

علم الوراثة Genetics

مقدمة

علم الوراثة Genetics هو العلم الذي يتناول دراسة الوراثة والتتنوع في الكائنات الحية، متضمنا دراسة المكونات الوراثية والصفات الوراثية لكائن حي او جنس من الأجناس أو مجموعة كائنات حية، بالإضافة إلى الآليات التي تؤثر على هذه الصفات وطرق انتقالها .

علم الوراثة والطب لهما صلة قوية وأيضا كل أقسام علوم الحياة وعلم الإنسان والكيمياء الحيوية (Biochemistry) و علم الفسلجة (Physiology) و علم النفس (Anthropology) وعلم البيئة (Ecology) بالإضافة إلى علوم أخرى كما ان علم الوراثة بجزئية النظري والتجريبي تطبيقات مباشرة في آليات الإمراض الوراثية والسيطرة عليها بالإضافة إلى التطبيقات الزراعية له و تعد معرفه أساسيات علم الوراثة وتطبيقاته جزء مهم من التعليم الطبي و الزراعي.

كانت مبادئ توريث الصفات مستخدمة منذ تاريخ بعيد لتحسين المحصول الزراعي وتحسين النسل الحيواني عن طريق تزويع حيوانات من سلالة ذات صفات جيدة – كمثال عن ذلك الحصان العربي الأصيل حيث كان العرب يزاوجون الحصان والفرس الأقوباء ليحصلوا على نسل قوي واستمروا بذلك عبر السنين .

علم الوراثة الحديث الذي حاول فهم آلية توريث الصفات ابتدأ بالعالم Gregor Mendel في منتصف القرن التاسع عشر، حيث قام مندل بمراقبة الصفات الموروثة للكائنات الحية وكيفية انتقالها من الآباء إلى الأبناء، ولكنه لم يكتشف آلية هذا الانتقال التي تتم عن طريق وحدات مميزة في توريث الصفات وهي الموراثات الجينات Genes ، وهي تمثل مناطق معينة من شريط DNA، هذا الشريط هو عبارة عن تسلسلي وحدات جزيئية تدعى النيكلوتيدات Nucleotides، ترتيب وتسلسل هذه النيكلوتيدات يمثل المعلومات الوراثية لصفات الكائن الحي ، وكل ذلك موجود في كروموسومات خلايا الكائن الحي وكل خلية من الخلايا تحتوي برنامج يحتوي المعلومات الضرورية للحياة تنتقل هذه المعلومات من خلية إلى أخرى خلال الانقسام الخطي ومن جيل إلى الجيل آخر من خلال خلايا متخصصة (الجنسية).

يجب أن تنتقل هذه المعلومات الوراثية بأمانة تامة من جيل إلى آخر، ورغم ذلك فيجب أن تكون لها القابلية للتآكل على التغيرات البيئية طويلة المدى. إن الأخطاء تحدث خلال صيانة ونقل المعلومات الوراثية على الرغم من وجود نظام معقد للتحري عن هذه الأخطاء وتصحيحها. وعند حدوث تلك الأخطاء قد يحدث ما يسمى بالطفرات (قد تكون إيجابية أو سلبية).

معظم العمليات الحيوية تتم في الكائنات الحية بواسطة البروتينات. يتكون البروتين من سلسلة من الأحماض الأمينية تترتب بسلسل خطى (متعدد الببتيد polypeptide) ومن ثم يتخذ البروتين شكل ثلاثي الأبعاد أو قد ترتبط مع متعدد ببتيد ي آخر وهذا يؤدي إلى تحديد تخصص ووظيفة هذا البروتين. تشكل المعلومات الوراثية المخططات الأساسية لبناء البروتينات في الخلايا الحية. لا تنتج الخلايا كل أنواع البروتينات بل تنتج مجموعة محددة تبعاً لنوع الخلية والوقت المناسب لإنتاج البروتين. تشفّر المعلومات الوراثية الخاصة بتصنيع البروتينات في وحدات خاصة تدعى مورثات أو جينات.(Genes) .
شُغل علم الوراثة مكانة هامة بين العلوم البيولوجية الأخرى بما قدمه عن:

1. مفهوم الجين
2. نظرية الكرموسوم
3. اكتشاف المادة الوراثية DNA .

فتحت الوراثة الجزيئية الطريق أمام تقنية تطوير DNA والاستنساخ الخضري وغيرها من التطبيقات الهندسية الوراثية، وأهمها نجاح العلماء 1977م في جعل الجين البشري الخاص بإنتاج هرمون الأنسولين يعمل في بكتيريا القولون حيث أدت هذه التقنيات الحديثة تطور هائل في العديد من المجالات الطبية والزراعية .

1- Genes

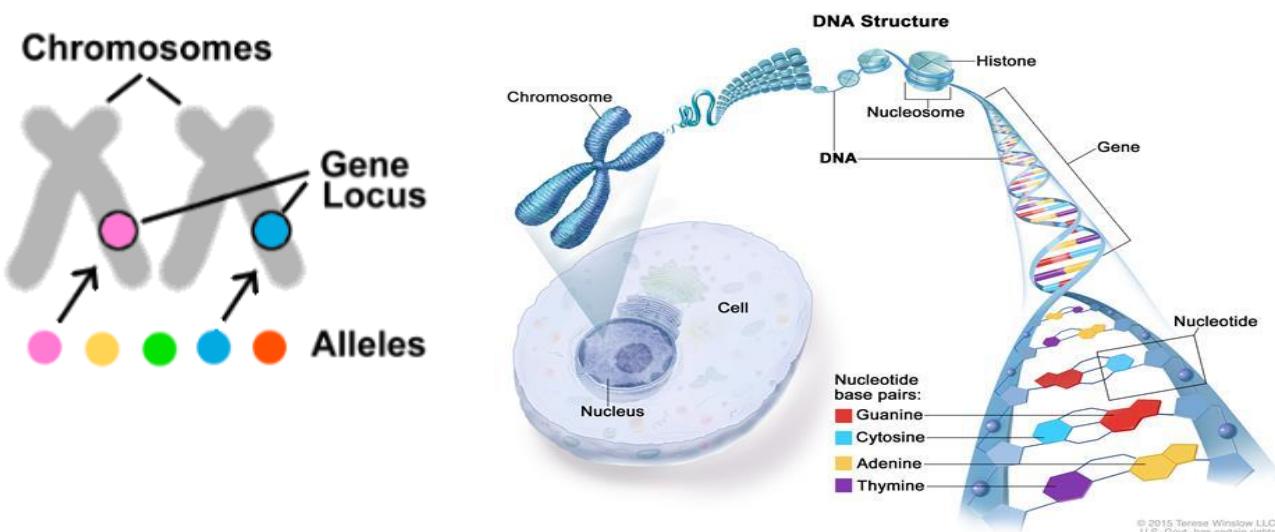
المورثة (Gene) هو الوحدة الأساسية الأصغر للوراثة في الكائن الحي وتمثل أجزاء من DNA او RNA و تشفّر لتصنيع متعدد ببتيد واحد، يحمل كل جين صفة معينة ترتبط بسلوك معين في الكائن الحي الذي يحملها. ولها موضع معين ثابت على شريط DNA مكون من عدد من النيوكليوتيدات .. تتشكل النيوكليوتيدات من عدد من القواعد النيتروجينية الى DNA وهي أربع قواعد النيتروجينية بالـ DNA ، هي الديينين Adenine والجوانين Guanine و الثايمين Thymine والسيتوسين Cytosine يرمز لها بـ A G T C على التوالي. تشفّر الأحماض الأمينية العشرين التي تشكل الكائن الحي بواسطة شفرة من ثالث قواعد نيتروجينية تشكل الشفرة الجينية Genetic code أو Triple codon .

تختلف أعداد الجينات في الكائنات الحية تبعاً لمدى تعقيد الكائن، وتتراوح بين حوالي 5000 جين بالبكتيريا إلى 6241 في الخمائر و 31601 في حشرة ذباب الفاكهة . بينما يبلغ عددها 22000 جين في الإنسان.

نلاحظ أن عدد الجينات اللازمة لدعم الحياة الخلوية مستقلة و هو عدد منخفض نسبياً، حوالي 400- 250 في الكائنات بدائية النواة. إن مجموع الجينات والـ DNA في كل خلية من خلايا الكائن الحي يدعى

والمثل مجموع البروتينات في الكائن الحي يسمى **Genome**. والعلوم التي تدرس هذه المواقع تسمى **Genomics** و **Proteomics**، (الجينومكس والبروتومكس) على التوالي.

تقع الجينات على الكروموسومات، وهي تراكيب معقدة توجد في نواة الخلية تتكون من وبروتينات خاصة. تأتي الكروموسومات بشكل أزواج، أحدهما يشتق من الأب والثاني من الأم. يملك الإنسان 23 زوجاً من الكروموسومات، تسمى من 1-22 بالإضافة إلى كروموسوم الجنس X و Y عند الرجل أو كروموسومي X و X عند المرأة. تترتب الجينات بشكل خطى على طول الكروموسوم ، وكل جين موقع محدد على الكروموسوم يدعى **Gene locus**



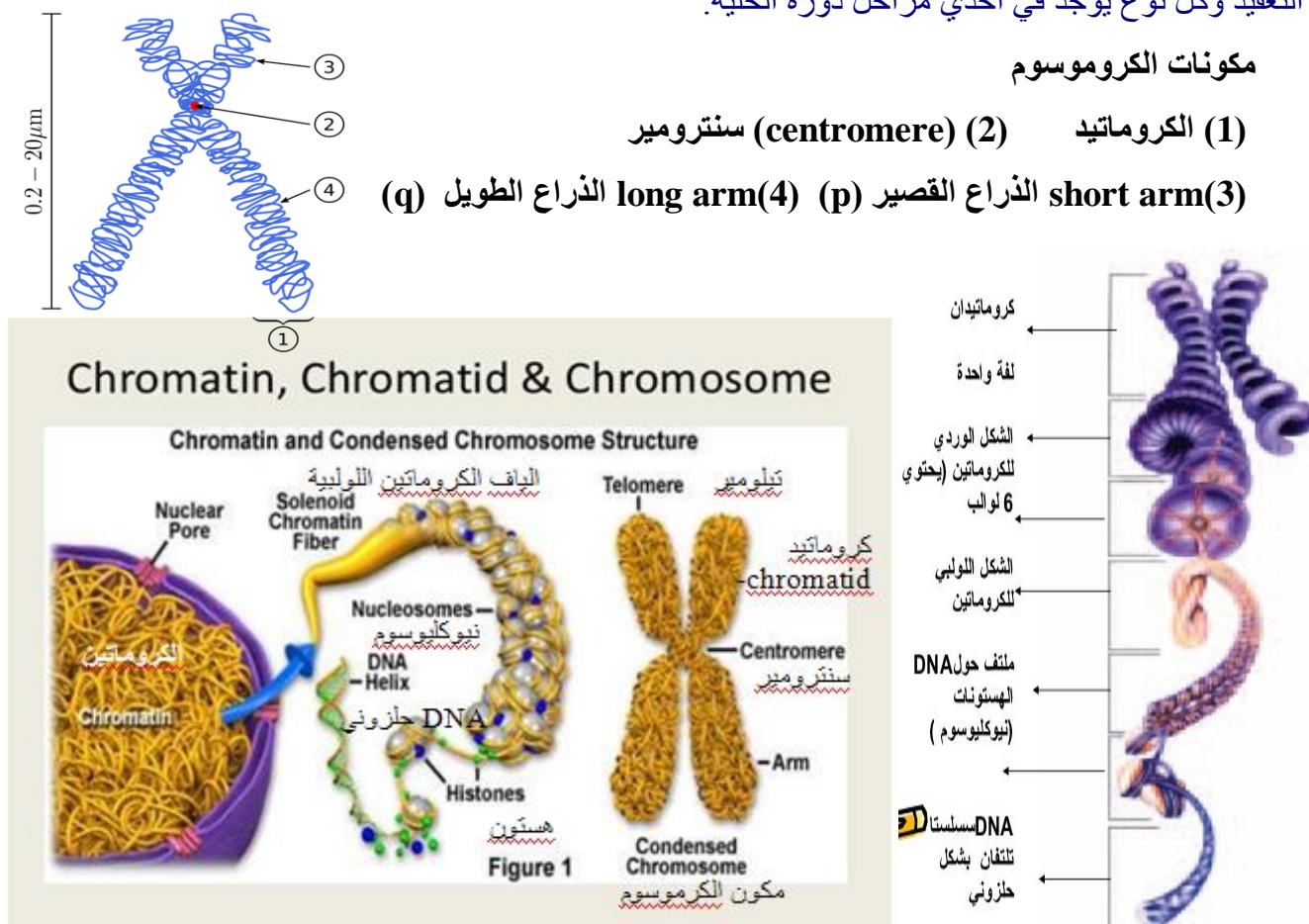
تترتب الجينات في الكائنات المتقدمة في تسلسلات مشفرة **Coding sequences** وتسلسلات غير مشفرة **Non-coding sequence** على التوالي. تختلف الجينات من حيث الحجم وعدد وحجم **Exons** بالإضافة إلى التسلسلات التنظيمية **Regulatory sequences**. **Gene expression** تحدد التسلسلات التنظيمية حالة الفعالية الجينية التي تدعى التعبير الجيني. معظم الجينات في الخلايا المتمايزة والمتخصصة تكون غير فعالة. أن 90% من ال-DNA للكائنات المتقدمة لا تحمل معلومات مشفرة للبروتينات.



2- الكروموسومات

جسيمات صغيرة داخل نواة الخلية، تحمل هذه العصيات في داخلها تفاصيل كاملة للكائن الحي وهي عبارة عن حزم منظمة البناء والتركيب يتكون معظمها من DNA و معقد من العديد من البروتينات

الهيكلية تسمى هستون (Histone) . وتحتوي الخلايا الحية لجميع الكائنات من نبات وحيوان بما فيها الكائنات وحيدة الخلايا على عدد معين من الكروموسومات الخاصة بكل نوع منها. فهي تحمل الجينات التي تنقل صفات الآباء إلى الأبناء . يتكون تركيب الكروموسوم من جينات وهو يحمل بذلك الصفات الوراثية. يسمى مفرد الزوج من الكروموسومات المكون من DNA و البروتينات كروماتين. كروماتين و كروماتيد و كروموسوم ... ثلاثة أسماء متشابهة ولها نفس التركيب لكنها تختلف في التعقيد وكل نوع يوجد في أحدي مراحل دورة الخلية.



3- الاليلات

كلمة الـ **أليل** allele مُصَرَّف كلمة allelomorph تصف الصيغ المختلفة للجين. ويعتبر الـ **الـ أليل** صورة مغایرة او مختلفة او نسخة للجين او موقع كروموسومي (عادة يتكون من مجموعة جينات). حيث نجد للجين صور متعددة لكن بدون أن تظهر على الكائن الحي إلا بصورتين فقط.

توجد الـ **كروموسومات** في الكائنات الحية بصورة أزواج متماثلة وتوجد الجينات عليها بهيئة أزواج أيضا. يختص كل زوج منها بإحدى الصفات الوراثية.

معظم الكائنات الحية متعددة الخلايا تحتوي على مجموعتين من الكروموسومات، بحيث يورث الأب احدى المجموعتين والثانية من الأم، وتسمى هذه الـ **كروموسومات بالـ أـ زـ اـ زـ**. بما أن

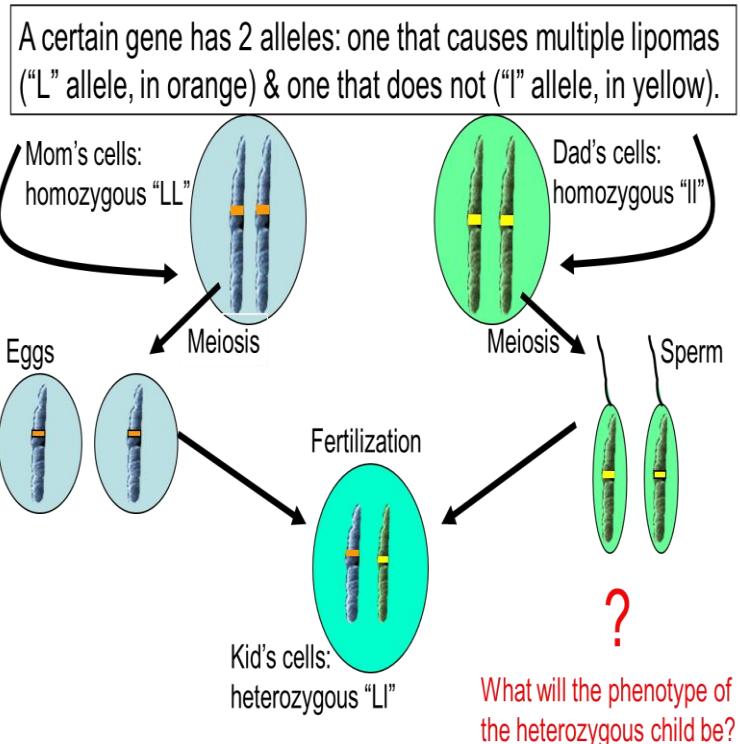
الكائنات الحية تحمل مجموعتين من الكروموسومات ، هذا يعني أنها تحمل نسختين من كل جين اي زوج من الاليلات . إن كان كلا الاليلان متطابقان، فالكائن الحامل لها يسمى زيجوت متماثل **Homozygous** وإن كان الأليلان مختلفان، فالحامل لها هو زيجوت متباين **Homogenic**

Heterozygote, Heterogenic

غالبا يمتلك الأفراد المنتمون لفصيلة او نوع من الكائنات الحية عدة اليلات (نسخ مختلفة من الجينات) لكل موضع كروموسومي **locus**. بحيث نستطيع قياس درجة التنوع الأليلي لموضع كروموسوم معين بعدد الاليلات الموجودة (تعدد الأشكال)، أو بالنسبة التي يشكلها متباين الزيجوت من التجمع. مثل على ذلك الاليلات فصائل الدم .

Allele from Parent 1	Allele from Parent 2	Genotype of offspring	Blood types of offspring
I^A	I^A	$I^A I^A$	A Homozygous
I^A	I^B	$I^A I^B$	AB Heterozygous
I^A	i	$I^A i$	A Heterozygous
I^B	I^A	$I^A I^B$	AB Heterozygous
I^B	I^B	$I^B I^B$	B Homozygous
I^B	i	$I^B i$	B Heterozygous
i	i	$i i$	O Homozygous

Allele Pairs	
BB	Homozygous
bb	Homozygous
Bb	Heterozygous



الوراثة والبيئة

يمثل الكائن الحي جزءاً مهماً لا يمكن فصله عن العالم الطبيعي الموجود على سطح الكرة الأرضية وإن وجود هذا الكائن الحي متداخل بصورة فعالة ومنفعلة مع الظروف البيئية التي تسود محیطه الخارجي والداخلي ، فإن دراسة الوراثة والبيئة وعلاقتهما معاً أو تغلب أحدهما على الأخرى والدور الذي يقوم كلاًًاً منها في صفات وخصائص الكائن الحي ، كانت وما زالت من المواضيع المهمة التي لا يمكن أن يتجنبها الدارس في مختلف فروع العلوم والفنون والتربية .

ولكي نستطيع أن نتفهم هذه العلاقة يصبح لزاماً علينا أن ننطرق إلى بعض المفاهيم والأسس والواقع التي تلقي بعض الضوء على هذين العاملين اللذين يبدوان وكأنهما منفصلان وما هما إلا في الحقيقة إلا شيئاً مترافقاً لا يمكن للحياة أن تستمر بدون تواجدهما جنباً إلى جنب في وقت وتناسق وتكامل ما يلي :

أولاً: إعادة التكون الذاتي (استمرارية الحياة) **Self Reproduction**

ثانياً: الطراز الوراثي والطراز الظاهري **Genotype and Phenotype**

استمرارية حياة الكائن الحي تقترب بتدخل عاملين يمثل أولهما العامل الوراثي بينما يمثل الثاني العامل البيئي . ويحدد هذا التداخل شكل الكائن الحي في لحظة زمنية كما يحدد ما سيكون عليه هذا الكائن الحي في المستقبل ، وبغية تسهيل فهم هذه الناحية أقترح العالم الوراثي الدانماركي جوهانسن Johannsen سنة 1911م مصطلح الطراز الوراثي Genotype والطراز المظاهري Phenotype . ويقصد بالطراز الوراثي مجموع المكونات الوراثية التي يستلمها النسل عن أسلافه . أما الطراز الظاهري فيقصد به مظهر الكائن الحي أو مجموع خصائصه ومميزاته كاللون Color والشكل Form والحجم Size والسلوك Behavior والتركيب الكيميائي والتركيب التشريحي . وقد حل هذان المصطلحان محل مصطلحي وايزمان البلازم الجرثومي Germ plasm والبلازم الجسيمي Somatoplasm .

الطراز الوراثي ثابت نسبياً خلال حياة الفرد أما الطراز المظاهري فهو دائم التغير ، فالشخص المسن مثلاً يختلف في طرازه الوراثي بما كان عليه في عهد الصبا أو الطفولة أو عند الولادة على الرغم من إن طرازه الوراثي لم يتغير.

ثالثاً: الوراثة والتغيير **Heredity and Variation**

لا يوجد كائنان أو نوعين حتى ولو كانوا من نفس الجنس يوجد بينهما تشابه تام . وذلك بسبب بيئة الكائنات في الأماكن والأوقات المختلفة . لا ينال نباتين ينموا جنباً إلى جنب في نفس المزرعة كمية واحدة من الضوء أو كميات متساوية من الماء أو الأملاح . كما لا يحصل حيوانين يربيان في نفس الإسطبل على نفس الكمية من الغذاء . ولهذا فإن فردین يحملان نفس الطراز الوراثي سوف يكونان مختلفين في طرازهما

المظيري عندما يتعرضان إلى اختلاف في كمية الغذاء أو درجة الحرارة أو الضوء أو الرطوبة أو ظروف بيئية أخرى . وتدعى مثل هذه الاختلافات بين الأحياء الحاملة لنفس الطراز الوراثي بالمتغيرات البيئية أو التحورات البيئية . Environmental variations or modifications

رابعاً: تجارب على سلالات نباتية من بيئات مختلفة

لقد أجرى كل من كلوسين Clausen وهيزи Keck دراسة مستقيضة تتعلق بالتحورات الوراثية والبيئية في نبات *Potentilla glandulosa* الذي يعيش على مرتفعات مختلفة من جبال ولاية كاليفورنيا . وقد وجدوا إن هذا النبات الذي ينمو برياً في موقع على مستوى سطح البحر في سواحل كاليفورنيا يتميز بساق طويلة وأوراق واسعة ويحتاج إلى حوالي مائة يوم لكي يصل إلى مرحلة الإزهار Flowering وقد وجد إن نفس هذا النوع من النبات ينمو برياً في جبال سيرانيفادا Sierra على ارتفاع 4000-5000 قدم عن مستوى سطح البحر . لكن النباتات التي تنمو في هذه المنطقة تتميز بسيقان أطول بكثير وأنحف بكثير من تلك التي تنمو على سطح البحر وانها تحتاج إلى 50-60 يوماً لكي تصل إلى مرحلة الإزهار . أما تلك التي تنمو على ارتفاع عشرة الآف قدم عن سطح البحر في منطقة القمم Alpines zone من جبال سيرانيفادا فتتميز بقصر طولها أو قرامتها Dwarf وإنها تحتاج إلى حوالي 55 يوماً إلى أن تصل إلى موعد الإزهار في موطن نموها .

إن العوامل البيئية في الأماكن الأصلية التي تعيش فيها هذه النباتات مختلفة اختلافاً كبيراً وبصورة واضحة . ففي مستوى سطح البحر يكون الشتاء معتدل الحرارة بشكل لا يؤدي للنباتات إلى أن تمر بفتره سبات Dormancy ، أما في المستوى الوسطي (4000-5000 قدم) فإن الشتاء يكون بارداً لكن الصيف بالمقابل يكون حاراً . وفي المنطقة الصنوبرية وعلى مستوى 10000 قدم على سطح البحر يكون الشتاء طويلاً وقاسياً أما الصيف فيكون قصيراً ودافئاً . وهنا ينبعق سؤال يطرح نفسه بوضوح وهو : ما هو مدى تأثير الطراز الوراثي من جهة . والعوامل البيئية من جهة ثانية على مدى الفروق بين هذا النوع من النبات الذي يعيش في بيئات ثلاثة مختلفة ؟ .

وللإجابة على هذا السؤال جمعت نباتات من البيئات الثلاث فقط كل نبات إلى ثلاثة أقسام وزُرعت على ثلاثة حدائق تجريبية أولها في مستوى سطح البحر Stanford وثانيتها على ارتفاع 4600 قدم وثالثتها على ارتفاع 10000 قدم (Timber line) . إن تقسيم النبات إلى ثلاثة أجزاء يؤكّد بصورة واضحة إن الأجزاء الثلاثة تحتوي على نفس الطراز الوراثي . إن الاختلاف بين النباتات الممثلة بالخطوط العمودية تكون إختلافات في الطراز الوراثي . أما الخطوط الأفقية فإنها تمثل نفس النبات (نفس الطراز الوراثي) مربى في ثلاثة بيئات مختلفة ، لذا فإن الاختلافات أو الفروق بين هذه النباتات تكون ناجمة عن تأثير العوامل البيئية .

خامساً: مدى التفاعل (التدخل)

سادساً: تكيف الفرد والموازنة

سابعاً: النافذية والتعبيرية

قد ذكرنا سابقاً إن أغلب الطرز المظهرية المشاهدة إنما هي تتكون نتيجة لتدخل الفعل من الطراز الوراثي والبيئة . ومن الممكن تبسيط هذه الناحية على الشكل التالي :

$$\text{الطراز المظهي} = \text{الطراز الوراثي} + \text{البيئة}$$

Phenocopies

ثامناً: النسخ المظهرية

تأثير البيئة على نوعية الطراز المظهي ب حيث تعطي نتائج ايجابية او سلبية . وقد تكون العوامل البيئية من السعة والعمق في التأثير بحيث أنها تؤدي إلى تغيير الطراز المظهي إلى شكل مسبب عن طفرة جينية . ويسمى الطراز المظهي الذي تسببه عوامل بيئية معينة والذي يكون مماثلاً لطراز مظهي مسبب عن طفرة جينية ، يسمى النسخة المظهرية Phenocopy

مثل : عام 1960 م ستعمال المادة المهدئة ثاليدومايد Thalidomide من قبل النساء الحوامل خصوصاً في الأسبوع السادس من حملهن وقد ولد نتيجة لذلك أطفال في ألمانيا وفي إنكلترا بتعديل مظهي يدعى فوكوميليا Phocomelia والذي فيه تختزل بعض الأطراف الأطفال .

وهناك العديد من الأمثلة توضح ظاهرة النسخ المظهرية مثل لون الجسم في حشرة ذباب الفاكهة يعتبر من أوضح وأسهل الأمثلة تطبيقاً في المختبر. حيث يوجد جين طافر في هذه الحشرة مسؤول عن لون الجسم وهو جين مرتبط بالجنس وعند توفره بصورة نقية يجعل لون الجسم أصفر بدلاً من اللون الطبيعي البري . وقد وجد أن الإفراد البرية إذا تغذت على غذاء يحوي نسبة معينة من نترات الفضة فإن الجيل الناتج يكون أصفر اللون بخلاف البري وبذلك فهو يماثل الأفراد التي يتتوفر فيها الجين الطافر الخاص بلون الجسم . ووجد كذلك إن أفراد هذا الجيل إذا رببت على غذاء لا يحتوي على نترات الفضة فإن الجيل الناتج سيكون لون جسمه بريًّا بدلاً من الأصفر.