

المطفرات :انتشارها وانواعها

قبل مطلع القرن 21 ، كانت التجارب في الطفرات النباتية مدفوعة بالاستخدام المحتمل للطفرات في تحسين النبات بينما خلال السنوات العشر الماضية, أصبحت علم الجينوم والتقنيات الجزيئية جزءا من أبحاث الطفرات النباتية والطفرات المستحثة. يمكن أن تؤدي الطفرة ، خاصة على مستوى التسلسل الجيني (النمط الجيني) إلى تغييرات صغيرة ودقيقة في النمط الظاهري والتي قد لا تظهر على الفور ويمكن اكتشافها باستخدام التقنيات الجزيئية.

ان الطفرات هي العملية التي يتم من خلالها تغيير المعلومات الجينية للكائن الحي بطريقة مستقرة. يحدث هذا في الطبيعة نتيجة لأخطاء في إصلاح الحمض النووي وأشار إليها فريزلين ولين لأول مرة (1944) للإشارة إلى الحث المتعمد وتطوير خطوط جديدة لتحسين المحاصيل.

يمكن اعتبار تربية الطفرات مجرد تكاثر. ومع ذلك ، أصبح مصطلح 'تربية الطفرات' شائعا لأنه يلفت الانتباه إلى الجهود المتعمدة للمربين والتقنيات المحددة التي استخدموها في إنشاء وتسخير الاختلاف المطلوب في تطوير سلالات تربية النخبة والأصناف المزروعة. وبالمثل ، فإن مصطلح التنوع الطافر هو ببساطة مجموعة متنوعة تم تطويره باستخدام تقنيات الطفرات.

فريس كلمة " مفاجئ " للتمييز عن التغييرات الطفيفة التي يمكن تفسيرها من خلال العمليات العادية لإعادة التركيب. التغييرات " المفاجئة " (الطفرات)

تستخدم الطفرات التجريبية بشكل أكثر شيوعا في دراسات الجينوم الوظيفية.

نشوء الطفرات

يسمى م1: النباتات الطافرة التي يتم إنتاجها مباشرة من البذور (أو الأمشاج) المعالجة بمطفر هي M1 ، والجيل التالي هو م2 ، يليه م3، م4 ، إلخ. تسمى البذور قبل المعالجة بالمطفر ب M0 وبعد المعاملة يشار إليها باسم م1. البذور التي تنمو على م1 النباتات تسمى M2. كذلك الحال في الأجنة المنتجة من الهجن التي تم فيها معالجة حبوب اللقاح أو كيس الجنين بطفرة تمثل أيضا أول جيل متحور وبالتالي يطلق عليها م1.

يشار إلى المتغيرات الجسدية على أنها سف 1 ، سف 2 ، إلخ. وهذه المصطلحات تختلف عن تلك المستخدمة في دراسات النقل الجيني. تحدث الطفرات المستحثة جسديا أو كيميائيا بشكل عشوائي عبر الجينوم بأكمله وداخل أي موضع أو جين وهذه ميزة مهمة جدا للطفرات المستحثة. الطفرات هي مصدر التنوع الجيني لتربية المحاصيل وكذلك التحليل الوظيفي للجينات المستهدفة. يتطلب اثبات التغير في المظهر الخارجي للنباتات الطافرة خطوتين: الأولى هي فحص الطفرة والثانية تأكيد الطفرة واستقراريتها.

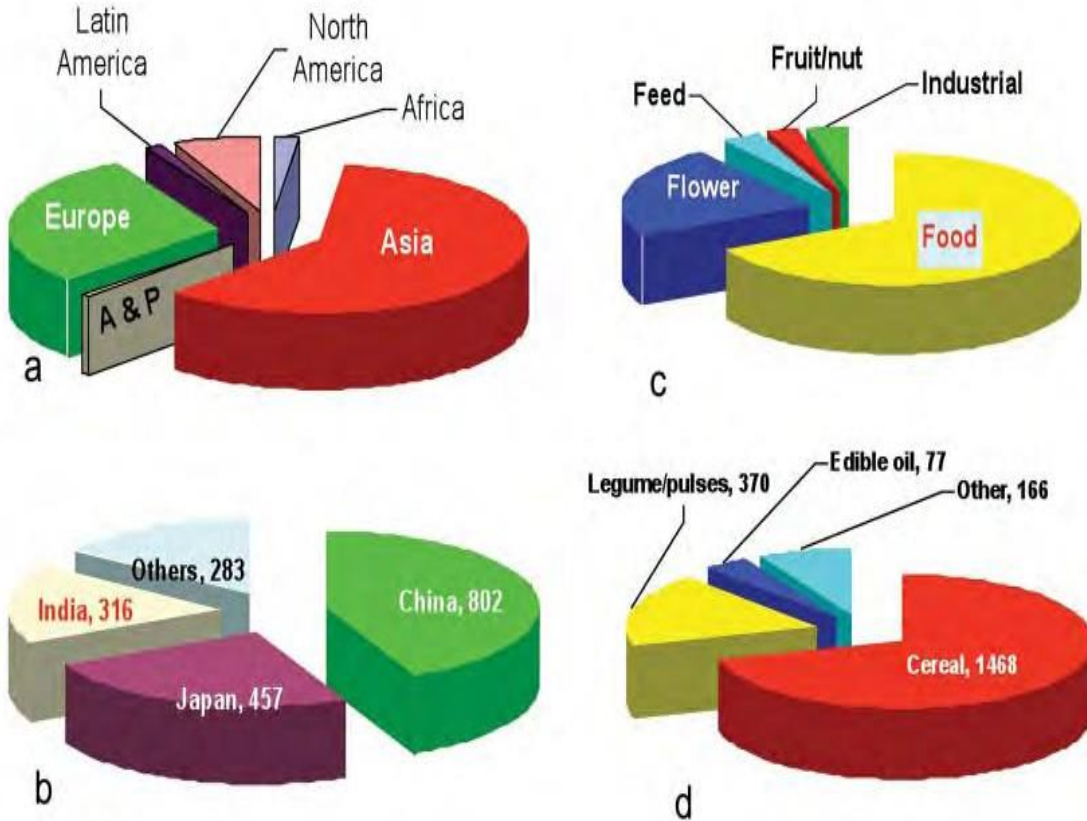
إن الغالبية العظمى من الجينات الطافرة متحثة. تم الإبلاغ عن تواتر الطفرات المتحثة في حدود 90-100 ٪ وذلك بالنسبة لطفرات دومي نانت 0-6 ٪. ومع ذلك ، عندما تصبح تقنيات الطفرات أكثر تعقيدا ، يمكن إجراء تغييرات أكثر دقة واكتشافها. من المرجح أن تؤدي الطفرات النقطية الناتجة عن الطفرات الكيميائية على سبيل المثال إلى طفرات وظيفية أكثر من التغيرات الأكبر في المادة الوراثية، وهذه الطفرات الوظيفية لديها فرصة أكبر لتكون مهيمنة أو مشتركة، أي أنها تؤدي إلى أليلات وظيفية جديدة.

اشهر الطفرات في المحاصيل الحقلية هي طفرات القمح والأرز في الثورة الخضراء (بين 1965-1980). كانت جينات انخفاض الطول في القمح والأرز عبارة عن طفرات عفوية مشتقة من الأصناف 'نورين 10' و 'دي جيو وو جين'،

زادت اعداد الطرز الطافرة بشكل كبير إلى 1330 بحلول عام 1989 وقد ساهمت في زيادة الانتاج وتحقيق الاكتفاء الذاتي وحل العديد من المشاكل في مجال الأمن الغذائي في البلدان

النامية في ذلك الوقت ، فالهند على سبيل المثال تغيرت من كونها مستوردا إلى مصدر صاف للقمح. تشمل الأمثلة البارزة الأخرى ما يلي: (1) الطراز الطافر ذو العرق البني للذرة (1920) ، والتي تتميز باحتوائها على نسبة منخفضة من اللجنين مما يجعلها شديدة الهضم كعلف ؛ (2) الترمس الحلو (مستساغ ، غير سام) الذي استنبطه فون سينغبوش في وقت مبكر من عام 1942.

بحلول عام 2009 ، تم إدراج حوالي 3100 نوع طافر مزروعة في حوالي 190 نوعا نباتيا في قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة /الوكالة الدولية للطاقة الذرية للطرز الطافرة للمخزون الجيني (mvgs.iaea.Org). توجد أكبر أعداد الأصناف الطافرة في محاصيل الحبوب الصغيرة او المحاصيل الحقلية والشكل التالي يبين انتشار الطرز الطافرة في العالم لسنة 2009.



كان المثال الأول لصنف طافر مستحث هو التبغ الأخضر الباهت ، فار. كلورينا ، صدر في إندونيسيا عام 1936. ان أكثر من نصف الأصناف الطافرة موجودة في آسيا (1858 ، لا سيما في الهند واليابان والصين) تليها أوروبا (899) وأمريكا الشمالية (202) وأفريقيا (62) وأمريكا اللاتينية (48) وأستراليا/منطقة المحيط الهادئ (10). تعرف قاعدة البيانات الصنف الطافر على أنه مجموعة متنوعة تحمل جينا متحولا معروفا وليس بالضرورة ان يكون قد نتج مباشرة من التطفير او المعاملة بالمطفرات.

اهم المعالم التاريخية في تربية الطفرات

ان ابرز الاحداث التاريخية في علم الطفرات النباتية هي:

300 قبل الميلاد يقدم الكتاب الصيني القديم "لولان" التوثيق الأول لانتقاء الطافرة في تربية النباتات: النضج والسماوات الأخرى في الحبوب في الصين (هوانغ وليانغ ، 1980).

1928 نشر ستادلر النتائج الأولى لحث الطفرات في نباتات المحاصيل والشعير والذرة والقمح والشوفان ، لكنه يشك في استخدام الطفرات المستحثة لتحسين المحاصيل.

تم إنشاء برامج تربية الطفرات في عقد 1930 ، لا سيما في السويد وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية.

1936 تم إطلاق أول مجموعة مستحثة ، التبغ فار. 'كلورينا' باستخدام الأشعة السينية في إندونيسيا (ثم الهند الشرقية الهولندية).

1942 التقرير الأول لمقاومة المستحثة للأمراض في نبات المحاصيل ؛ وكذلك المقاومة المستحثة بالأشعة السينية للعفن الفطري في الشعير (فريزليين ولين ، 1942).

1944 مصطلح تربية الطفرات ('الطفرات') صاغه فريزليين و لين.

46/1944 التقارير الأولى عن الطفرة الكيميائية المستحثة (أورباخ وروبسون ، 1944).

1949 أول تجارب طفرات نباتية باستخدام 60 كو منشآت أشعة جاما. وقد تم اختيار الكوبالت-60 باعتباره النظائر المشعة مناسبة لمزايا أشعة غاما (سبارو وسينغلتون ، 1953).

1964 تم إنشاء الشعبة المشتركة بين منظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية لدعم وتشجيع إنتاج الطفرات المستحثة (والتكنولوجيات الحيوية ذات الصلة) لإنتاج المحاصيل وخاصة لقضايا الأمن الغذائي في البلدان النامية.

1972-إطلاق ونشر "النشرة الإخبارية لتربية الطفرات" من قبل منظمة الأغذية والزراعة / الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

1993 انشأ سجل الأصناف الطافرة النباتية الذي أنشأته منظمة الأغذية والزراعة / الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، والذي أصبح قاعدة بيانات المخزون الجيني للأصناف الطافرة (<http://mvgs.iaea.org>) في عام 2008.

2000-2009 تطوير التنميط الجيني عالي الإنتاجية والتنميط الظاهري باستخدام الأنظمة الآلية والروبوتية والمحوسبة.

. هناك قلق في بعض البلدان من أن الطفرات قد تأتي تحت مظلة ويتم تصنيفها على أنها كائنات معدلة وراثيا (بينما الكائنات المعدلة وراثيا ، مصطلح يقتصر على أحداث التحول). أول الأرز شبه قزم يسببها متحولة ، فار. تم إصدار ريمي في اليابان عام 1966. حمل ريمي موتا نشوئها في الجين شبه القزم إس دي1. كما هو الحال في أول المسوخ شبه القزم في الشعير ، تم استخدام ريمي على نطاق واسع كاب لتربية العديد من الأصناف الناجحة الأخرى. وبالمثل ، فإن أول نوع متحولة من الأرز شبه القزم كالروز 76 تم تطويره في الولايات المتحدة الأمريكية في أواخر عام 1970 ، كان على نطاق واسع كما يمكن استخدام الأدوات الجزيئية والجينومية للفحص الطافر وتمييز الطفرات وفهم الأساس الجزيئي لها.

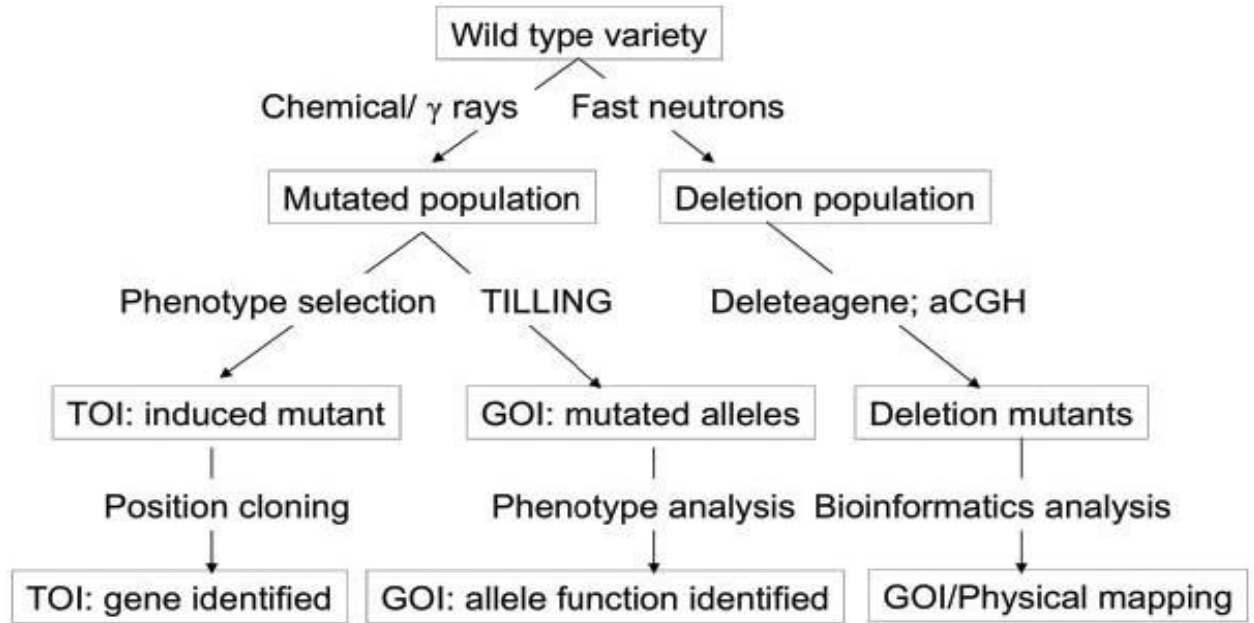
التطورات الجديدة في تربية الطفرات النباتية

بلغت أنشطة حث الطفرات ذروتها في 1950 و 60 و 70 و 80 وحقت نجاحات كبيرة لطرز جديدة. ومع ذلك ، انخفض حث الطفرة في نهاية القرن 20. كانت هناك أسباب منها ان هناك قلق عام من أن حث الطفرات وتربية الطفرات غير علمية.

ان ابرز ميزات التربية عن طريق الطفرات هي انها يمكن ان تحقيق قفزات هائلة إلى الأمام في فترة زمنية قصيرة. على سبيل المثال ، كان هناك اتجاه عالمي عام لإنتاج محاصيل شبه متقدمة من الحبوب والمحاصيل الأخرى.

الطفرات التجريبية في جينومات المحاصيل

وقد استخدمت إيسيس في دراسات علم الوراثة من البداية. في عصر الجينوم (الوظيفي) ، أصبحت الطفرات المستحثة أداة مهمة في البحوث الجينومية النباتية ، والتي يمكن استكشافها باستخدام كل من النهج إلى الأمام والعكس وتعرف الوراثة العكسية بانها طريقة تستخدم لفهم وظيفة مورثة ما من خلال تحليل تأثيرات الأنماط الظاهرية لتسلسل المورثات الهندسي المحدد. اما علم الوراثة الامامي فهو نهج في علم الوراثة الجزيئي يستخدم لتحديد الأساس الجيني المسؤول عن النمط الظاهري.وتبدأ طرق علم الوراثة الامامي بتحديد النمط الظاهري، وتشكل أو تخلق نماذج لكائنات حية تعرض الصفة المدروسة. علم الوراثة إلى الأمام يعمل من الصفات (الظواهر) إلى الجينات وتحديد الجينات والتحليل الوظيفي لها وهو النهج النموذجي في تربية النباتات وعلم الوراثة.



الشكل يمثل طرق استحداث الطفرات في أبحاث الجينوم النباتي.

TOI: traits of interest; GOI: gene of interest

شهد العقد الماضي العديد من التطورات في التشخيص الجيني عالي الإنتاجية كما أدت القدرة على استحداث ظهور الطفرات وسيلة لتحديد وظيفة الجينات. لقد حقق التقدم في التتميط الجيني مؤخرًا قفزة عملاقة أخرى إلى الأمام مع السهولة المتزايدة في الحصول على بيانات التسلسل، "ثورة التسلسل الجيني" وتطبيقاته في تربية النبات للآفات والأمراض والضغوط اللاأحيائية مثل الحرارة والبرودة والجفاف والملوحة.

انواع المطفرات النباتية

قبل شرح وتقسيم المطفرات المستخدمة في استحثاث الطفرات لا بد من التذكير بالمراحل التاريخية التي مر بها علم التربية بالتطعيم والتي ساهمت بشكل كبير في تطويره وزيادة انتشار الطرز الجديدة المنتجة.

.1: History of plant mutation research and application*

Period I: Observation and documentation of early spontaneous mutants

300 BC	Early mutant crops in China.
1590	The 'incisa' mutant of <i>Chelidonium majus</i> .
1672	Variability in plants.
17 th century	'Imperial Rice' in China: a spontaneous mutant?
Late 17 th century	Spontaneous mutant for the ornamental 'morning glory' (<i>Ipomoea nil</i>) in Japan.
1741 and following years	Description of various mutants by Carl von Linné.
1859	"The Origin of Species" published by Charles Darwin.
1865	E. A. Carrière publishes his book: 'Production et fixation des variétés dans les végétaux'.
1894	W. Bateson published: "Materials for the Study of Variation, treated with special regard to Discontinuity in the Origin of Species".

Period II: Conceptualization of mutation and mutation breeding

1895-1900	The discovery of various kinds of radiation (X-rays, α , β , and γ radiation).
1897-1908	Early work on irradiation of plants: mostly physiological effects and damage to nuclei and cell division.
1901	Hugo de Vries, coined the term 'mutation' for sudden, shock-like changes of existing traits.
1901 and 1911	'Die Mutationstheorie' of Hugo de Vries published. 'Theory of Heterogenesis' published by S. Korschinsky.
1901 and 1911	First proof of mutations induced by chemicals in bacteria.
1904 and 1905	Hugo de Vries suggests artificial induction of mutations by radiation.
1907	P.J.S. Cramer's work on bud variations.

1909 - 1913	W. Johannsen describes spontaneous drastic mutations and slight mutations affecting seed
index.1910	Thomas Hunt Morgan: first mutation experiments with <i>Drosophila melanogaster</i> .
1920	N. I. Vavilov's 'law of homologous series of variation'.

Period III: Proof of induced mutations and release of the first commercial mutant varieties

1926	N. I. Vavilov's theory on gene diversity centres or 'Centres of Origin'.
1927	C. Stuart Gager & A. F. Blakeslee report on induction of mutations in <i>Datura stramonium</i> . Definite proof of mutation induction by X-rays by H.J. Muller, indicating the possibility of obtaining genetically superior plants, animals and man by applying X-radiation.
1928	Successful induction of mutations after irradiation of barley and maize by Lewis John
Stadler.1928-34	Continued studies on mutation theory and practical applicability.
The 1930s	Start of the Swedish mutation research programme by Åke Gustafsson.
1934/1938	The first commercial mutant variety 'Chlorina' obtained after X-radiation in tobacco by D. Tollenar released in Indonesia.
1934 and following year	The physical mutation theory – Hit and Target Theory was established by N. W. Timoféeff-Ressovsky and co-workers.
1937	The chromosome doubling effect of colchicine on plant chromosome.
1941	Chemical mutagenesis: C. Auerbach, I. A. Rapoport, F. Oehlkers and others.
1942	First report on X-ray induced resistance in barley.

الطفرة هي عملية طبيعية تخلق متغيرات جديدة (أليلات) من الجينات. تتضح ملامح الاختلاف الذي تم إنشاؤه بشكل أكبر عن طريق إعادة تركيب الأليلات على الكروموسومات المتجانسة وتشكيلتها المستقلة في الانقسام الاختزالي. الطفرة هي المصدر الأساسي لجميع الاختلافات الجينية الموجودة في أي كائن حي ، بما في ذلك النباتات. يوفر الاختلاف المواد الخام للانتقاء الطبيعي والانتخاب الكفوء والفعال.

تم تحديد آلية خلق التباين لأول مرة من قبل هوغو دي فريس في عام 1901 واعتبرها تغييرات وراثية من خلال أليات متميزة عن إعادة التركيب وتضخيمها عن طريق إعادة الاتحادات اللاحقة بين الجينات.

المفهوم المتعلق بحدوث تغييرات مفاجئة تشبه الصدمة (قفزات) للمادة الوراثية الموجودة ، والتي تؤدي إلى أستيحات أنواع جديدة. لاحظ دي فريس العديد من الأنواع الشاذ الجديدة ناتجة عن الطفرات،

تم استخدامه مصطلح الطفرة من قبل دي فريس للإشارة إلى التغييرات الجينية المفاجئة كسبب رئيسي للتطور سرعان ما أصبح راسخا بعد نشر كتابه العظيم 'الطفرات ثيوري' ، 1901-1903. بسبب مفهوم دي فريس للطفرة كمصدر للتنوع الجيني وأفكاره في وقت مبكر عن قيمتها المحتملة لتربية النباتات ، وعمله حول مطلع القرن الـ20 قد تكون علامة كنقطة انطلاق في تاريخ تقنيات الطفرة في تخصصات تربية النبات وعلم الوراثة.

تجارب استحداث الطفرات الكلاسيكية

قبل اكتشاف مولر لطفرات الأشعة السينية ، لم يكن هناك الكثير مما يمكن قوله عن أسباب الطفرة إلا أنها كانت نادرة، أحداث مفاجئة ومنفصلة. أكد بور (1924) مرارا وتكرارا على أهمية الطفرات الصغيرة ، التي أطلق عليها اسم "كلاينموتاتيونين" ، في عمليات التطور الناتجة عن تراكم عدد كبير من الطفرات ، والتي تمارس معظمها تأثيرات طفيفة فقط. اقترح دي فريس (1901 ، 1903) أن الأنواع الجديدة من الإشعاعات مثل الأشعة السينية وغاما لها دور اساسي في استحداث الطفرات. في برلين في عام 1927 تقرير مولر الشامل عن عمله بالأشعة السينية على ذبابة الفاكهة والذي ظهر بعنوان مثير: "التحويل الاصطناعي للجين". استخدم ستدلر الأشعة السينية في حث الطفرات في النباتات. كما خلص مولر إلى أن الإشعاع عالي الطاقة خطير ليس فقط على الفرد ، ولكن أيضا على أحفادهم. لم تفهم كيفية تكوين التباين الجيني الجديد في النباتات إلا بعد اكتشاف عمل الطفرات للأشعة السينية ، الذي أظهره ستادلر في الذرة والشعير والقمح في عامي 1928 و 1930. بدأ ستادلر دراسته مع الشعير في نفس الوقت تقريبا عندما بدأ مولر العمل مع الأشعة السينية ، ولكن نظرا لأنه كان يستخدم نوعا نباتيا سنويا ، فقد اختلفت نتائجها ولم تكن متاحة إلا بعد نشر نتائج مولر.

تقسم المواد المظفرة بصورة عامة الى قسمين

المظفرات الفيزيائية والمظفرات الكيميائية

تتضمن المظفرات الفيزيائية الاشعة على اختلاف انواعها والقسم الاخر هو المظفرات الكيميائية. اكتشفت المظفرات الفيزيائية من خلال التعرض للاشعة السينية والذي ادى الى عيوب تتعلق بالكلوروفيل ، مما يؤدي إلى شتلات بيضاء أو صفراء. وجد ستادلر ثمانية وأربعين طفرة في تراكيب من البذور المشعة. ذهب ستادلر (1941) لإدخال عامل مظفر جديد ، الأشعة فوق البنفسجية ، في مختبره التجريبي.

تشمل العوامل المظفرة الفيزيائية

1- العوامل الفيزيائية

أ- الاشعاعات المؤينة Ionizing Radiations تؤثر الاشعاعات المؤينة على بعض جزيئات ال-DNA وتؤدي إلى تغير في بنائها الكيميائي. لقد وجد أن معدل الطفرات المستحدثة تتناسب طرديا مع الاشعاع ومن هذه الاشعاعات: الفا وبيتا وكاما وجميعها تسبب في تأين بعض الجزيئات وتقاس بوحدات الراد و roentgen رونتجن وحدات جرعة الاشعاع. ب- تعمل الاشعة فوق البنفسجية، الحرارة على انتاج دايمرات **Dimers** (ارتباط بين جزيئات الثايمين لنفس الشريط (المتجاورة)) وبالتالي لانستطيع قواعد الثايمين تكوين اواصر هيدروجينية مع الادينين وبالتالي يختل ترتيب او تنظيم الخيط الحلزوني. أن للاشعة المؤينة تأثير بايولوجي (مباشر او غير مباشر) ويقصد بالفعل المباشر الضرر الذي يلحق بالجزيئات المهمة بيولوجيا في الخلية الحية والتي تتاين مباشرة او تصبح بحالة متهيجة وقد تؤدي إلى تلف جزيئات الحامض النووي والجزيئات الكبيرة في الساييتوبلازم اما الفعل غير المباشر للاشعاع يؤدي إلى ضرر لجزيئات الخلية بفعل الجذور الطليقة (الجذور الحرة Free radicals والتي تنشأ من تأين جزيئات لاسيما جزيئات الماء فهذا يؤدي إلى نشوء ايونات مختلفة

H_2O^* , H^* , OH^* , H_2^* , H_3O , H_2O_2

والتي تتفاعل مع نواة الخلية والساييتوبلازم وتؤدي إلى تفكك الرابطة الكيميائية لذرات الكربون بسهولة فجرعة صغيرة من الاشعة المؤينة تؤدي إلى حدوث تغيرات في ال-DNA

(الذي يخزن المعلومات الوراثية لجسم الكائن الحي) وقد يؤدي إلى تلف الـ DNA او حصول تغيرات او ضرر بالغ في بنية الكروموسوم.

اكتشفه ألتنبرغ (1934) من خلال تشجيع خلايا لبيض ذبابة الفاكهة. ومنذ ذلك الحين تم تأكيد إمكانات الطفرات لهذه الأشعة في العديد من الكائنات الحية التي يمكن أن تكون الأنسجة الجرثومية بسهولة وكذلك العمل في عام 1928 مع الشعير باستخدام الأشعة فوق البنفسجية وتجارب الكوبلت المشع .كانت علاقة معدل الطفرة بالجرعة الكلية خطية-مضاعفة الجرعة ضاعفت معدل الطفرة.

العمل الرائد لمولر على الطفرات في 1960-70. على الرغم من أنه أثبت أن النيوترونات مطفر فعال ، خاصة لإنتاج عمليات حذف كبيرة لشظايا الحمض النووي ، إلا أن تطبيق النيوترونات في الطفرات المستحثة كان محدودا.

الطفرات الكيميائية

تمت محاولة تحريض الطفرات بواسطة العوامل الكيميائية خلال العقدين الماضيين ، والتي أصبحت واحدة من التطورات الرئيسية من قبل العديد من الناس على مدى فترة طويلة ، ان بدايات استخدام المطفرات الكيميائية ترجع الى النتائج ايجابية واضحة عام 1939 عندما وجد ثوم وشتاينبرغر أن حمض النيتروز كان فعالا في استحداث الطفرات

المواد الكيميائية المطفرة

هناك العديد من المواد الكيميائية لها القدرة على احداث طفرات وراثية او تغيرات كروموسومية ففي السنوات الاخيرة تم اكتشاف تأثير العشرات من تلك المواد التي لها القدرة

على احداث تغييرات كروموسومية اذا ما تعرضت لها الخلية او النسيج او الكائن الحي وبتراكيز محددة ولفترة معينة من الزمن.

أن هذه الكيماويات كغاز الخردل وحامض النتروز HNO_2 شكل أدناه وهيدروكسيل الامين NH_2OH والعوامل الالكيلية Alkylating agents تتفاعل مع مقاطع معينة من المادة الوراثية ضمن الكروموسوم مسببة تغيرا في بنائه الوراثي أن تأثيرها قد يكون اخطر من الاشعة المؤينة حيث تؤدي إلى احداث تغييرات نوعية وكمية في المادة الوراثية تقود إلى ظهور طفرات وراثية وذلك لقدرتها على النفاذ إلى داخل النواة والتفاعل مع المادة الوراثية منها.

هناك مواد كيميائية لها صيغة تركيبية تشبه بعض القواعد النتروجينية تدعى مشابهاً القواعد Base analoges أن هذه المواد تختلف عن القواعد النتروجينية الاعتيادية كونها تستطيع أن تزيد من احتمال حصول اخطاء تزاوجية في حالة توفرها في الخلية اثناء مرحلة التضاعف (تكرار الـDNA) قد تؤدي إلى حصول تغييرات كروموسومية ومن اهم المشابهاً القواعد:-

5- برومويوراسيل (5DU-5 bromodeoxyuracil) الذي يشبه الثايمين Thymine و2- امينوبيورين 2- aminopurin

كما ان ترانسبوسون و ريتروترانسبوسون.في الآونة الأخيرة كانوا أول من أبلغ عن أن غاز الخردل (1 ، 5-ثنائي كلورو-3 - ثيابنتان) كان له تأثير مطفر على ذبابة الفاكهة ، والذي كان مشابهاً للأشعة السينية على النباتات. حصل أورباخ وروبسون (1946) لاحقاً على أدلة واضحة لإثبات أن غاز الخردل مطفر. تم العثور على المطفرات الكيميائية لتكون فعالة للغاية في إحداث طفرات جينية حقيقية وامكن معرفة ميكانيكية عملها من خلال تحليل تفاعلها مع قواعد الحمض النووي المختلفة.

ان الطفرات المختارة المستهدفة أو الطفرات الموجهة للموقع الجيني يعتمد نجاحها على فهم لآلية إصلاح الحمض النووي.

استخدمت التقنية القياسية التي ابتكرها مولر لتسجيل طفرات جينية متتحية ومرئية في ذبابة الفاكهة بعد تعرض الذباب لجرعة محددة مسبقاً من الغاز. كانت الملاحظة الأكثر أهمية هي أن غاز الخردل مطفر للغاية وقادر على إنتاج طفرات قاتلة ومرئية بمعدلات مماثلة لتأثير الأشعة

السينية. إلى جانب الطفرات الجينية ، تم إنتاج انحرافات كروموسومية في شكل عمليات حذف وانعكاسات ونقل.

تم تحديد الاتجاه المستقبلي للعمل على الطفرات الكيميائية بشكل أساسي من خلال التقدم السريع في فهم بنية الجينات ووظيفتها بعد إظهار الحمض النووي كمادة وراثية. أشار واتسون وكريك أثناء اقتراحهما لنموذجهما لهيكل الحمض النووي في ورقتهما الشهيرة عام 1953 إلى أنه يمكن فهم كل من تكرار الجينات وتحورها من حيث البنية الجديدة. أصبح من الممكن الآن التخطيط للدراسات مع المركبات التي وجد أنها تتفاعل مع قواعد الحمض النووي وتعديلها بطرق محددة. وهكذا ، حمض النيتروز وغاز الخردل.

ثبت أن غاز الخردل كان مطفرا في الشعير. رابوبورت (1946 ، 1948) واكتشفت وأظهرت آثار الطفرات من غاز الخردل والعديد من المواد الكيميائية الأخرى مثل التغييرات التي تنطوي على استبدال قاعدة بأخرى. يمكن أن يحدث هذا من خلال الاقتران الخاطئ للقاعدة التناظرية في الحمض النووي المعالج أثناء النسخ المتماثل ، مما يؤدي إلى تغييرات مختلفة وهناك الكثير من المركبات المطفرة الأخرى كالفورمالديهايد وثنائي إيثيل سلفات وديازوميثان وأثبتت أن عوامل الأكللة هي أهم مجموعة من المطفرات الكيميائية.

تحدث الطفرة من خلال التحولات عندما تحدث التبادلات إما بين البيورينات (أ G ز) أو بين البيريميدين.

نظائر القواعد النتروجينية مهمة في استحداث الطفرات ومنها نظائرها-5-بروموراسيل (بو) و 2-أمينو-البيورين (أب). تم العثور على هذه النظائر الأساسية لتكون مطفرة للغاية في فيروسات تي 4 سلسلة من خلال عملها في إحداث أ:تي إلى ز:ج التحولات. ان أبسط أنواع التغييرات زوج قاعدة ، وهو إضافة أو حذف زوج قاعدة النوكليوتيدات عندما تتمكن إحدى القواعد من

الاقتران بقاعدتين أو تفشل في الاقتران على الإطلاق. هذه الأنواع من التغييرات التسلسلية في القواعد مما يؤدي إلى تغييرات مظهرية مرئية.

في وقت لاحق ، أبلغ فريزليين ولين (1942) عن تحريض مقاومة العفن الفطري في الشعير عن طريق الإشعاع السيني.

. قد يتم عكس تسلسل صغير لقواعد في الحمض النووي أو عدد اكبر من القواعد نتيجة لكسر الكروموسوم ، وقد يتضمن لم شمل الأطراف المكسورة جزيئات مختلفة من الحمض النووي في إعادة ترتيب متبادلة أو في الحذف.

تطبيقات الطفرة المستحثة على النبات

على الرغم من أن التطهير المستحث قد ساهم أيضا في إنشاء خرائط جينية أو مجموعات ربط لعدد قليل من المحاصيل ، إلا أن تطبيقه كان موجهها بشكل أساسي لتربية أنواع جديدة من المحاصيل حتى أقل من عقد مضى. مع تطور البيولوجيا الجزيئية وظهور أدوات جينومية جديدة ، تعمق فهم العملية البيولوجية للطفرات بشكل كبير. ومنذ ذلك الحين تم توسيع تطبيقات الطفرة المستحثة بشكل كبير وزادت كفاءتها بشكل كبير.

أصناف الكتان. تم إنتاج طرز اللينولينيك المنخفضة في كل من الكتان والكانولا مؤخرا من خلال تقنية تربية الطفرات. 'السعي الذكية' كانولاس هي أيضا نتاج الطفرات. في أماكن أخرى من العالم ، قدرت منظمة الأغذية والزراعة في عام 1994 أن ما يقرب من 70 ٪ من القمح القاسي في إيطاليا كانت أصنافا مظفرة وأن هناك 400 نوع من الأرز مشتق من برامج الطفرات. في أوروبا ، قدم اثنان من طفرات الشعير ، "الوعد الذهبي" و "ديمانت" جينات تقزم لمعظم الشعير. ان الدراسات الأساسية للطفرات إلى علم الوراثة العكسي يدرك المربون الآن الإمكانيات الأحدث والآثار البعيدة المدى لتقنية الطفرات المستحثة وهم قادرون على استخدامها بمزيد من التطور والكفاءة أكثر من أي وقت مضى.