## مكونات تباين الشكل المظهرى

يصعب فى الصفات الكمية تتبع كل جين على حدة فى الأجيال الانعزالية، كما يصعب تقسيم النباتات إلى أقسام محددة حسب النسب المندلية المعروفة كما فى الصفات البسيطة أو التى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات. ويسعى المربى – بدلا من ذلك إلى تقدير التباين Variance - وهو قيمة إحصائية – للدلالة على مدى الاختلافات المشاهدة فى الصفة فى العشائر التى يقوم بدراستها

يعرف التباين الكلى المشاهد باسم تباين الشكل المظهرى Phenotypic Variance ويرمز له بالرمز ($V_{Ph}$)، ونظرًا لأن الاختلافات التى تشاهد فى الشكل المظهرى ترجع إلى تأثير كل من التركيب الوراثى، والعوامل البيئية على كل فرد من أفراد العشيرة، لذا فإن

$$V_{Ph} = V_G + V_E$$

حيث يمثل ($V_G$) التباين الذى يرجع إلى تأثير التركيب الوراثى أو التباين الوراثى Genotypic Variance، بينما يمثل ($V_L$) التباين الذى يرجع إلى تأثير البيئة أو التباين البيئى Environmental Variance.

## التباين البيئى

يقدر التباين البيئى لأية صفة، بحساب مدى التباين فى هذه الصفة فى عشيرة يحمل جميع أفرادها نفس التركيب الوراثى، كأن تكون جميعها – مثلاً – سائدة أصيلة، أو متنحية أصيلة، أو خليطة فى الصفة

ويحسب التباين البيئى بالمعادلة التالية:

$$V_E = [\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n]\ n\text{-}1$$

حيث تمثل (x) القيمة المشاهدة للصفة لكل فرد من أفراد العشيرة، و (n) عدد أفراد العشيرة، بينما يرمز الحرف اليونانى زجما ($\Sigma$) لكلمة مجموع.

تجدر الإشارة إلى أن التباين البيئى لصفة ما لا يكون دائمًا ثابتًا، وإنما يتغير بتغير التركيب الوراثى لأفراد العشيرة فى الصفة المدروسة، وبتغير الخلفية الوراثية لأفراد العشيرة، فهو يكون أكبر - عادة – فى السلالات الأصيلة (مثل السلالات النقية، أو

السلالات المرباة تربية داخلية) عما في الأصناف العادية (الصادقة التربية، أو المفتوحة التلقيح)، ويقل في الأصناف الهجين – عامة – عما في الأصناف العادية وبرغم أن تقدير التباين البيئي يختلف بين العشائر غير المتجانسة إلا أنه يكون أقل فيها مما في العشائر الأكثر تجانسًا، باستثناء الأصناف الهجين. وبالإضافة إلى ما تقدم فإن التباين البيئي يختلف بين السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة نظرًا لاختلاف مدى تأثر التراكيب الوراثية السائدة الأصيلة والمتنحية الأصيلة بالصفة (أي يحدث تفاعل بين البيئة والتركيب الوراثي في التأثير على الصفة).

ولذا فإن أفضل تقدير للتباين البيئي يكون هو متوسط التباين البيئي للآباء والجيل الأول (وهي العشائر المتجانسة) كما يلي:

$$V_E = (V_{P_1} + V_{P_2} + V_{F_1}) / 3$$

حيث تمثل $V_{P_1}$، و $V_{P_2}$، و $V_{F_1}$ تباينات أحد الآباء، والأب الثاني، والجيل الأول الهجين بينهما على التوالي.

ويفضل – أحيانًا – حساب التباين البيئي بالمعادلة التالية:

$$V_E = \sqrt[3]{V_{P1} \cdot V_{P2} \cdot V_{F1}}$$

أي على أساس الجذر التكعيبي لحاصل ضرب تباين الأب الأول مع تباين الأب الثاني مع تباين الجيل الأول بينهما.

## التباين الوراثي

أشرنا – سابقًا – إلى أن التباين الوراثي ($V_G$) يعكس القدر الذي يشارك به التركيب الوراثي في التباين الكلي للصفة، ويمكن تقسيم التباين الوراثي – بدوره – إلى مكونات أصغر، يسهم كل منها بنصيب في التباين الكلي للصفة وهي كما يلي:

١ – تباين التأثير الإضافي للجين أو التباين الإضافي Additive Variance (أو $V_A$) وهو مقياس لقيمة التربية Breeding Value، ويرجع إلى اختلاف التراكيب الوراثية الأصيلة في التأثير على الصفة، وهو يعد أهم مكونات التباين الوراثي لأنه الوحيد الذي

يمكن الاعتماد عليه عند الانتخاب، كما أنه يشكل – عادة – أكبر نسبة من التباين الوراثي الكلي.

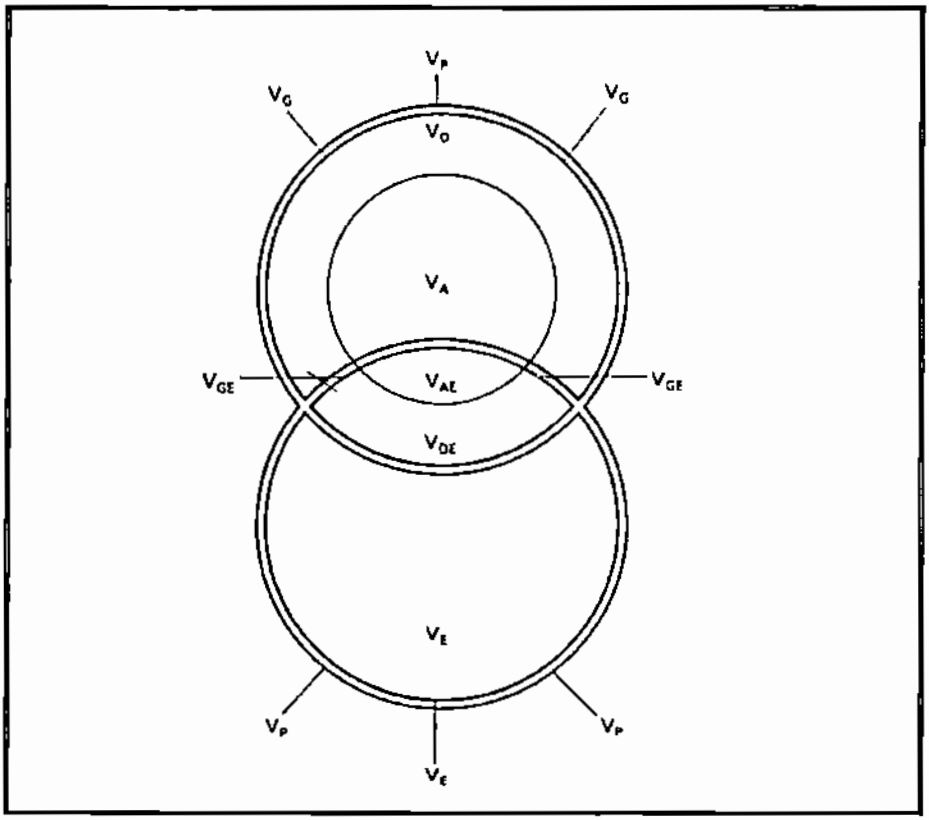
٢ – تباين تأثير السيادة أو تباين السيادة Dominance Variance (أو $V_D$) وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى السيادة dominance deviation؛ نتيجة للتفاعل بين الجينات الآليلية، وهو – عادة – يلى التباين الإضافى فى نسبته من التباين الوراثى الكلى

٣ – تباين التفاعل Interaction Variance (أو $V_I$)، وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى التفاعل interaction deviation بين الجينات غير الآليلية، أى إلى حالات التفوق epistasis، وهو يشكل – عادة – أقل نسبة من التباين الوراثى الكلى

وبذا فإنه يمكن إعادة صياغة معادلة التباين الكلى لتصبح كما يلى

$$V_{P_1} = V_A + V_D + V_I + V_E$$

ويبين شكل (٩–١) معظم مكونات التباين التى سبقت الإشارة إليها ويمكن الاستفادة من الشكل فى تفهم العلاقة فيما بينها، خاصة فيما يتعلق بتباينات لم تسبق الإشارة إليها، وهى تباين التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة Genotype-Environment Interaction Variance (أو $V_{GE}$)، والذى قسم – بدوره – إلى تباين التفاعل بين التأثير الإضافى والبيئة ($V_{AE}$)، وتباين التفاعل بين تأثير السيادة والبيئة ($V_{DE}$) ويمكن بإجراء التجارب المناسبة تقدير مكونات مختلفة لتباين مواقع إجراء الدراسة sites، ومواسم إجرائها seasons كجزء من التباين البيئى، وكذلك تحديد تباين التفاعلات بين مكونات البيئة وبعضها ($V_{EE}$)، وبين تأثير التفاعل والبيئة ($V_E$)، وتباينات التفاعلات بين مختلف مكونات التباين الوراثى، مثل ($V_{AA}$)، و ($V_{AD}$)، و ($V_{DD}$)، وهى تشكل فى مجموعها تباين التفاعل ($V_I$)، وتمثل – على التوالى – تباين التفاعل بين ثيمتين من قيم التربية، وتباين التفاعل بين قيمة التربية لأحد المواقع الجينية مع الانحراف العائد إلى السيادة فى موقع جينى آخر، وتباين التفاعل بين اثنين من الانحرافات العائدة إلى السيادة. وإذا كان التفاعل بين آليلات أكثر من موقعين جينيين فإنه يكون شديد التعقيد




شكل ( ٩-١ ): تخطيط للعلاقة بين الأنواع المختلفة من التباينات التي يتكون منها تباين الشكل المظهري. راجع المتن للتفاصيل (عن Simmons & Smartt ١٩٩٩).

ونظرًا لأن حساب مختلف التفاعلات يكون أمرًا معقدًا؛ لذا .. فإنها تهمل – عادة – حيث يحسب تباين التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة ضمن التباين البيئي. كما يقسم التباين الوراثي إلى مكوناته الثلاثة الرئيسية ($V_A$)، و ($V_D$)، و ($V_I$) دونما تفصيل لتباين التفاعل، أو قد يقسم إلى مكونين فقط، هما ($V_A$) وبقية مكونات التباين الوراثي معًا؛ ذلك لأن فاعلية عملية الانتخاب في برامج التربية تتحدد – أساسًا – بتباين التأثير الإضافي للجين.

## المتوسطات الهندسية وعلاقتها بطبيعة التباين الوراثى والفعل الجينى

يظهر التأثير الهندسى geometric action للجينات فى بعض الصفات كصفة حجم الثمار مثلا، حيث تتفاعل الجينات مع بضعها بطريقة ليست إضافية additive، وإنما تضاعفية multiplicative، وهو ما يتمشى مع طبيعة الصفة، حيث يكون الحجم حاصل ضرب أرقام، وليس بحاصل جمع أبعاد، ويقال إن الجينات ذات تأثير هندسى geometric gene action عندما تكون المتوسطات الهندسية المحسوبة بمختلف العشائر الهندسية أقرب إلى القيم الملاحظة لهذه العشائر، بينما يقال إن الجينات ذات تأثر حسابى arithmetic gene action عندما تكون متوسطاتها الحسابية أقرب إلى قيمتها الملاحظة

**ويمكن تصور التأثيرين الإضافى والهندسى للجينات بمثال تزيد فيه قيمة الصفة بزيادة عدد الجينات التى تتحكم فيها على النحو التالى:**

١ – فى حالة التأثير الإضافى قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٦، و ٩، و ١٢، حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ٣ وحدات، أو ١، و ١١، و ١٢، و ١٣، حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ١،١ وحدة

٢ – فى حالة التأثير الهندسى قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٩، و ٢٧، و ٨١، حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ثلاثة أضعاف القيمة السابقة، أو ١، و ١١، و ١،٢١، و ١٣٣١، و ١،٤٦٤١، حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفه بمقدار ١١ضعف القيمة السابقة، أى يضيف حوالى ١٠٪ إلى القيمة السابقة

ويلاحظ أن توزيع الأفراد فى الأجيال الانعزالية يكون دائمًا مجنَّحا skewed عندما تكون الجينات ذات فعل هندسى، وللتأكد من صحة فرضية التأثير الهندسى للجينات يجب ألا تختلف القيم المشاهدة لعشائر الجيلين الأول والثانى، وكذلك التلقيحات الرجعية – معنويًا – عن القيم المحسوبة على أساس التأثير الهندسى ويؤدى تحويل القيم المشاهدة للأفراد فى حالة الصفات التى تؤثر عليها الجينات بطريقه هندسية إلى لوغاريتمات، إلى أن يصبح توزيع الأفراد قريبًا من التوزيع الطبيعى

وبينما لا يوجد أى ارتباط بين متوسطات أو تباينات الآباء والجيلين الأول والثانى

وعشائر التلقيحات الرجعية فى حالة التأثير الإضافى للجينات .. نجد أن هذه القيم تكون مرتبطة ببعضها، عندما تكون الجينات ذات تأثير هندسى. ويصاحب زيادة المتوسطات زيادة التباينات فى حالة التأثير الهندسى، بينما لا يشترط ذلك فى حالة التأثير الإضافى؛ حيث قد تصاحب زيادة المتوسطات زيادة أو نقص فى التباينات (Brewbaker ١٩٦٤).

يمكن التعرف على طبيعة فعلى الجينات بمقارنة المتوسطات الحسابية arithmetic means والهندسية geometric means المتوقعة لكل من الأبوين، والجيلين الأول والثانى، والتلقيحين الرجعيين مقارنتها مع المتوسط المشاهد لكل عشيرة باستعمال اختبار t.

وتحسب المتوسطات الهندسية (GMs) المتوقعة لمختلف العشائر الوراثية، كما يلى:

$$GMF_1 = \sqrt{\bar{P}_1 \times \bar{P}_2}$$

$$GMF_2 = \sqrt[3]{\bar{P}_1 \times \bar{P}_2 \times 2\bar{F}_1}$$

$$GMB_1 = \sqrt{\bar{F}_1 \times \bar{P}_1}$$

$$GMB_2 = \sqrt{\bar{F}_1 \times \bar{P}_2}$$

هذا . مع العلم بأن الفعل الحسابى للجين يعنى أن تأثير الجينات الفردية على الشكل المظهرى إضافى additive، بينما يعنى الفعل الهندسى للجين أن تأثير الجينات الفردية مُضاعف multiplicative (Powers & Lyon ١٩٤١).

## تعريف مكونات التباين الوراثى وأهمية كل منها

تختلف مسميات مكونات التباين الوراثى باختلاف العلماء اللذين قاموا بوصفها، كما فى جدول (٩-٢).

### التباين الإضافى

يمثل التباين الإضافى additive variance ذلك الجزء من التباين الوراثى الذى ينتج