

誘導突變在作物育種上之利用

陳姿翰

摘要

所謂誘導突變，指的是人為利用物理、化學或空間等因素處理植物材料，誘導植物產生遺傳物質的變異，在短時間內獲得有利用價值的突變體。1927年，Muller用X射線處理果蠅的精子，結果發現X射線會使果蠅突變，從此開創了以人為方式來誘導突變的開始。之後stadler將X射線和 γ 射線應用在玉米和大麥上，結果發現輻射也可以對植物產生變異。直到1934年的時候，Tollenaar以X射線處理菸草，並育出了第一個突變體品種。

誘變的方式大致上可分為物理的、化學的及空間的。現代科學技術發展進一步產生了更多新的誘變技術，例如離子束照射及太空誘變育種等。而進行處理的作物包括農藝及園藝作物，尤其是對於像花卉這類以營養繁殖方式產生後代的作物，所改良的性狀除了可見的外觀表現型外，還包括像成熟期、抗病蟲害性或是作物本身的品質(例如禾穀類的蛋白質和胺基酸的含量，或是豆類的含油脂肪量等)。

將誘變直接視為預成新品種的方法並不恰當，因誘變的所產生的變異有將近90%都是不良變異，或是伴隨著不良性狀的產生。所以，與其將誘導突變視為產生新品種的直接方法，還不如將誘導突變視為增加變異性的工具之一。再利用雜交或是選種的方式，重新組合突變體的優良性狀，比起直接利用誘導突變創造新品種，更可以獲得具有利用價值的結果。

關鍵字：誘變、育種

前言

所謂誘導突變，一般簡稱為誘變。是指以人為的方式利用物理、化學或是生物的因素處理植物材料，藉以誘導植物產生遺傳物質的變異，在短時間內獲得有利用價值的突變體。在一般的情況下，原本植物就會不定時的產生突變，只是突變的機率約為百萬分之一；而利用人為的方式，乃強迫植物材料在短時間內進行突變，突變的機率將可以提高到萬分之一。因此誘變最重要的價值在於，可於短時間內獲得具有利用價值的突變體。

內容

一、誘變的歷史

關於誘變的歷史，最早於1927年，Muller以X射線處理果蠅的精子，結果發現X射線會使果蠅發生突變，從此開創了以人為方式來誘導突變的開始；後來stadler將X射線和 γ 射線應用在玉米和大麥上，結果發現輻射也可以對植物產生變異。直到1934年的時候，Tolleneer以X射線處理菸草，並育出了第一個突變體品種。

二、誘變的意義

誘變之所以可應用在育種上，最主要是因具有以下幾個意義：

1. 增加突變率，擴大變異：因育種就是從各種變異中選出吾人所需要的，所以變異越多，越有可能從中找出所需。例如弘光大學以疊氮化鈉誘導菜豆花莢種(Hwachia)後，產生的一系列突變體，誘變的結果不只顯現在外表型上，在成分上(主要針對抗氧化能力)也產生極大的差異，當中2個突變體的原花青素含量大約是原來Hwachia的3-4倍，表示這2個特殊的突變體未來也許可作為在抗氧化力上的研究或是育種材料，都是非常有利的。
2. 打破基因連鎖，提高基因重組率：由於人為誘變的方式，以輻射的方式或離子束的方式可打破基因的連鎖，有時因為所需要的優良性狀(例如抗病性或高產量)常會與一些不良性狀連鎖，基本上連鎖單就普通雜交育種的方式不可能發生變化，所以以人為誘變的方法將可打破這種連鎖，而提高基因的重組率。
3. 利用誘變分離營養繁殖植物的重要性狀基因：一般擁有良好性狀的作物都會以無性繁殖的方式來保持優良的性狀，所以不太可能發生基因的分離，將這些營養繁殖系的作物直接以人為方式誘變，可以用來分離重要的性狀基因。
4. 有利於縮短育種程序，加速育種發展：綜合上述，可知縮短育種程序，加速育種的發展為誘變育種最主要之目的。

三、誘變的技術

誘變的技術，大致上可分成物理誘變、化學誘變跟空間誘變。

1. 物理誘變：

是最早發展出的人為誘變方式，將輻射打在植物上。一般來說輻射又分成兩種，一是電磁輻射，一是粒子輻射。電磁輻射是以電場和磁場交互震盪的方式穿過物質和空間而傳遞能量，屬於一些電磁波，例如X射線、 γ 射線、紫外線及微波。至於粒子輻射則是藉由一些高速運動的粒子將動能傳遞給其他物質，主要是一些基本粒子及這些粒子所構成的原子核，一般則有 α 射線、 β 射線及離子束。

照射的方式有外照射、內照射跟間接照射。用輻射外照射植物的不同部位，效果也不太一樣，一般來說種子是最常用的，因為操作簡單、而且種子的體積小，可以一次處理大量的種子，相對提高變異率，也很方便貯存或運輸。另外還有照射花粉及子房，通常較適用於果樹，因為花粉的活力強、壽命長且花粉的量多，只要對花粉進行照射後受精，與卵細胞結合就會產生異質結合體。照射子房也是一樣的。此外照射一些器官組織，像是馬鈴薯塊莖、洋蔥的鱗莖，也可以大幅提高突變的頻率。內照射的方式，主要是將放射性物質配製成液體，或是溶在如凡士林、羊毛脂裡，然後塗抹在植物的器官或組織上，或是浸泡在裡面，使放

射線物質滲入植體內進行內照射。至於間接照射則是對培養環境中的物質，例如培養基等進行輻射，將試驗材料栽培在裡面進行間接照射。

以石竹的葉段照射離子束，所產生的不定芽發生突變的後代中，原來的親本植株的花色為櫻桃色，經過誘變後產生的變異花色則出現了暗紅色、雙色、黃色跟鮭魚色等，與原花色相當不一樣，這在花卉育種上，極具利用的價值。

2. 化學誘變

舉凡可和植物體的遺傳物質發生作用，並改變其結構，使其後代產生變異的化學物質都可稱為化學誘變劑。常用的化學誘變劑大概有以下幾類：

- (1) 烷化劑：早期用過硫芥子氣，其他還有甲基磺酸甲酯(MMS)、甲基磺酸乙酯(EMS)、2-環氧丙烷、乙烯亞胺(EI)，現在較常使用的為甲基磺酸乙酯。這些烷化劑的共通點是都具有一活躍的烷基，像這類的藥劑通常有很高的活性，而且有毒，要在使用時才配製，無法貯藏。
- (2) 核酸鹼基類似物：這類誘變劑主要是和DNA鹼基中的一種相似，然後在正常的複製過程中替代了某種鹼基，因此形成異種DNA，造成配對錯誤引起點突變。這部份的化學誘變劑有5-溴脲嘧啶(5-BU)、5-氟脲嘧啶、5-溴脫氧脲嘧啶核苷等。
- (3) 疊氮化鈉(NaN_3)：近年來的試驗常以疊氮化鈉來進行突變，主要造成突變的機制也是鹼基的轉換。
- (4) 抗生素類：此外還有一些抗生素類的物質也可以用來作為誘變劑，像是鏈黴黑素、絲裂黴素C、重氮絲氨酸等，這類物質的誘變機制主要為抗生素破壞DNA核酸酶，影響DNA的合成及分解，造成染色體的斷裂。
- (5) 其他：除上述這幾個大項以外，還有生物鹼也很常被用來進行誘變，最常見的即以秋水仙鹼進行多倍體的誘導。對於植物而言會有一些變異性的產生，不管是在外表型或是在基因型上，通常倍數體化的植物會出現葉色濃綠、葉片變厚、莖部變粗，花朵變大的現象，還有最重要的一點是，倍數體化後的植物常會使原本雜交不親合的兩品種變的親合，或是原本具有不稔性的作物變的具有稔性，也因此使秋水仙素在育種的利用上佔極大之地位。

3. 航天誘變：

航天誘變為新興的一種誘變技術，是利用衛星將一些作物的種子輸送到太空中，然後利用宇宙空間特有的環境，如微重力、空間輻射、高真空等，對植物造成誘變，關於這種航天誘變的技術，最主要是以種子來誘變，且以農藝作物為主，目前大陸地區已經發射了10多個衛星且已返回，大約有70多種作物500多個品種經過選育，已經發表了幾個經過航天誘變的水稻品種，效果相當驚人。

四、誘變的影響因子

1. 作物的種類

誘變的影響因子中，仍是以作物本身佔最大因素，主要是對於輻射及化學誘變的劑的敏感性不同，不同種的作物或是不同品種的作物，對誘變的敏感性都有

差異，像是聖誕紅和菊花對於輻射誘變的敏感度很高，都是容易受誘變而產生變異的植物，而用4個不同品種的蔓綠絨來進行誘變，結果當中僅1個品種中出現變異。一般來說，染色體大、DNA含量高的作物對於誘變的敏感度較高。另外像處理的部位不同，誘變的程度也不一樣，通常生殖細胞比體細胞要敏感、卵細胞比花粉細胞敏感，還有枝條比種子敏感。植物發育的階段不同也會使敏感性不一樣，一般分化較少的芽體比高度分化的芽體來的敏感，突變率也比較高，而休眠中的種子及枝條較不敏感，甚至是在種子發育的過程中對誘變劑的敏感性也不一樣。另外還有植物的生理狀態，基本上生長衰弱的枝條比生長強健的枝條要敏感的多

2. 誘變劑

在誘變劑的部份，會影響的因素則有誘變劑的種類：包括輻射誘變和化學誘變劑的種類，基本上每一種植物適合用來作為誘變劑的種類不一樣，有的適合以離子束去打，有的則較適合用化學誘變劑去作誘變，而每一種誘變劑適合處理的濃度也不一樣，通常隨著誘變劑濃度變高，再生率會降低，但是變異的比率則會變高，因此需在再生率和變異率間達到一平衡點誘變劑濃度，大多數研究報告皆認為最適合用以作為誘變劑的濃度是植物的臨界致死量。日本植物研究所石竹為試驗材料分別照射不同劑量的X-射線、 γ 射線和碳離子束，然後計算其變異率。研究結果顯示不同種類的輻射射線誘導石竹產生變異的比率也不同，從變異率來看的話，照射10Gy的離子束就可以誘導3.8%的突變，而X-射線和 γ 射線則要高達70-80Gy才行。至於處理誘變劑的時間也會造成差異，例如以輻射照射的時間，或是浸泡化學誘變劑的時間均有一個適當的處理時間。以0.4%的甲基磺酸乙脂誘變鳳梨台農17號，取冠芽浸泡甲基磺酸乙脂，結果顯示隨著浸泡的時間越長，再生的比例逐漸降低，以台農17號來說，浸泡8小時時再生率有64.9%，應會是最適合的處理時間。

3. 材料之預處理：

以氧氣預處理植物材料，氧氣會使輻射所造成的生物學損傷加劇而可使染色體發生畸形，但是缺氧的情況下也會使突變比率變高。在含水量的部份，像是種子裡的含水量不同，則對於輻射的敏感性則有所差異，一般是在某一特定的含水量下植物對輻射的抗性最強，低於或高於該含水量都會增加對輻射的敏感性。還有溫度的因素，因為溫度可以改變自由基之間的相互作用的程度，溫度較低的話會降低自由基的活動力，而減少與氧氣間的相互作用。

4. 其他因子：

不同的pH值的環境及緩衝液也會影響誘變，像是烷基磺酸脂類的化學誘變劑水解後會產生強酸，會提高植體的生理損傷，降低植體的存活率。另外不同誘變劑在不同緩衝液內的穩定性也不同，例如疊氮化鈉必須在pH3的環境下才能維持其穩定性。以不同pH的甲基磺酸乙脂處理鳳梨台農17號的冠芽，結果顯示pH在6.0的時候植體的再生率最高。

結語

與其將誘導突變視為產生新品種的直接方法，不如將誘導突變視為增加變異性的工具之一。再利用雜交或是選種的方式，重新組合突變體的優良性狀，比起直接利用誘導突變創造新品種，更可以獲得具有利用價值的結果。

參考文獻

1. 許華欣、黃麗春、劉邦基、鄭櫻慧、張有明、蕭吉雄。2001。金花石蒜化學誘變處理之研究。中華農業研究 50(2): 67-77。
2. 陳昫皓、陳京城。2011。鳳梨EMS誘變及RAPD分子標誌分析。植物種苗 13(2): 37-51。
3. 陳威臣、蕭翌柱、蔡新聲。1999。γ-射線照射蔓綠絨組培苗莖段之誘變研究。中華農業研究 48(4): 32-41。
4. 潘光輝、尹賢貴、楊琦鳳、張贊。2005。作物航天誘變育種研究進展。西南農業學報 18(6): 853-857。
5. Jang., T. L., Y. J. Shih, C. C. Lai, M. T. Wu, and J. M. Sung. 2010. Anti-oxidative characterization of NaN₃-induced common bean mutants. Food Chem. 119: 1006-1011.
6. Luan., L. Q., Nguyen, H. P. U. and Ha, V. T. T. 2012. *In vitro* mutation breeding of *Paphiopedilum* by ionization radiation. Sci. Hort. 144:1-9.
7. Okamura, M., N. Yasuno, M. Ohtsuka, A. Tanaka, N. Shikazono, and Y. Hase. 2003. Wide variety of flower-color and -shape mutants regenerated from leaf cultures irradiated with ion beams. Nuc. Ins. Phys. Res 206 : 564-578.