الباحثان سلالات ذات أصول وراثية متشابهة من ثلاثة أصناف من الطماطم ، هى : فايربول Fireball ، وجاردنر Gardner ، وكورنل ٥٤ - ١٤٩ Cornell 54 - 149 تختلف فى العوامل الوراثية المتحكمة فى صفات النمو المحدود ، والنمو غير المحدود ، والنمو المتقزم ، وعنق الثمرة الخالى من المفصل jointless ؛ ثم قارنا هذه السلالات على مسافات زراعة مختلفة ، وتدل نتائج دراساتهم على أن السلالات المحدودة النمو أنتجت محصولاً أعلى خلال الأسابيع الأربعة الأولى من الحصاد ، ولكن تساوى محصولها الكلى مع محصول السلالات غير المحدودة النمو ، وكان محصول كل منهما أعلى من محصول كل من السلالات المتقزمة والسلالات العديمة المفصل ، كما كان محصول السلالات عديمة المفصل أعلى من محصول السلالات المتقزمة فى الأسبوع الأخير من الحصاد . وقد استجابت السلالات المحدودة النمو لمسافات الزرعة الضيقة بإعطائها محصولا أعلى من السلالات الأخرى ، خاصة فى الأسابيع الثلاثة الأولى من الحصاد . كما أنتجت السلالات غير المحدودة النمو والعديمة العقدة ثمارا أكبر ، ذات محتوى أعلى من المواد الصلبة الذائبة الكلية عما فى السلالات المحدودة النمو فى كل الأصناف ، وفى مسافات الزراعة المستعملة (وهى ١٥ × ١٨٠ سم ، و ٤٥ × ١٨٠ سم) ، ولكن اختلف مقدار الفرق فى حجم الثمار ، ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة باختلاف الصنف . أما السلالات المتقزمة .. فقد أعطت ثماراً أصغر حجما من السلالات غير المتقزمة إلا أن السلالتين تساوتا فى محتواهما من المواد الصلبة الذائبة . وتعنى هذه النتائج .. أن جميع الجينات التى درست كانت ذات تأثير متعدد .

الانعزالات الوراثية

إن الانعزالات الوراثية Genetic Recombinations هى المصدر الرئيسى للاختلافات الوراثية التى يستعملها المربى فى برامج التربية لأجل تحسين النباتات ، كما أنها ترتبط ارتباطا وثيقاً بطريقة التلقيح السائدة فى المحصول ، ولذا .. فإن فهم الأساس الوراثى للعشائر النباتية وكيفية تداولها فى برامج التربية يتطلب إلماما تاماً بكل مايتعلق بالانعزالات الوراثية .

العوامل المؤثرة فى الانعزالات الوراثية

لايحدث أى انعزال وراثى فى أفراد الجيل الأول F_1 generation مادامت الآباء المستخدمة فى التهجين أصيلة وراثيًا فى الصفات التى يراد دراستها، ويؤدى التلقيح الذاتى الطبيعى أو الصناعى إلى إنتاج نباتات الجيل الثانى، وهى التى يبدأ فيها ظهور الانعزالات الوراثية . ويتأثر الانعزال فى هذا الجيل بالعوامل التالية :

١- عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبوان :

يتوقف عدد التراكيب الوراثية المنعزلة فى الجيل الثانى على عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبوان، وهى نفسها عدد المواقع الجينية التى تكون خليطة فى الجيل الأول . ويبين جدول (٣-٢) عدد أنواع الجاميطات التى تنتجها نباتات الجيل الأول ، وعدد الأشكال المظهرية ، والتراكيب الوراثية ، ومجموع نسب التراكيب الوراثية المتوقعة فى الجيل الثانى فى حالتى : السيادة التامة والسيادة غير التامة ، بفرض اختلاف الأبوين فى عدد قدره (ن) من العوامل الوراثية . ويمكن استنباط هذه القوانين بسهولة ، بحساب أعداد ونسب التراكيب الوراثية والأشكال المظهرية عند اختلاف الآباء فى زوج أو زوجين أو ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية . ويتضح من الجداول أن أعداد التراكيب الوراثية المنعزلة المتوقعة فى الجيل الثانى تزيد زيادة كبيرة ، بارتفاع عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبوان (ن) فنجد أنها تكون ٣ فى حالة ن = ١ ، و ٩ فى حالة ن = ٢ ، و ٢٧ فى

جدول (٣-٢) : عدد أنوع الجاميطات التى تنتجها نباتات الجيل الأول ، وعدد الأشكال المظهرية ، والتراكيب الوراثية ، ومجموع نسب التراكيب الوراثية المتوقعة فى الجيل الثانى فى حالتى السيادة التامة والسيادة غير التامة ، بفرض اختلاف الأبوين فى عدد قدرة (ن) من العوامل الوراثية

البيان المطلوب	فى حالة السيادة التامة	فى حالة غياب السيادة والتفوق
عدد أنواع الجاميطات التى تنتجها نباتات الجيل الأول	٢ ن	٢ ن
عدد الأشكال المظهرية المتوقعة فى الجيل الثانى	٢ ن	٣ ن
عدد التراكيب الوراثية الأصيلة المتوقعة فى الجيل الثانى	٢ ن	٢ن
العدد الكلى للتراكيب الوراثية المتوقعة فى الجيل الثانى	٣ ن	٣ن
مجموع نسب التراكيب الوراثية المتوقعة فى الجيل الثانى .	٤ ن	٤ن

حالة ن = ٣ ، و ٨١ في حالة ن = ٤ ، و ٥٩٠٤٩ في حالة ن = ١٠ ، و١٠٤٦٠٢٥٣٢٠٣ في حالة ن = ٢١ .

ويمكن الحصول على نسبة أى تركيب وراثى بسهولة فى الجيل الثانى من المعادلة التالية :

$$\text{نسبة التركيب الوراثى المرغوب فيه} = \frac{٢^{\text{ص}}}{٤^{\text{ن}}}$$

حيث تمثل "س" عدد العوامل الوراثية الخليطة فى التركيب الوراثى المرغوب فيه و "ن" عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبوان .

أما نسبة الأفراد التى تكون ذات شكل مظهرى معين .. فإنها تساوى $\frac{٣^{\text{ص}}}{٤^{\text{ن}}}$

حيث تمثل "ص" عدد الصفات المظهرية السائدة فى الفرد المطلوب سواء أكان أصيلاً ، أم خليطاً فى تركيبه الوراثى عند كل من هذه الصفات ، و تمثل "ن" عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها الأبوان .

٢- عدد أليلات كل جين :

كان الافتراض - فى المناقشة السابقة - أن النبات ثنائى المجموعة الكروموسومية ، وبذا فإن الفرد الواحد لايمكن أن يحتوى على أكثر من أليلين لكل جين ، ولو تعددت أليلات الجين . ولكن الأمر يختلف فى النباتات المتضاعفة ، حيث يمكن أن يزيد عدد الأليلات عند كل موقع جينى ، ويتوقف ذلك على درجة التضاعف ، وعدد الأليلات المتوفرة من كل جين ، ويتبع ذلك .. حدوث زيادة كبيرة فى عدد التراكيب الوراثية الممكنة فى الجيل الثانى ، وياتى شرح ذلك فى الفصل الخاص بالتربية بالتضاعف .

٣- الارتباط بين الجينات :

يؤثر الارتباط بين الجينات - المحمولة على نفس الكروموسوم - على الانعزالات الوراثية التى تظهر فى الجيل الثانى ؛ حيث يؤدى إلى زيادة نسبة التراكيب الوراثية المماثلة للأبوين (التراكيب الأبوية) على حساب التراكيب الوراثية الجديدة (التراكيب العبورية) ويتوقف مقدار التأثير على درجة الارتباط بين الجينات ، وعلى كيفية حمل الجينات المرتبطة معاً على كروموسومات الجيل الأول ؛ أتوجد السائدة معا على كروموسوم ، والمتنحية معا على الكروموسوم الآخر (النظام الازدواجى (AB/ab: coupling) أم تتوزع الأليلات السائدة والمتنحية على الكروموسومين

بالتبادل ؟ (النظام التنافرى (Ab/aB: repulsion)) ، وهو مايتوقف – بطبيعة الحال – على التركيب الوراثى للآباء . ويؤثر الارتباط فى قيمة العبور التى تكون دائما أقل من ٥٠٠ (وهى قيمة العبور فى حالة الانعزال الحر) وتحسب نسبة التراكيب الوراثية الأصلية السائدة AA BB أو المتنحية aa bb فى الجيل الثانى بالمعادلتين التاليتين :

نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة أو المتنحية فى حالة النظام الازدواجى

$$= \frac{١}{٤}(١ - ع)^{٢} .$$

نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة أو المتنحية فى حالة النظام التنافرى

$$= \frac{١}{٤} ع^{٢} .$$

حيث تمثل " ع " قيمة العبور بين الجينين . ويتضح – لدى تطبيق المعادلة – أن نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة لاتختلف بين حالتى التماثل والتنافر ، عندما يكون الانعزال حرا (أى عندما تكون قيمة ع = ٥٠٠) ، بينما تزيد نسبة التراكيب الأصيلة بزيادة قيمة العبور فى حالة النظام الازدواجى ، وتقل فى حالة النظام التنافرى كما فى جدول (٣-٣) . والعبرة من ذلك .. أن الارتباط بين جينين أو أكثر يمكن أن يكون مفيدا إذا وجدت الآليلات المرغوب فيها للجينات المرتبطة فى النظام الازدواجى ، بينما يكون الارتباط معوقا لعمل المربى إذا وجدت الآليلات المرغوب فيها للجينات المرتبطة فى النظام التنافرى .

وعمليا .. يؤدى الارتباط إلى زيادة فرصة ظهور التراكيب الوراثية الأبوية فى الجيل الثانى ، بينما يقلل من فرصة ظهور انعزالات جديدة ، ويتوقف ذلك على شدة الارتباط التى تزيد بانخفاض قيمة (ع) . وقد يكون الارتباط مرغوباً فيه أو غير مرغوب فيه ؛ ففى النباتات غير المستأنسة ، والمحاصيل حديثة العهد بالزراعة .. يقلل الارتباط من احتمالات تحسين المحصول لأنه يقلل من فرصة ظهور تراكيب وراثية جديدة ، قد يستفاد بها فى تحسين المحصول . أما فى النباتات المزروعة – منذ أمد بعيد – فإن الارتباط يكون مرغوباً فيه ، لأنه يحافظ على ثبات التراكيب الوراثية المرغوب فيها .. ويكون الهدف النهائى لأى برنامج للتربية هو جمع الصفات المرغوب فيها معاً ، أى تشجيع الارتباطات بين الجينات المرغوب فيها ، وهو ما يتم بصورة تدريجية .

جدول (٣ – ٣) : نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة AA BB ، أو الأصيلة المتنحية aa bb في حالتي النظام الازدواجي والتنافري عند اختلاف قيمة العبور (ع) .

قيمة العبور (ع)	نسبة التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة، أو الأصيلة المتنحية في الجيل الثاني في حالة النظام الازدواجي (AB/ab)	النظام التنافري (Ab/aB)
٠ر٥٠	٦ر٢٥	٦ر٢٥
٠ر٢٥	١٤ر٠٦	١ر٥٦
٠ر١٠	٢٠ر٢٥	٠ر٢٥
٠ر٠٢	٢٤ر٠١	٠ر٠١
٠ر٠١	٢٤ر٥٠	٠ر٠٠٢٥
ع	$\frac{١}{٤}$ (١ – ع)^{٢}	$\frac{١}{٤}$ ع^{٢}

طرق التعرف على النباتات المرغوب فيها في الأجيال الانعزالية

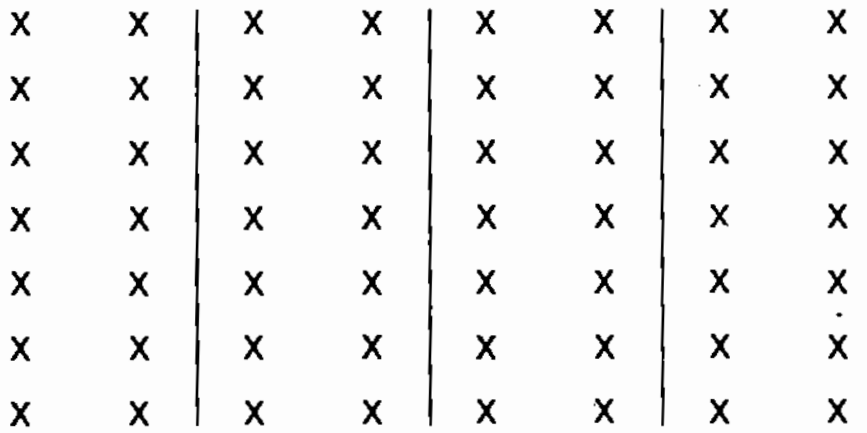
يصعب – أحيانا – تمييز النباتات التي تحتوى على الصفات المرغوب فيها في الأجيال الانعزالية ، حينما يكون تأثر الصفات بالعوامل البيئية كبيراً . ويجرى الانتخاب للصفات المرغوب فيها في هذه الحالة ، بعد مقارنة النباتات مع بعضها ، ويستخدم لذلك أحد نظامين هما :

١– زراعة النباتات في خطوط متوازية ، على مسافات متساوية من بعضها في الخط الواحد grid design ؛ ثم تقسيم الحقل إلى شرائح طولية ، وانتخاب أفضل النباتات في كل شريحة (شكل ٣ – ١ أ) .

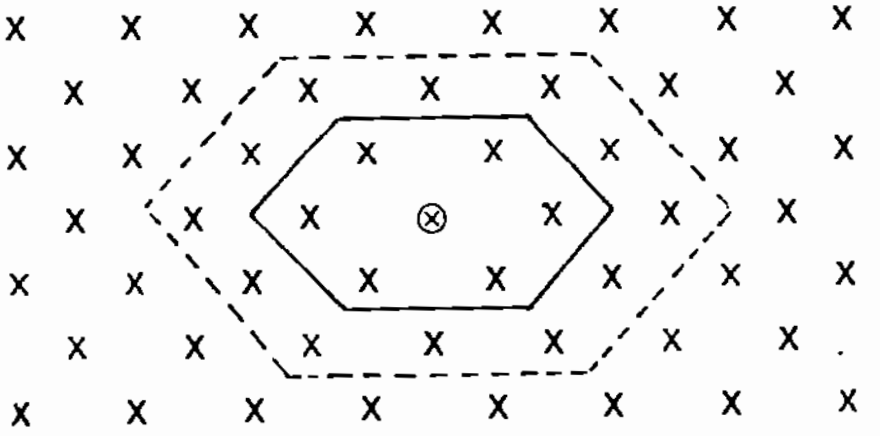
٢– زراعة النباتات على مسافات موحدة من بعضها على أن تكون متبادلة الوضع في الخطوط (زراعة رجل غراب) ، وهو ما يعرف بنظام خلايا نحل العسل honey comb design (شكل ٣–١ ب) لأن كل نبات تحدد قيمته بجعله في مركز شكل مسدس الزوايا والأضلاع (مثل خلية نحل العسل) ، ثم مقارنته بكل نبات آخر داخل هذا

الشكل ، ولايتخب النبات إلا إذا كان فائقاً على النباتات الأخرى التى توجد معه داخل الشكل المسدس . ويمكن زيادة شدة الانتخاب بتوسيع مساحة شكل خلية النحل .

أ



ب



شكل (٣ - ١) : طرق مقارنة النباتات فى الأجيال الانعزالية مع بعضها البعض لانتخاب المتميزة منها :

(أ) طريقة الشرائح الطولية grid design .
(ب) طريقة خلايا نحل العسل honeycomb design (عن Fehr ١٩٨٧) .

حساب الحد الأدنى لعدد النباتات التى تلزم زراعتها ؛ للحصول على التركيب الوراثى المرغوب فيه

يهتم المربى بزراعة عدد كاف من النباتات فى الأجيال الانعزالية ؛ لكى يضمن الحصول على نبات واحد – على الأقل – من التركيب الوراثى المرغوب فيه ، وتستخدم معادلة Mainlane (عن Watts ١٩٨٠) لحساب الحد الأدنى لعدد النباتات التى ينبغى زراعتها كما يلى :

$$N = \log_e F\,(P\,\frac{1}{2})$$

حيث تمثل "N" عدد النباتات التى تلزم زراعتها ، و "P" مقلوب احتمال ظهور التركيب الوراثى المرغوب فيه فى الجيل الانعزالى ، و "F" احتمال المخاطرة بعدم العثور على التركيب الوراثى المطلوب (احتمال الفشل) .. علما بأن لوغاريتم احتمالات الفشل للأساس (e) .. (أى قيمة $\log_e F$) تكون : ٢,٣ ، عندما يكون مستوى احتمال الفشل المسموح به ٠,١ ، و ٢,٩٩٦ عند مستوى احتمال فشل قدره ٠,٠٥ ، و ٤,٦ عند مستوى احتمال فشل ٠,٠١ ، و ٦,٩ ، عندما يكون مستوى احتمال الفشل ٠,٠٠١ .

أما عندما يحتاج المربى إلى عدد أكبر من النباتات من التركيب الوراثى المرغوب فيه .. فإنه يستخدم لذلك معادلات أخرى ؛ مثل معادلة J . R . Sedcole (عن Fehr ١٩٨٧) ، وهى كمايلى :

$$n = \frac{[\,2\,(r - o\,.\,5) + z^2\,(1 - q)\,] + z\,[z^2\,(1 - q)^2 + 4\,(1 - q)\,(r - o\,.\,5)\,]^{\frac{1}{2}}}{2q}$$

حيث تمثل " n " العدد الكلى للنباتات التى يتعين زراعتها ، و "r" العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه ، و "q" نسبة (معدل) ظهورها فى النسل ، و"P" احتمال الحصول على العدد المطلوب منها ، و z قيمة محسوبة تقابل الاحتمال P علماً بأن قيمة z تكون ١,٦٤٥ فى حالة P = ٠,٩٥ ، و ٢,٣٢٦ عند P = ٠,٩٩ .

وتجدر الإشارة إلى أن المعادلتين السابقتين يمكن استعمالهما – كذلك – فى كل الحالات المماثلة ؛ فهما تستخدمان – مثلاً – فى حساب الحد الأدنى لعدد النباتات التى

تلزم زراعتها ؛ للعثور على نبات واحد ، أو عدد معين من النباتات المصابة بمرض ما إذا علمت نسبة إصابة البذور بذلك المرض . وقد استخدم Sedcole معادلة أخرى أكثر دقة وتعقيداً فى التوصل إلى الأرقام المبينة فى جدول (٣-٤) ، وهى أعداد النباتات التى يتعين زراعتها ؛ للعثور على عدد معين من تركيب وراثى مرغوب فيه ، عندما تكون احتمالات ظهورها حسب النسب المبينة فى الجدول (وهى أكثر النسب شيوعاً) ، ومع احتمال قدره ٠,٩٥ أو ٠,٩٩ للحصول على العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه ، ويتبين من الجدول .. أن أعداد النباتات التى يتعين زراعتها تزيد زيادة كبيرة عند خفض احتمال المخاطرة ، بعدم ظهور التركيب الوراثى المرغوب فيه من ٥٪ إلى ١٪ ، وعند انخفاض النسبة المتوقعة لظهور التركيب الوراثى المرغوب فيه ، ومع زيادة العدد المطلوب من النباتات .

.. ويجب أن تؤخذ نسبة إنبات البذور فى الحسبان عند حساب عدد البذور التى يتعين زراعتها . ويحسب عدد البذور التى تلزم زراعتها بقسمة العدد المحسوب من النباتات (بواسطة المعادلات) على نسبة إنبات البذور .

اختبار مربع كاى

يستخدم اختبار مربع كاى فى المجالات التالية :

١- لمطابقة النسب المشاهدة للانعزالات الوراثية مع النسب المتوقعة .

٢- لاختبار مدى استقلالية النتائج المشاهدة ؛ مثل اختبار ما إذا كانت نسب النباتات المصابة ، وغير المصابة بمرض ما تختلف - أو لاتختلف - جوهرياً فى مجموعة من الأصناف .

٣-لاختبار إن كانت مجموعة من العينات تنتمى إلى عشيرة واحدة ، أم لا .

استخدام اختبار مربع كاى فى مطابقة نسب الانعزالات الوراثية المشاهدة على النسب المتوقعة :

يستخدم اختبار مربع كاى (كا^2 X^2 ، أو chi square test) فى معرفة إن كانت النسب أو القيم المشاهدة للانعزالات الوراثية هى حقيقة مشابهة للنسب المندلية أو القيم المتوقعة ، ويحصل على مربع كاى عن طريق إيجاد الانحراف للقيم المشاهدة عن المتوقعة

جدول (٣-٤) : الحد الأدنى لعدد النباتات التى تلزم زراعتها فى العشائر الانعزالية ؛ حتى يمكن الحصول منها على عدد معين من نباتات ذات تركيب وراثى مرغوب فيه ، عند اختلاف النسبة المتوقعة لظهورها فى العشيرة . واختلاف احتمالات النجاح الإحصائية ، المتوقعة لتحقيق ذلك .

عدد النباتات التى يجب زراعتها عندما يكون عدد النباتات المطلوبة من التركيب الوراثى المرغوب فيه (ن) كما يلى :

$(أ)_p$	$(ب)_q$	١	٢	٣	٤	٥	٦	٨	١٠	١٥
٠,٩٥	$\frac{١}{٢}$	٥	٨	١١	١٣	١٦	١٨	٢٣	٢٨	٤٠
	$\frac{١}{٣}$	٨	١٣	١٧	٢١	٢٥	٢٩	٣٧	٤٤	٦٢
	$\frac{١}{٤}$	١١	١٨	٢٣	٢٩	٣٤	٤٠	٥٠	٦٠	٨٤
	$\frac{١}{٨}$	٢٣	٣٧	٤٩	٦٠	٧١	٨٢	١٠٣	١٢٣	١٧٢
	$\frac{٠١}{١٦}$	٤٧	٧٥	٩٩	١٢٢	١٤٤	١٦٦	٢٠٨	٢٤٨	٣٤٧
	$\frac{١}{٣٢}$	٩٥	١٥٠	٢٠٠	٢٤٦	٢٩١	٣٣٤	٤١٨	٥٠٠	٦٩٧
	$\frac{١}{٦٤}$	١٩١	٣٠٢	٤٠١	٤٩٤	٥٨٤	٦٧١	٨٣٩	١٠٠٢	١٣٩٧
٠,٩٩	$\frac{١}{٢}$	٧	١١	١٤	١٧	١٩	٢٢	٢٧	٣٢	٤٥
	$\frac{١}{٣}$	١٢	١٧	٢٢	٢٧	٣١	٣٥	٤٤	٥٢	٧١
	$\frac{١}{٤}$	١٧	٢٤	٣١	٣٧	٤٣	٤٩	٦٠	٧٠	٩٦
	$\frac{١}{٨}$	٣٥	٥١	٦٤	٧٧	٨٩	١٠١	١٢٤	١٤٦	١٩٨
	$\frac{١}{١٦}$	٧٢	١٠٤	١٣٢	١٥٨	١٨٢	٢٠٦	٢٥٢	٢٩٦	٤٠٢
	$\frac{١}{٣٢}$	١٤٦	٢١٠	٢٦٦	٢١٨	٢٦٨	٣١٦	٥٠٨	٥٩٧	٨٠٩
	$\frac{١}{٦٤}$	٢٩٣	٤٢٣	٥٣٥	٦٤٠	٧٣٩	٨٣٥	١٠٢٠	١١٩٨	١٦٢٣

(أ) p = احتمال الحصول على العدد المطلوب من النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه .

q = نسبة ظهور النباتات ذات التركيب الوراثى المرغوب فيه فى الجيل الانعزالى .

لكل حد من حدود النسبة ، ثم تربيع كل انحراف ، وقسمته على القيمة المتوقعة لحده ، ثم جمع هذه القيم مع بعضها ؛ فيكون حاصل الجمع هو مربع كاى .. أى إن :

$$\text{مجموع مربع كاى} = \text{مجموع} \left[\frac{(\text{المشاهد} - \text{المتوقع})^{2}}{\text{المتوقع}} \right]$$

ويحدد بعد ذلك احتمال حدوث مثل هذه القيمة من جدول توزيع مربع كاى (جدول ٣ -٥) عند العدد المناسب لدرجات الحرية (وهو يساوى عدد فئات الأشكال المظهرية المنعزلة -١) فلو فرض - مثلاً - إن كانت قيمة مربع كاى لصفة بسيطة فى الجيل الثانى هى ٠,٣٢٢ فعلى أى شئ تدل هذه القيمة ؟ ، وكيف نحدد إن كانت النسبة المشاهدة هى حقيقة تمثل النسبة ٣ : ١ . يلاحظ من جدول توزيع مربع كاى أن قيمة ٠,٣٢٢ لدرجة حرّية تساوى واحد ، تقع بين القميتين ٠,١٦ لاحتمال ٠,٩٠ ، ٠,٤٥٥ لاحتمال ٠,٥٠ أى إن قيمة مربع كاى المحسوبة تقع بين درجتى احتمال ٥٠٪ و ٩٠٪ . ويعنى ذلك أن إعادة هذه التجربة سينتج انحرافات ترجع إلى الصدفة تشابه - فى كبرها - الانحرافات المشاهدة - غالبا - أقل من مرة فى الخمسين ، ولكنها - غالبا - تكون أكبر من مرة فى التسعين ، وبذا .. يمكن اعتبار أن هذا الانحراف المشاهد يرجع إلى العينة أو إلى المصادفة ، وبمعنى آخر .. فإن هذا الانحراف غير معنوى . وعادة ما تفسر النتائج حسب موقع مجموع مربع كاى من الاحتمالات فى جدول توزيع مربع كاى على النحو التالى :

١- إذا كانت درجة الاحتمال ٠,٠٥ (أى ٥٪) أو أقل .. فإن ذلك يعنى أن النتائج المتحصل عليها غير مطابقة للنظرية الفرضية المقترحة ، وأن الانحرافات المشاهدة تعد انحرافات معنوية ، لاترجع إلى المصادفة فقط ، كما تعد النظرية الفرضية غير مرضية .

٢- إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من ٠,٠٥ ، حتى ٠,٩٠ فإن ذلك يعنى إن الانحرافات المشاهدة غير معنوية ، وأنها ترجع إلى المصادفة وحدها ؛ وبذا تكون النظرية الفرضية التى حسبت القيم المتوقعة على أساسها متفقة مع النتائج أو القيم المشاهدة .

٣- إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من٠,٩٠ ، حتى ٠,٩٥ فإن ذلك يعنى وجود تقارب

شديد غير طبيعى بين النتائج المشاهدة والنظرية الفرضية .

٤- أما إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من ذلك .. فإن ذلك يثير الشك حول النتائج فى احتمال وجود تحيز بوعى ، أو دون وعى لمطابقة النتائج المشاهدة مع النظرية الفرضية .

جدول (٣ - ٥) : جدول توزيع مربع كاي

درجات الحرية	الاحتمال							
	0.99	0.95	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.0002	0.004	0.46	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64
2	0.020	0.103	1.39	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21
3	0.115	0.35	2.37	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34
4	0.30	0.71	3.36	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28
5	0.55	1.14	4.35	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09
6	0.87	1.64	5.35	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81
7	1.24	2.17	6.35	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48
8	1.65	2.73	7.34	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09
9	2.09	3.32	8.34	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67
10	2.56	3.94	9.34	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21
11	3.05	4.58	10.34	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72
12	3.57	5.23	11.34	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22
13	4.11	5.89	12.34	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69
14	4.66	6.57	13.34	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14
15	5.23	7.26	14.34	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58
16	5.81	7.96	15.34	20.46	25.54	26.30	29.63	32.00
17	6.41	8.67	16.34	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41
18	7.02	9.39	17.34	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80
19	7.63	10.12	18.34	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19
20	8.26	10.85	19.34	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57
21	8.90	11.59	20.34	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93
22	9.54	12.34	21.34	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29
23	10.20	13.09	22.34	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64
24	10.86	13.85	23.34	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98
25	11.52	14.61	24.34	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31
26	12.20	15.38	25.34	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64
27	12.88	16.15	26.34	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96
28	13.56	16.93	27.34	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28
29	14.26	17.71	28.34	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59
30	14.95	18.49	29.34	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89

ويعنى اتخاذ درجة الاحتمال ٠,٠٥ كأساس لقياس مطابقة النتائج المشاهدة مع النظرية الفرضية أن فرصة رفض نظرية صحيحة لاتزيد على ٥٪ ، بينما لاتزيد فرصة رفض نظرية صحيحة على ١٪ إذا اتخذت درجة احتمال ٠,٠١ كأساس .. فإنه توجد فى هذه الحالة فرصة أكبر لقبول نظرية غير صحيحة .

وتجب مراعاة الأمور التالية عند تطبيق اختبار مربع كاى .

١- لايكون الاختبار حساساً للعينات الصغيرة ؛ فمثلا .. يكون الانحراف عن النسبة ١:١ غير مقبول ، حسب اختبار مربع كاى ، إذا كانت النسبة المشاهدة ٢ : ٣ ، بينما يكون مقبولا إذا كانت النسبة المشاهدة ٢٠ : ٣٠ ، ويمكن القول .. إنه لايمكن تطبيق الاختبار - بدقة - على التوزيعات التى يقل فيها عدد الأفراد عن خمسة أفراد فى أى من الفئات .

٢- يزيد احتمال جوهرية النتائج كلما قرب الفرق المتوقع بين النسب ، فمثلاً .. يحتاج الاختبار إلى عينة أصغر حجما ، عندما يكون الانعزال بنسبة ١ : ١ عما لو كان بنسبة ١٥ : ١ .

٣- لايمكن تطبيق اختبار مربع كاى - بدقة - على النسب المئوية ، أو النسب المأخوذة من تكرارات عددية ، ولكن الاختبار يطبق على التكرارات العددية ذاتها ، فمثلا .. إذا شوهد فى تجربة سبعة أفراد من طراز معين ، وواحد وعشرون فرداً من الطراز الآخر .. فإنه لايكون من العدل إعادة حساب هذه القيم إلى نسب مئوية مثل ٢٥٪ للطراز الأول ، و٧٥٪ للطراز الثانى ، ثم بعد ذلك .. يطبق اختبار مربع كاى لهذه النسب المئوية التى تفترض أن المورد يتكون من مئة فرد ، بينما لايوجد - حقيقة - فى هذه التجربة سوى ٢٨ فردا ، وبالمثل .. فإن من الخطأ إعادة حساب القيمة المشاهدة ، تبعاً للنسبة ٣ : ١ مثلا ، ثم اختبار هذه النسبة بمربع كاى بعد ذلك (طنطاوى وحامد ١٩٦٣ ، Whitehouse ١٩٧٣ ، Little& Hills ١٩٧٨) .

استخدام مربع كاى فى اختبار إن كانت مجموعة من العينات تنتمى إلى عشيرة واحدة أم لا :

يستخدم اختبار مربع كاى كذلك لدى مقارنة عشيرتين أو أكثر ، تقسم فيها الأفراد

إلى فئات نوعية ؛ فمثلا يجرى الاختبار عند مقارنة عشيرتين من محصول ما لمعرفة إن كانتا متشابهتين أم مختلفتين فى نسبة إصابتها بمرض ما . ويجرى الاختبار على اعتبار أن العشيرتين توجد بهما نفس درجة الإصابة بالمرض ؛ أى إنهما يجب أن يتشابها فى نسبة النباتات المصابة بكل منهما ؛ فيحسب العدد المتوقع للنباتات المصابة فى كل من العشيرتين (أ ، و ب) على أساس أنهما سيكونان بنفس النسبة التى توجد فى المجموع الكلى كما يلى :

العدد المتوقع للنباتات المصابة من العشيرة أ =

$$\frac{\text{العدد الكلى للنباتات المصابة فى العشيرتين} \times \text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرة أ}}{\text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرتين}}$$

العدد المتوقع للنباتات المصابة من العشيرة ب =

$$\frac{\text{العدد الكلى للنباتات المصابة فى العشيرتين} \times \text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرة ب}}{\text{العدد الكلى للنباتات المختبرة من العشيرتين}}$$

ويلى ذلك .. حساب العدد المتوقع للنباتات غير المصابة من العشيرتين ؛ بحساب الفرق بين العدد الكلى المختبر ، والعدد المتوقع المصاب فى كل منهما ، ثم يحسب مربع كاى لأربع مجموعات من الأرقام المشاهدة والمتوقعة (تساوى دائما عدد العشائر المختبرة × عدد الفئات بكل عشيرة) ، ويجمعها معاً .. نحصل على مجموع مربع كاى . ويحدد – بعد ذلك – احتمال حدوث هذه القيمة من جدول توزيع مربع كاى عند العدد المناسب من درجات الحرية . ويحسب عدد درجات الحرية المناسب من المعادلة التالية :

عدد درجات الحرية = (عدد العشائر المختبرة – ١) × (عدد الفئات بكل عشيرة –١)

أى يكون عدد درجات الحرية فى هذا المثال : (٢ –١) × (٢ – ١) = ١

ويعد احتمال ٠,٠٥ هو الحد الفاصل بين قيم مربع كاى الجوهرية (الأعلى من ٠,٠٥) وغير الجوهرية (٠,٠٥ أو أقل) وتدل القيم الجوهرية على أن العشيرتين مختلفتان وراثيا – عن بعضهما . أما القيم غير الجوهرية .. فتدل على أن العشيرتين

متشابهتان فى درجة مقاومتهما للمرض ، وأن فرقا بينهما – بالقدر المشاهد ، أو أكبر منه – لايتوقع حدوثه بالمصادفة ، إلا فى ٥٪ أو أقل من الحالات المشابهة (Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

ولمزيد من التفاصيل عن استعمالات اختبار مربع كاى .. يراجع أحد مراجع الإحصاء ؛ مثل LeCLerg (١٩٦٢) ، و Snedecor & Cochran (١٩٦٧) ، و Little & Hills (١٩٧٨) ، و Gomez & Gomez (١٩٨٤) .

تأقلم العشائر النباتية على البيئة

يعنى تأقلم الصنف أو العشيرة قدرتها على النمو والإزهار والإثمار – بشكل جيد فى ظروف بيئية معينة ، وهو مايعنى قدرتها على إنتاج محصول جيد تحت هذه الظروف . ويرجع التأقلم إلى أحد أمرين ، هما كما يلى :

١– قدرة كل فرد – على حدة – فى العشيرة على التأقلم مع الظروف البيئية السائدة وهو مايعرف باسم التنظيم الفردى Individual Buffering وتوجد هذه الحالة فى العشائر التى يتماثل جميع أفرادها فى تركيبها الوراثى ؛ مثل السلالات النقية والهجن ، والسلالات الخضرية ، ويطلق على هذا النوع من التأقلم اسم Developmental Homeostasis .

٢– قدرة العشيرة – مجتمعة – على التأقلم مع الظروف البيئية السائدة ، وهو ما يعرف باسم تنظيم العشيرة Population Buffering وتوجد هذه الحالة فى العشائر التى تتميز بوجود اختلافات بين أفرادها فى التركيب الوراثى ، مثل الهجن الزوجية فى الذرة ، والأصناف الناجحة من المحاصيل الخلطية التلقيح التى تكثر بالتلقيح الخلطى الطبيعى . وتتميز هذه العشائر بأن أفرادها تكون ذات تراكيب وراثية مختلفة ، يصلح كل منها لظروف معينة ، رغم أنها تعطى نفس الشكل المظهرى للصفات الاقتصادية الهامة ، كما تتمكن التراكيب الوراثية المتباينة من استغلال مساحة الأرض ، دون أن تبقى فراغات بين النباتات ؛ مما يسمح بالاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية الحادثة ، ويطلق على هذا النوع من التأقلم اسم Genetic Homeostasis ، وتكون العشائر – فى هذه الحالة – عرضة للانتخاب الطبيعى .