) أن هذا الحد الأدنى يختلف باختلاف الأجناس والعائلات والأنواع المتباينة . وقد قسم H. Nilson (١٩٣٧) هذا التدهور الناتج عن التربية الداخلية إلى ما يلى :

(١) التدهور الناتج عن تجانس السيتوبلازم Plasmonic depression .

(٢) التدهور الناتج عن حالة التجانس الوراثى نفسه Genomic depression .

(٣) التدهور الناتج عن ظهور العوامل الوراثية المميتة للتجانس Genic depression .

ومن ناحية أخرى فقد أشار كل من Nilson-Ehle (١٩٢٨) و F. Nilson (١٩٣٤) إلى نوعين من التدهور الجزئى Partial depression وهو حدوث أو ظهور أو أفراد غير طبيعية أو غير قادرة على البقاء فى مجتمع من المجتمعات ،

والتدهور العام General depression وهو الانخفاض العام فى مستوى النمو دون الارتباط بصفة معينة دون سواها .

ومن الواضح أنه رغم الدراسات العديدة التى أجريت فى موضوع قوة الهجين ورغم أن مربى النبات والحيوان قد تمكنوا من استغلال تلك الظاهرة فى حالات عديدة نحو الحصول على إنتاج أكبر إلا أنه لازالت هناك حاجة ماسة لمزيد من الفهم للطبيعة الوراثية والفسيولوجية لتلك الظاهرة ، ويبدو أن هناك مجالين رئيسيين أكثر إلحاحا من غيرها فى هذا الصدد .

(أولهما) المجال الخاص بنوع وطبيعة التغييرات الفسيولوجية التى تحدث فى الهجين لتميزه عن أبويه . ويبدو أن دراسة تحليلية للإنزيمات المختلفة كما ونوعا هى المدخل المنطقى .

(ثانيهما) المجال الخاص بتحديد ما إذا كانت طريقة تناولنا للموضوع نفسها صحيحة أم خاطئة — وعلى وجه الخصوص فى حالات الصفات المركبة مثل المحصول — إذ يبدو أنه من المنطقى على الأقل بهدف التحليل الوراثى السليم أن يعطى الاهتمام لمكونات الصفات المركبة نفسها ، ومدى التفاعل بين تلك المكونات سواء كان هذا التفاعل على المستوى الظاهرى أو على المستوى الوراثى .

وفى هذا الصدد هناك أسئلة معلقة كثيرة نطرح منها على سبيل المثال : هل اتبعت أنسب الطرق التحليلية فى دراسة صفة كالمحصول مثلا ؟ وما هى أنسب الطرق للارتفاع بمستوى المحصول ، هل الانتخاب للمحصول نفسه ، أم الانتخاب لواحد أو أكثر من المكونات ؟ وهل يمكن التنبؤ بمستوى المحصول فى الهجين إذا اختيرت الآباء على أساس مكونات المحصول فيها ؟ وإلى أى مدى يمكن التحكم فى حجم التفاعل بين مكونات الصفات المركبة نفسها لإعطاء أكبر تعبير لقوة الهجين فى الصفة المركبة ؟ ثم إذا كانت مكونات الصفة المركبة ودرجة التفاعل بينهم ذات أهمية فى التعبير عن قوة الهجين فى الصفة المركبة ، إلى أى حد سوف تؤثر الظروف البيئية على درجة هذا التفاعل ؟

المراجع

(1) Bruce, A.B. 1910. Science 32 : 627-628.

(2) Doxtator, C.W., and A.W. Skuderna. 1947. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech., pp. 230-236.

(3) East, E.M. 1936. Genetics, 21 : 375-397.

(4) East E.M., and H.K. Hayes. 1912. U.S. Dept. Agric., Bur. Plant Indus. Bull. 243, pp. 1-58.

(5) Engledon, F.I., and B.P. Pal. 1935. Jour. Agric. Sci., 5 : 693-704

(6) Federley, Harry. 1928. Das Inzucht problem Handbuch fier Vererbungswissen Schaft., Band II J. : 1-42, Berlin.

(7) Ganesan, D. 1942. Ind. J. Genet. and Plant Breed., 2 : 134-150.

(8) Gardner, C.O., and J.H. Lonnquist. 1959. Agron. J., 51 : 524-528.

(9) Gowen, J.W. 1945. Genetics, 30 : 7. (Abstract).

(10) Gowen, J.W. 1952. In Gowen's (ed.) Heterosis, pp. 474-493.

(11) Granhall, Ingvar. 1946. Hereditas, 32 : 287-293.

(12) Gustafsson, Ake. 1946. Hereditas, 32 : 263-286.

(13) Hagberg, Arne. 1953. Hereditas, 39 : 349-380.

(14) Harrington, J.B. 1940. Can. J. Res., 18C : 578-584.

(15) Hull, F.H. 1945. J. Amer. Soc. Agron., 37 : 134-145.

(16) Hull, F.H. 1952. In Gowen's (ed.) Heterosis, pp. 451-473.

(17) Jones, D.S. 1917. Genetics, 2 : 466-479.

(18) Jones, D.F. 1921. Amer. Nat., 55 : 457-461.

(19) Jones, D.F., H.K. Hayes, W.L. Slate, and B.G. Southwick 1916. Conn. Agr. Exp. Sta., 40th Rep. pp. 323-347.

(20) Karper. R.E., and J.R. Quinby. 1937. J. Hered, 28 : 82-91

(21) Keeble, F., and C. Pellow 1910. J. Genetics., 1 : 47-56.

(22) Khambanonda, I., 1950. Genetics., 35 : 322-343.

(23) Kisselback, T.A. 1922. Agr. Exp. Sta. Nebraska Res. Bull. 20, pp. 1-151.

(24) Kime, P.H., and R.H. Tilley. 1947. Amer. Soc. Agron., 39 : 308-317.

(25) Leng, E.R., C.M. Woodworth, and R.J. Metzger. 1950. Genetics. 35 : 121 (Astract).

(26) Nagao, S., and M. Takahashi. 1941. J. Soc. Agric. and Forest, (Sapporo), 34 : 1-22.

(27) Nilson, F. 1934. Hereditas, 19 : 1-162.

(28) Nilson, H. 1937. Hereditas, 23 : 236-256.

(29) Nilson-Ehle, H. 1909. Kreuzungsunterchungen an Hafes und Weizen. Diss. 122. pp. Lund.
(30) Nilson-Ehle, H. 1928. Inzucht als Zuchtungs method Zertshr-Zuchtungs-Kunde 3 : 257-271.
(31) Powers, L. 1944. Amer. Nat., 78 : 275-280.
(32) Quinby, J.R., and R.F. Karper. 1948.J. Amer. Soc. Agron. 40 : 255-259.
(33) Rasmusson, J. 1933. Hereditas, 18 : 245-261.
(34) Richey, F.D. 1924. U.S. Dept. Agric. Bull. 1209, pp. 1-19.
(35) Robinson, H.F., R.E. Comstock, and H.P. Harvey. 1949. Agron. J., 41 : 353-359.
(36) Rosenquist, C.E. 1931. J. Amer. Soc. Agron. 23 : 81-105.
(37) Shull, G.H. 1908. Amer. Breeder's Assoc., 4 : 296-301
(38) Shull, G.H. 1909. Rept. Amer. Breeder's Assoc., 5 : 51-59.
(39) Shull, G.H. 1911. Amer. Nat., 45 : 234-252.
(40) Shull, G.H. 1922. Beiter. Z. Pflanzenzucht., 5 : 134-158.
(41) Simpson, D.M. 1948. J. Amer. Soc. Agron. 40 : 970-979.
(42) Spencer, J.T. 1940. J. Agric. Res. 61 : 521-538.
(43) Stringfield, G.H. 1950. Agron. J., 42 : 145-152.
(44) Stubbe, H., and K. Pirschle. 1940. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 58 : 546-558.
(45) Stewart, D., J.O. Gaskill, and G.H. Coons. 1947. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech., 210-222.
(46) Tammes, T. 1911. Res. Trav. Bot. Neerl., 8 : 201-288.
(47) Veatch, C. 1930. J. Amer. Soc. Agron., 22 : 289-310.
(48) Weaver, H.L. 1946. Amer. J. Bot. 33 : 615-624.
(49) Weiss, MG., C.R. Weber, and R.R. Kalton. 1947. J. Amer. Soc. Agron., 39 : 791-811.
(50) Zirkle, C. 1952. Early ideas on inbreeding and crossbreeding In Gowen's (ed.) Heterosis, pp. 1-13.

* * *