كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثانية**

المادة : وراثة نباتية

المحاضرة : الثامنة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

مورّثات تراكميّة الأثر - الصّفات الكمية (Quantitative Traits)

إنّ أحد الأسباب الرئيسة لنجاح العالم ماندل في دراساته الوراثيّة التي أدّت إلى اكتشاف المبادىء الأساسيّة في علم الوراثة هو اختياره للصّفات ذات التّضادّ الحادّ أو الواضح التي يسهل التّمييز بين اختلافاتها، وتسمّى مثل هذه الصّفات بالصّفات الوصفيّة Qualitative Traits .

على العكس من ماندل فقد أجرى الباحث غالتون Galton دراسته على صفات غير واضحة التّضاد، مثل الطّول الّذي يتغيّر باستمرار، ويصعب فيها تمييز الاختلافات بين الأفراد، وتسمّى مثل هذه الصّفات بالصّفات الكميّة Quantitative Traits، ولم يوفّق لوضع تفسير لهذه الاختلافات حيث افترض حدوث اختلاط أو امتزاج وراثي لتفسير تدرّج الصّات الكميّة، وكان كلّ من العالمين جوهانسون ١٩٠٣، ونلسون إيل ١٩٠٨م، من الأوائل الّذين استطاعوا تفسير التّغيّرات المستمرة للصّفات الكميّة استناداً إلى فرضيّات ماندل، من خلال أبحاث أجريت على بعض صفات متدرّجة بالنّباتات مثل: وزن حبوب الفول، عدد صفوف الحبوب في عرانيس الذّرة ولون الحبوب في القمح، وقد اقترح هذان العالمان فرضيّة العامل المتعدّد والتي تنصّ على أنّ الصّفات الكميّة تنتج من الفعل التّراكمي لعدد من المورّثات المختلفة المستقلّة في انتقالها أي تنتج الصّفات الكميّة عن تأثير تجميعي لعدّة مورثات.

وبعد أن فهمنا أصل كل نوع من الصفات، يمكن تلخيص الفروقات الجوهرية بينهما في النقاط التالية

الصّفات الوصفيّة Qualitative Traits	الصّفات الكميّة Quantitative Traits
مسؤول عنها زوج واحد من المورّثات المتقابلة. أو زوجين من المورّثات في مواقع مورثية مختلفة عند (التّفاعل بين المورّثات).	مسؤول عنها عدّة أزواج من المورّثات **تتضافر تأثيراتها**
ذات تضاد حادّ للصّفات أي الفرق بين الصّفات النّاتجة واضح (Discontinuous)، وبالتّالي يسهل التّمييز بين الأنماط الظّاهريّة المختلفة.	الاختلافات مستمرّة بالصّفات النّاتجة (Continuous)، وبالتّالي يصعب التّمييز بين الأنماط الظّاهريّة المختلفة بحال التّغيّرات الطّفيفة. ومن الممكن التّمييز ببعض الحالات كالطّول أو لون البشرة الأبيض والأسمر.
يمكن تطبيق قانون ماندل عليها من حيث سيادة أحد النّمطين الظّاهريين الأبويين في الجيل الأوّل ونسبة افتراقهما في الجيل الثّاني. مع وجود استثناء كلون الأزهار بحالة السّيادة غيرالتّامة.	لا يمكن تطبيق قانون ماندل عليها من حيث سيادة أحد النّمطين الظّاهريين الأبويين في الجيل الأوّل ونسبة افتراقهما في الجيل الثّاني.
لا تُبدي ظروف الوسط الخارجي تأثيراً واضحاً فيها	تؤثّر ظروف الوسط الخارجي إلى حدّ كبيرفي ظهور التّغيّرات المستمرّة لها.
يظهر تعبير المورّثة السّائدة (بحال السّيادة التّامة) في كلّ الأفراد الحاملة لها لأنّ نفاذيّتها كاملة ١٠٠٪.	يختلف تعبير المورّثات عن نفسها في النّمط الظّاهري للأفراد ذات التّركيب الوراثي الواحد لأنّ شدّة نفاذيّتها مختلفة.

نفاذيّة المورّثة Penetrance

إنّ قدرة مورّثة ما على التّعبير عن نفسها، وبالتّالي إعطاء الصّفة الموافقة تتعلّق أحياناً بعدد آخر من المورّثات من جهة، وبتوفّر الشروط البيئيّة المحيطة الملائمة من جهة أخرى، ولذلك لا يكفي وجود المورّثة في فرد ما لتعبّر عن نفسها ولإعطاء الصّفة أحياناً، فهناك نفاذيّة تامّة للمورّثات حيث تعبر المورّثة عن نفسها في كلّ الأفراد الحاملة لها، ونفاذيّة غير تامّة حيث تظهر الصّفة الناتجة عن وجود المورّثة في جزء فقط من الأفراد الحاملة لها، وبالتّالي يكون تعريف نفاذيّة المورّثة: النّسبة المئويّة من الأفراد الذين يملكون المورّثة ويتمكّنون من الوصول للنّمط الظّاهري الموافق لها.

كيف يتمّ التّعبير عن الصّفات الكمّيّة، وكم مورّثة مسؤولة عن الصّفة الظّاهريّة النّاتجة؟

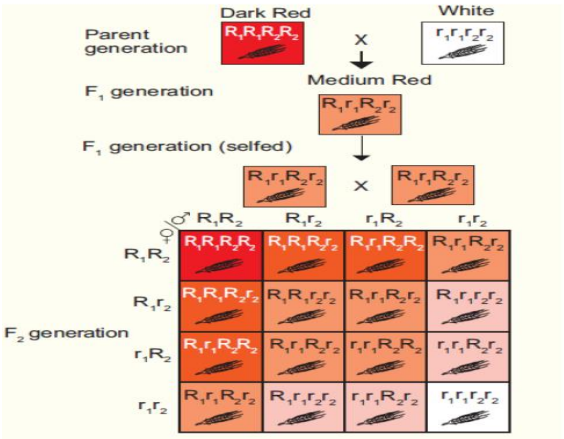
إنّ المسؤول عن ظهور صفة كميّة واحدة هو عدّة أزواج مختلفة من المورّثات، وتشغل مواقع مورّثيّة مختلفة على أزواج صبغيّة متعدّدة، وتكون هذه المورّثات متساوية في السّيادة فيما بينها، وذات انتقال مستقلّ عن بعضها، ويكون النّمط الظّاهريّ للصّفة الكميّة ناتجاً عن تراكم أو تجمّع التّأثيرات الصّغيرة والمتساوية للمورّثات السّائدة المتعدّدة، هي صفات قابلة للقياس، وتتأثّر هذه الصّفات بشكل كبير بالظّروف البيئيّة المحيطة.

دراسة حالة عن صفة كمّيّة - تجارب نيلسون إيل على لون حبوب القمح

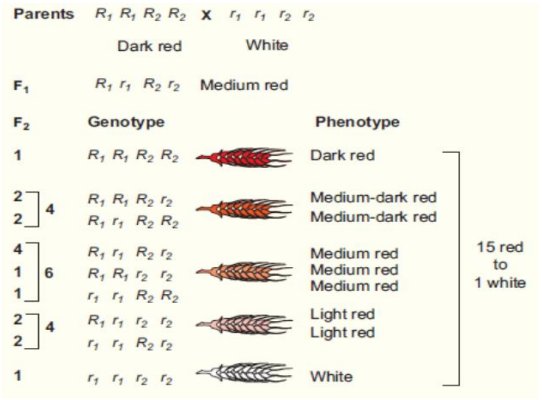
عند إجراء عدّة تجارب مختلفة كلّ تجربة تمّ فيها التّهجين بين سلالتين صافيتين من القمح، الأولى بيضاء الحبوب، والثّانية حمراء الحبوب، كانت أفراد الجيل الأوّل (بكلّ التّجارب) متوسّطة الاحمرار، وعند إجراء التّلقيح الذّاتي بين أفراد الجيل الأول ظهرت نسب انفصال مختلفة لأفراد الجيل الثّاني في كلّ تجربة، أي:

- التجربة الأولى: أفراد الجيل الأوّل متوسّطة الاحمرار ممّا يشير إلى هجونة من نمط سيادة غير تامة.

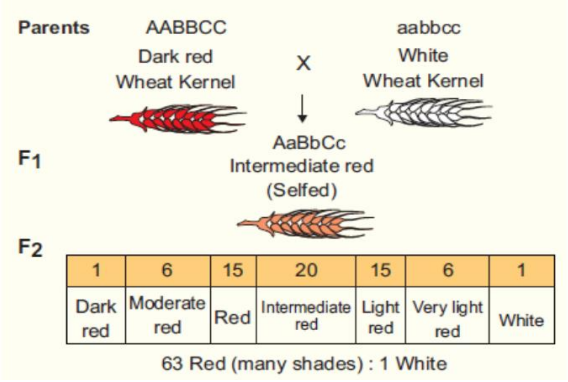
وأفراد الجيل الثّاني النّاتج عن التلقيح الذّاتي للجيل الأوّل متوسّط الاحمرار توزّعت 265 نبات أحمر الحبوب، و71 نبات أبيض الحبوب، أي النّسبة تقريباً 3:1، أي تتشابه نتائج الجيل الثّاني مع نسبة انفصال الهجونة الأحادية.



- التّجربة الثّانية: التزاوج أيضاً بين سلالتين بيضاء الحبوب* حمراء الحبوب ولكن السّلالة الحمراء سلالة ثانية غير المستخدمة بالتجربة الأولى، وكانت أفراد الجيل الأوّل متوسّطة الاحمرار، وأفراد الجيل الثّاني النّاتج عن التلقيح الذّاتي للجيل الأوّل متوسّط الاحمرار توزّعت بنسب 15 أحمر إلى 1أبيض.



وبالتّالي نسب انفصال التّجربة الثّانية تتشابه مع نسبة الهجونة الثّنائيّة الماندليّة، أي عندما يكون لدينا الاختلاف بزوجين من المورّثات المتقابلة.



- وبتجارب أخرى كانت نسبة الانفصال 55 أحمر : 1 أبيض، أي قريبة جدّاً من النّسبة الخاصّة بالهجونة الثّلاثيّة (1:63)، والتي تظهر عندما يكون الاختلاف بثلاثة أزواج من المورّثات المتقابلة.

- ويجب الإشارة لوجود تجارب لم يتمّ العثور بها على الحبوب البيضاء، ولم تكن الحبوب الحمراء بالكثافة اللونيّة نفسها.

ما هو تفسير نتائج التّجارب المختلفة لتهجين سلالة قمح أبيض مع سلالة قمح أحمر؟

يمكن تفسير نتائج هذه التّجارب بافتراض أنّ صفة اللون الأحمر لحبوب القمح تنتج عن العمل التّراكميّ لعدد كبير من المورّثات المختلفة ($R_1R_2R_3.....R_n$) السّائدة على المورّثات المقابلة لها والمسؤولة عن اللون الأبيض ($r_1r_2r_3...r_n$)، وأنّ وجود مورّثة واحدة سائدة في التّركيب الوراثي للفرد يكون كافياً لإعطاء اللون الأحمر للحبوب، ولكن كلّما ازداد عدد المورّثات السّائدة كان اللون الأحمر أكثر كثافة، أمّا اللون الأبيض فينتج فقط في حالة تشابه اللواقح للمورّثات المتنحيّة.

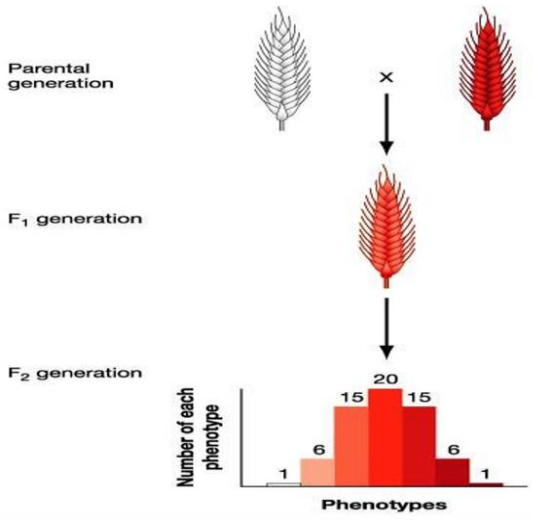
يمكن تفسير ظهور النّسبة 3:1 في التّهجين الأوّل باختلاف السّلالتين بزوج واحد من المورّثات المتقابلة، وبالتّالي يكون النّمط الوراثي للسّلالة ذات الحبوب البيضاء($r_1r_1\ r_2r_2\ r_3r_3...r_n$)، والنّمط الوراثي للسّلالة ذات الحبوب الحمراء($R_1R_1\ r_2r_2\ r_3r_3...r_n$)، ولأفراد الجيل الأوّل ($R_1r_1r_2r_2\ r_3r_3...r_n$)، أو اختصاراً ($R_1r_1$)، بعد إهمال المورّثات المتنحيّة المشتركة بين السّلالتين، ويكون النّمط الظاهري لهذه الأفراد متوسّطة الحمرة، وتعطي في الجيل الثّاني الأنماط الوراثيّة (1 R_1R_1 + 2 R_1r_1+ 1 r_1r_1) ذات الأنماط الظّاهريّة (1 أحمر قوي + 2 أحمر متوسّط + 1 أبيض).

أمّا النّسبة 15:1 في التّجربة الثّانية فيُفسّر بالاختلاف في زوجين من المورّثات وبالتّالي يكون النمط الوراثي للسلالة ذات الحبوب الحمراء ($R_1R_1\ R_2R_2$)، وللسّلالة ذات الحبوب البيضاء ($r_1r_1\ r_2r_2$)، ويكون التّركيب الوراثي لأفراد الجيل الأوّل ($R_1r_1\ R_2r_2$) ونمطها الظّاهري أحمر متوسّط، وتتوزّع التراكيب الوراثيّة السّتة عشر في الجيل الثّاني بالشّكل الآتي:

Gametes	R1R2	R1r2	r1R2	r1r2
R1R2	R1R1R2R2 أحمر غامق	R1R1R2r2 أحمر قوي	R1r1R2R2 أحمر قوي	R1r1R2r2 أحمر متوسط
R1r2	R1R1R2r2 أحمر قوي	R1R1r2r2 أحمر متوسط	R1r1R2r2 أحمر متوسط	R1r1r2r2 أحمر فاتح
r1R2	R1r1R2R2 أحمر قوي	R1r1R2r2 أحمر متوسط	r1r1R2R2 أحمر متوسط	r1r1R2r2 أحمر فاتح
r1r2	R1r1R2r2 أحمر متوسط	R1r1r2r2 أحمر فاتح	r1r1R2r2 أحمر فاتح	r1r1r2r2 أبيض

أي بوجود أربع مورّثات سائدة نحصل على أحمر غامق، وبوجود ثلاث مورّثات سائدة نحصل على أحمر قوي، وبوجود مورّثتين سائدتين نحصل على أحمر متوسّط، وبوجود مورّثة واحدة سائدة نحصل على أحمر فاتح، وبحال كلّ المورّثات متنحيّة ينتج أبيض.

إذاً تتدرّج ألوان حبوب الجيل الثّاني من اللون الأحمر الغامق 1/16، إلى الأحمر القوي 4/16، إلى الأحمر المتوسّط 6/16، إلى الأحمر الفاتح 4/16، إلى الأبيض 1/16، ونلاحظ وجود تناسب طردي بين عدد المورّثات السّائدة المسؤولة عن اللون الأحمر والكثافة اللونيّة.



وتُفسّر النّسبة 55:1 بالاختلاف في ثلاثة أزواج من المورّثات المتقابلة، وينتج في الجيل الثّاني 64 تركيباً وراثيّاً يتراوح فيها عدد المورّثات السّائدة بين 0 - 6، ويكون احتمال ظهور الحبوب البيضاء 1/64 أمّا الأنماط الظّاهريّة للون الأحمر63/64 فتتوزّع على ست درجات لونيّة.

عدد التراكيب	عدد الجينات السائدة	النمط الظاهري
1	6	أحمر غامق جداً
6	5	أحمر غامق
15	4	أحمر قوي
20	3	أحمر متوسط
15	2	أحمر فاتح
6	1	أحمر باهت
1	0	أبيض

المجموع: 63 أحمر : 1 أبيض

وبحال ازداد عدد أزواج المورّثات ذات التأثير التّراكمي يزداد عدد الأنماط الظّاهريّة الانتقاليّة بين نمطي الأبوين، ويتناقص احتمال ظهور الطّابع الظّاهري للأب المتنحي وللأب السّائد الصّافي، وهذا ما يفسّر عدم العثور على الحبوب البيضاء في بعض التّجارب، حيث يحدث **ظاهرة الانعزال التّجاوزي**: وهي الزّيادة أو النّقص في ظهور الصّفة الكميّة الأبوية عند أفراد الجيل الثّاني نتيجة تجمّع المورّثات المتعدّدة ذات التأثير التّراكمي.

الوراثة السّيتوبلاسميّة (Cytoplasmic Inheritance)

إنّ الفكرة المحوريّة في الوراثة السّيتوبلازميّة هي التّفاعل الدّيناميكي والتّبادلي بين الـ DNA النّووي والبيئة السّيتوبلازمية، حيث لا تعمل الجينات النّووية (المورّثات على DNA) بمعزل عن محيطها الخلويّ، بل إنّ تعبيرها ووظيفتها يتحدّدان بشكل جوهريّ من خلال التّفاعل مع المكونات السّيتوبلازمية المحيطة، وتشكّل المتعضّيات التي تملك الـ DNA الخاصّ بها وهي الميتوكوندريا والبلاستيدات مع السّيتوبلازم المحيط بيئة خلويّة فريدة يمكنها تعديل، تنظيم، أو حتى تحويل تأثير الجينات النّووية نفسها، وهذا ما يعنيه **أنّ نمطاً وراثياً معيناً قد يؤدّي وظيفته بشكل مختلف في سيتوبلازم مختلف**، فمجموعة جينات نوويّة متطابقة يمكن أن تُنتج نمطاً ظاهرياً طبيعياً في سيتوبلازم داعم، بينما قد تنتج نمطاً شاذاً أو حتى غير قابل للحياة في سيتوبلازم غير متوافق، يظهر هذا جلياً في ظواهر مثل العقم الذّكري السّيتوبلازميّ (CMS) في المحاصيل، حيث تعمل جينات الميتوكوندريا الطّافرة بشكل مدمّر على تطوير حبوب اللقاح فقط في خلفية نوويّة محددة، بينما تكون حميدة في خلفية نوويّة أخرى، هذه العلاقة التّبادلية المتغيّرة هي التي تمنح الوراثة السّيتوبلازمية طابعها الفريد وغير الماندلي.

ويختلف التّوريث غير الماندليّ (السّيتوبلاسميّ) عن التّوريث الماندليّ (النّوويّ) في عدّة أمور (موضّحة بالجدول)، قد يكون أهمّها عدم تماثل الأبناء النّاتجة عن تهجينات متبادلة، ويعود ذلك إلى أنّ المساهمة السّيتوبلاسميّة للأب المؤنّث عن طريق البويضة تكون أكبر من مساهمة الأب المذكّر، وبالتّالي تختلف نتائج التّهجين بين:

أب مؤنث AA * أب مذكّر BB وبين أب مؤنّث BB * أب مذكّر AA

ممّا يثبت تأثير سيتوبلاسما الأب المؤنّث **وذلك لأنّ البويضة غزيرة بالسّيتوبلاسما**، والنّمط الوراثي للنّبات الأمّ هو الذي يحدد النّمط الظاهري لجميع النّسل النّاتج، ويُعرف ذلك بالتّوريث السّيتوبلازميّ الأموميّ Maternal cytoplasmic inheritance.

	التّوريث الماندلي (النّووي)	التّوريث السّيتوبلازمي (اللانووي)
موقع الجينات	كروموسومات النّواة	الميتوكوندريا (mtDNA) والبلاستيدات الخضراء(cpDNA)
آليّة الانتقال	عبر الأمشاج (٥٠٪ من كل والد)	وراثة أموميّة في معظم النّباتات أي أحاديّ الوالد
قوانين الوراثة	يتبع قوانين ماندل (الانعزال والتوزيع المستقل)	لا يتبع قوانين ماندل
النّسب الظّاهريّة	نسب محدّدة يمكن التّنبّؤ بها 3:1، 9:3:3:1	لا توجد نسب محددة، أنماط ظاهرية غير قابلة للتنبؤ
التّأثير البيئيّ	تأثير محدود نسبيّاً على النّمط الظّاهريّ	تأثير كبير، إذ تقع المتعضّيات في السّيتوبلازم المتأثّر بشكل مباشر بالبيئة
معدّل الطّفرات	منخفض نسبياً (بسبب آليّات إصلاح فعّالة)	أعلى بمقدار ١٠-١٠٠ مرة
توزيع الصّفات في الأبناء	متساوي ومنتظم بين الأخوة	غير متساوٍ ظاهرة الفسيفساء أو التّوزيع العشوائيّ
التّهجين المتبادل	يعطي نفس النتائج $(A\times B = B\times A)$	يعطي نتائج مختلفة $(A\times B \neq B\times A)$

١- التّوريث الميتوكوندريّ (Mitochondrial Inheritance)

العقم الذّكري السّيتوبلازمي Cytoplasmic Male Sterility (CMS) : وهو عدم قدرة النّبات على إنتاج حبوب لقاح سليمة نتيجة طفرات في الجينوم الميتوكوندريّ، هذه الجينات الميتوكوندريّة غالبًا ما تكوّن طفرة أو ترتيبًا شاذًا فيmtDNA ، تؤثّر على إنتاج الطّاقة في الأنسجة التّناسليّة الذّكرية، بينما لا تؤثر على نموّ النّبات الخضريّ، ونظراً لأنّ الميتوكوندريا تنتقل عبر البويضة فقط، فإنّ الوراثة تكون أموميّة وغير مندلية، أي أنّ التّهجين A×B لا يعطي نفس النّتيجة كالتهجين B×A ويمكن أن يتمّ استعادة الخصوبة بواسطة جينات نووية تسمّى Rf (Restorer of fertility)، التي تعدّل أو تثبّط تأثير جينات CMS هذا التّفاعل بين الميتوكوندريا والنّواة يُعرف بالعقم النوويّ السّيتوبلازميّ، ويشكل أساس إنتاج الهجن الزّراعيّة في محاصيل مثل الذّرة، القمح، البطاطا، والشّوندر السكري، وعليه، فإن CMS يُعد مثالًا واضحًا على التّوريث السّيتوبلازمي الأمومي والتفاعل النوويّ السيتوبلازمي.

تمّ اكتشاف العقم الذكري السّيتوبلاسمي عند الذّرة الصّفراء، وهي نبات أحادي المسكن، ولوحظ أنّ بعض النّباتات تحمل نورات مذكّرة قمّيّة خالية من حبّات الطّلع (عقيمة لاتُعطي أعراس مذكّرة)، في حين تتكوّن النّورات المؤنّثة في آباط الأوراق، وعند التّهجين ما بين نبات عقيم ذكرياً أي عديم حبوب اللقاح ونبات عادي أي خصب ذكريّاً، يتميّز النّسل النّاتج في معظم الحالات بحبوب طلع عقيمة، وعند تكرار هذا التّهجين لأجيال يبقى النّسل النّاتج عقيماً ذكرياً **أي تنتقل هذه الصّفة عن طريق السّلالة الأم**، وحتّى عند تبديل صبغيّات النّباتات العقيمة بصبغيّات خصبة فإنّ صفة العقم تستمر، **ممّا يؤكّد توريث صفة العقم الذّكري عن طريق عامل سيتوبلاسمي**.

٢ـ التوريث البلاستيدي أو توريث الجسيمات الصّانعة (Plastid Inheritance)

يتحكّم الحمض النّوويّ للبلاستيدات الخضراء (cpDNA) في صفات مرتبطة بالتّمثيل الضّوئيّ، وتحمّل الإجهاد، ولون الأوراق، و ينتقل في معظم النّباتات عبر الأمّ فقط، كما في لون الأوراق أو الأزهار في نباتات معينة.

البنفسج الإفريقيّ *Saintpaulia*

تظهر أهميّة هذا النّظام جلياً عند حدوث طفرات فيcpDNA ، حيث تؤدّي إلى اضطراب في تصنيع صبغة الكلوروفيل، ممّا ينتج أنماطاً ظاهريّة مميّزة مثل: الأوراق البيضاء الكاملة وتعاني نقص تامّ في الكلوروفيل، الأوراق الصفراء وتعاني نقص جزئيّ في الكلوروفيل، والأوراق المتنوّعة باللّون (Variegated) وتتميّز بامتلاك خليط من الخلايا الطّبيعية والمتعرّضة للطّفرة.

طريقة الانتقال	النمط الظاهري	الطراز الجيني للبلاستيد
من الأم فقط	أوراق خضراء	cpDNA طبيعي
من الأم فقط	أوراق بيضاء/صفراء	cpDNA متحور
من الأم فقط	أوراق متنوعة	خليط (Mosaic)

تُظهر هذه الأنماط توريثاً أموميّاً ثابتاً، فإذا كانت الأمّ ذات أوراق بيضاء أي حاملة لـ cpDNA تعرّض لطفرة والأب ذو أوراق خضراء أي يحمل cpDNA سليم، فسيكون جميع النّسل بأوراق بيضاء، بغض النّظر عن التّركيب الوراثيّ النّووي للأب، يقدّم هذا المثال دليلاً واضحاً على وجود أنظمة وراثيّة متوازية ومستقلّة عن الوراثة النّووية في الخلايا النّباتيّة، لها قواعد توريث خاصة لا تخضع للنّسب الماندلية التّقليدية.

مع تمنّياتنا بالتّوفيق

د. ريما الموعي د. ميسون زياده