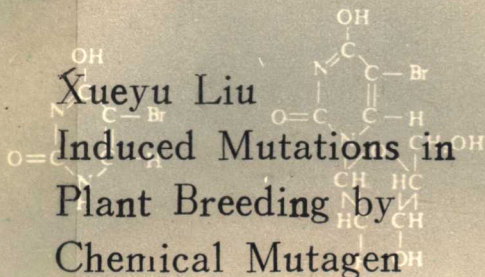
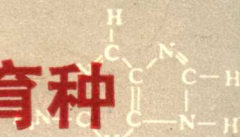
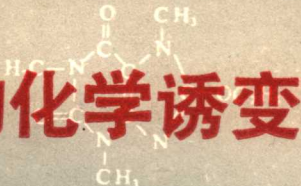
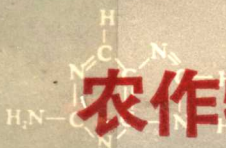


Chemical Mutagen

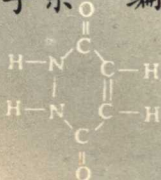


5-溴尿嘧啶 (5-BU)

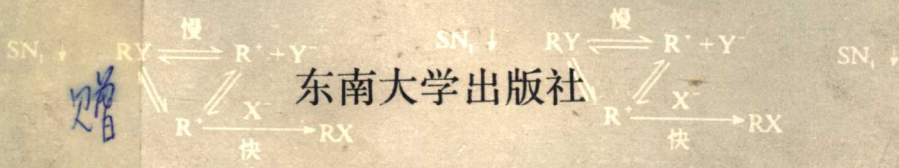


农作物化学诱变育种

柳学余 编著



1,3,7,9-四甲基尿酸 (TMU)



东南大学出版社

Xueyu Liu
Induced Mutations in
Plant Breeding by
Chemical Mutagen

农作物化学诱变育种

柳学余 编著

东南大学出版社
Southeast University Press

(苏)新登字第 012 号

农作物化学诱变育种
柳学余 编著

东南大学出版社出版发行

南京四牌楼 2 号

南京航空学院印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 11.25 字数 231.0 千字

1992 年 9 月第 1 版 1992 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-500 册

ISBN7-81023-663-6

S·19 定价: 6.50 元

责任编辑: 于 一 刘柱升

前 言

培育优良品种是农业科研的重要任务，为了满足不断增长的对农产品的需求量，必须经常提供高水平的农作物新品种。

近年来，农作物化学诱变育种技术日益受到国内外育种家的重视。由于化学诱变剂成本低廉，使用方便，诱变作用专一，它是一种迅速发展的农作物育种手段，若与物理诱变剂配合使用，则更加发挥其独特的诱变效果。

本书分两部分。基础部分主要介绍化学诱变育种研究的成就与进展，化学诱变剂的种类及其作用特性，化学诱变剂处理的材料与方法，影响化学诱变效应的作用因素，化学诱变的前、后处理技术，常用化诱剂的理化特性与安全防护以及提高化学诱变频率的方法等。应用部分介绍化学诱变在谷类作物、豆科作物、经济作物、蔬菜作物、果树园艺作物以及牧草作物育种中的应用技术和育种成果。为便于阅读书末附录了国际原子能机构登记的化诱育成的新品种（系）以及常用化学诱变剂英、俄文缩写词与结构式。

在本书编著过程中承蒙王义华同志审阅和协助微机编排特此致谢。但限于编著者的水平，难免有疏漏与不足之处，望读者批评指正。

内 容 简 介

农作物化学诱变育种是人为地利用化学诱变剂，诱发农作物发生突变，通过多世代对突变体进行选择 and 鉴定，直接或间接地培育出生产上能利用的农作物新品种。

本书介绍了国内外化学诱变育种的研究成就与进展、种类及作用、材料与方法、常用诱变剂等，以及化学诱变在谷类、豆科、棉花、麻类、蔬菜、果树、牧草等作物育种中的应用。

本书可供生物学和农业科技工作者、大专院校师生学习参考。

目 次

引 言	(1)
-----------	-------

I 化学诱变育种的应用基础

1 化学诱变育种研究的成就与进展	(5)
2 化学诱变剂的种类及其作用特性	(20)
3 化学诱变剂处理的材料与方法	(39)
4 影响化学诱变效应的作用因素	(45)
5 化学诱变前处理及后处理方法	(63)
6 常用的化学诱变剂	(72)
7 常用化诱剂的理化特性与安全防护	(107)
8 提高化学诱变频率的方法	(124)

II 化学诱变在作物育种中的应用

9 谷类作物	(134)
10 豆科作物	(185)

11	经济作物	(215)
12	蔬菜作物	(247)
13	果树园艺作物	(275)
14	牧草及其它作物	(295)
附 表		(306)

引 言

农作物化学诱变育种是人为地利用化学诱变剂，诱发作物发生突变，再通过多世代对突变体进行选择 and 鉴定，直接或间接地培育成生产上能利用的农作物新品种。

在人工诱变的育种手段中，化学诱变具有成本低廉、使用方便、诱变作用专一等特点，是一种迅速发展的农作物育种手段。化学诱变剂及其与物理因素的配合使用更加发挥了它的独特诱变效果。

近年来，国内外利用化学诱变育成的品种数明显增加了，已由 1981 年的 21 个增加到 1986 年的 49 个，到 1990 年的 106 个，包括禾谷类、豆类、蔬菜、园艺、油料、牧草等 38 种农作物。其中育成品种数较多的农作物有大麦（15 个）、水稻（12 个）、小麦（9 个）、玉米（7 个）、豇豆（4 个）、烟草（4 个）；豌豆、大豆、蚕豆、莱豆、茄子、羽扇豆、燕麦、麝香石竹各 3 个；油菜、荞麦、黑麦各 2 个；其它如元麦、花生、芝麻、向日葵、甜菜、番茄、青椒、菠菜、绿豆、甘蓝、苹果、高粱、木豆、桑树等各 1 个。

化学诱变剂的种类很多，应用广泛。半个世纪以来，人们在筛选高效低毒化学诱变剂的过程中，从简单的无机物到复杂的有机化合物，曾试用过近千种化学物质，但就农作物化诱育种而言，目前应用较多的有效化学诱变剂有甲基磺酸乙酯（EMS）、硫酸二乙酯（DES）、乙烯亚胺（EI）、以及

叠氮化物 (NaN_3 , KN_3 等) 和亚硝基化合物 (NMH, NEH, NMU, NEU, MNNG 等) 等数种。

不同化诱剂所诱发的突变类型和频率是各不相同的。就小麦来说, EI 诱发直立型穗频率较高, 而 dMS 诱发棒锤型穗频率较高。不同化诱剂处理作物的不同器官, 其诱变效果亦不相同。有人用 EMS、EI 及 NMU 诱发水稻胚乳突变, 处理种子, 以 EMS 效果最好; 处理受精卵, 则以 NMU 诱变效果最好。

比较化学诱变与辐射诱变的效果研究证实, 化诱剂诱发的变异频率可达辐射诱变的 3—5 倍。但也有相反的结果。有人认为, 在大麦和水稻的突变谱方面, 辐射诱发的白化苗和染色体畸变较多, 而化学诱变剂诱发淡绿苗、黄化苗以及不育率比较高。

叠氮化物目前被认为是应用于诱变育种的高效化诱剂, 他对农作物的 M_1 代生理损伤小, 毒性低, 诱变效率高。pH 对 NaN_3 的诱变效率有很大影响。当缓冲液的 pH=3.0 时, NaN_3 处理的效果最佳。预浸发芽可有助于诱变剂扩散进入细胞膜, 并与核内物质相互作用。预浸及处理时通氧, 能提高叠氮化物的诱变率。预浸 4 小时能使叠氮化物直接对 DNA 产生影响。 NaN_3 处理大麦种子, 其叶绿素突变频率可达 46%。长谷川等认为, NaN_3 比 γ 射线对水稻有较高的诱变效果, 经 NaN_3 处理的干种子, 在 M_1 代出现较多的叶绿素突变, M_2 代出现较高的频率的矮秆、迟熟、不育等多种突变。

化诱剂处理农作物不同器官有不同的诱变效果。在化学诱变育种中, 常用种子作为处理对象。因为处理种子比较方便。但种子是多细胞组织, 在突变发生过程中容易产生细胞

间的竞争，使突变细胞受到抑制或消亡。处理花药、合子或配子比处理种子有着更好的效果。这既能最大限度地排除突变细胞被筛选淘汰的可能性，又因为他们对化诱剂较为敏感，诱变频率较高，在这方面国内外均有不少报道。有人用 EMS 处理春小麦配子和合子的诱变效果均优于处理种子。也有人用 EMS 处理冬小麦合子， M_1 代损伤明显， M_2 代的有益突变频率高达 12.5%。

为了提高化学诱变的效果，许多学者主张与辐射复合处理，即先用 γ 射线、中子等辐射处理后再用化学诱变剂处理，辐射处理改变了细胞膜的渗透性，也就有可能促进对化学诱变剂的吸收。 γ 射线与 EMS 复合处理，可以提高穗部突变频率，有利于诱发高蛋白突变和提高总突变率，扩大突变谱。 NaN_3 对 γ 射线损伤有一定的抑制修复的功能。用 γ 射线与 NaN_3 复合处理大麦，不仅可以提高总的突变频率和突变谱，而且分别对 M_1 代穗和 M_2 代幼苗突变频率产生累加和协同作用，染色体畸变率也有较大的提高。

化学诱变产生的突变体，有些可以直接育成新品种。也有些可以作为种质资源，作为杂交亲本加以利用，即将化诱获得的突变体与稳定的品种杂交，或者两个不同的突变体之间进行杂交而育成新的品种。化诱育种和杂交育种都是创造农作物新品种的有效途径，它们各有特点，育种家的任务就是把他们结合起来，取长补短，提高育种效果，既可创造自然界未曾见到过的种质资源，又能根据杂种后代性状的遗传传递规律，对后代进行正确的选择与鉴定，就有可能培育出新的突破性品种。

I 化学诱变育种的应用基础

1 化学诱变育种研究的成就与进展

在植物诱变育种研究中，育种家除了较多地利用 γ 射线、X 射线、中子以及微波等物理诱变因素以外，化学诱变剂也是诱变育种研究常用的一种诱变剂。

1.1 化学诱变育种研究的成就

20 世纪初，Morgan(1910)、Bauer (1916)及 Сахаров (1936)等先后发现化学物质能提高果蝇及某些微生物的突变频率，嗣后 Auerbach 以及 Рапопорт (1943、1946) 等明确指出，乙烯亚胺及硫酸二乙酯等化学物质对于果蝇具有诱发突变的效果。Gustafsson 等 (1948) 用芥子气处理大麦获得突变体。

化学物质作为诱变剂在植物育种中广泛应用研究是从 50 年代末开始的 (Зоз, 1966)，瑞典、美国学者研究证实，乙烯亚胺及硫酸二乙酯对大麦及豌豆有良好的诱变效果 (Ehrenberg 等, 1958; Blixt 等, 1960; Heiner 等, 1960)。前苏联科学院化学物理研究所自 1960 年起，首先对冬麦、豌豆利用亚硝基乙基脲、亚硝基甲基脲及 1,4 双重氮乙酰丁烷进行化学诱变育种研究工作 (Зоз, 1961, 1962; Григоров 等, 1964)。

此后，农作物化学诱变育种工作在世界各国也都发展起来，特别是在近 20 余年来，俄、法、意、美、日以及印度等国科学家，先后用化学诱变育种方法育成了不少农作物新品种（系）。

据国际原子能机构《突变育种通讯》（1972~1990）不完全统计，全世界利用突变育种方法育成的农作物新品种（系）有 1515 个，其中利用化学诱变育成的新品种（系）有 106 个，约占诱变育成品种（系）总数的 7%。

育成品种最多的作物是大麦，有 15 个。众所周知的有 Nilan (1967) 用 dES 诱变，育成了高产、矮秆、抗倒的大麦新品种“Luther”；以及利用“Luther”作为亲本育成了大麦品种“Boyer”及“Mal”，这两个品种表现抗倒、早熟、高产，适于饲用。法国学者利用 EMS 处理品种“Vada”种子，育成了矮秆、抗白粉病的高产大麦品种“Betina”。俄国科学家利用多种化学诱变剂（EI, NEM, NEU, NEH, DMSO 等）诱变，先后育成了“Araraty”、“Debut”、“Fakel”、“Shirokolistnii”、“Temp”、“Teele”、“Vavilon”、“Harkovskii 84”等 7 个大麦新品种。他们表现早熟、抗倒、抗白粉病、高产、高蛋白质含量，适于饲用。丹麦育种家利用 NaN_3 处理“Triumph”品种，育成了不含花青素原的新品种“Galant”。

育成品种数居第二位的作物是水稻，有 12 个。例如印度育种家利用 EMS、EI 及 EO 处理，育成了 6 个水稻品种：“II T48”、“II T60”（1972）、“PL-56”（1975）、“Indira”（1980）、“Prabhavati”（1984）、“Intan”（1988），他们表现早熟、抗倒、高产。越南育种家利用 NMU、NEU 处理“IR22”，育成了适于深水栽培的高产水稻新品种

“DB250”、“NN22-98”。俄国育种家利用 NMU 处理水稻品种“Malish”，育成了早熟突变品种“Darlis II”。法国科学家对水稻品种“Cigalon”进行化诱剂处理，育成了迟熟高产品种“Pygmalion”。巴基斯坦育种家利用 EMS 处理水稻品种“IR6”，育成了高产、优质、抗螟、耐盐新品种“Shadab”。匈牙利学者利用 EMS 处理育成了水稻新品种“Oryzella”，表现早熟、高产、长粒、蒸煮品质好。

化学诱变育成的小麦新品种有 9 个，占第三位。例如俄国科学家曾利用 dES、NMH、NEH、NMU 等多种化诱剂诱变，先后育成了 7 个小麦新品种：“kijanka”、“Odesskaja Polukarlikavaja”、“Odesskaja 75”、“Polukarlikavaja 49”、“Deda”、“Kormovaja”、“Shchedraya Polesya”。他们多数表现高产、矮秆或半矮秆，抗倒，法国学者利用 EMS 处理育成小麦抗倒矮秆新品种“Cargidurox”。

此外，化学诱变对豆科作物、烟草、燕麦、油料作物、果蔬园艺作物以及某些特种作物的育种也有较好的应用效果（表 1-1）。本书第 II 部分将作详述。

表 1-1 化学诱变育成的农作物品种(统计到 1990 年)共 106 个

作物	育成品种数	作物	育成品种数
大麦	15	豌豆、大豆、菜豆、蚕豆、茄子、麝香石竹、燕麦、羽扇豆	各 3 个
水稻	12		
小麦	9	油菜、荞麦、黑麦等	各 2 个
玉米	7		
豇豆	4	向日葵、芝麻、花生、元麦、甜菜、番茄、青椒、蕹菜、红三叶草、地三叶草、绿豆、驴豆、高粱、甘兰、苹果、月季、木豆、桑、蔷薇、咖啡黄葵等	各 1 个
烟草	4		

1.2 化学诱变方法的研究进展

和辐射诱变一样，化学诱变方法在农作物育种中的应用，世界各国都做了大量的研究工作，并取得了很大的进展，尤其是前苏联科学院化学物理研究所 Рапопорт 教授做了许多实验和理论研究。

Рапопорт 及 Auerbach (1943, 1946) 发现了许多有效的化学诱变剂，有助于对化学诱变进行广泛深入的研究。Рапопорт 早在 1947 年就肯定了 EI 及 dES 的诱变效果，其他国家直到 50 世纪末才开始进行化诱育种的试验研究 (Зоз, 1966)。瑞典及美国学者亦证实 EI 及 dES 对大麦及豌豆有很好的诱变效果 (Ehrenberg 等, 1958)。

Рапопорт (1948) 最早报道了亚硝基化合物的诱变效果，特别是以气态的亚硝基化合物处理果蝇，获得了 100% 的 x 染色体突变 (1962, 1963)。他发现亚硝基尿烷及重氮酮是非常有效的化学诱变剂，有助于化学诱变研究的发展。前苏联科学院化学物理研究所自 1960 年开始研究新的化诱剂，首先发现 NEH、NMH、DAB 等是很有效的化诱剂 (Зоз, 1966)。最初用冬小麦及豌豆进行试验，诱发了很高的可见突变率 (Зоз, 1961, 1962; Григорова 等, 1964)。此后，法国遗传学家 Heslot 等 (1966) 实验发现 EMS、N-亚硝基-N'-乙胺基甲酸乙酯有较高的诱变活性。1965 年前苏联科学院化学物理所建立化学诱变研究中心，进行大规模农作物诱变试验 (Зоз, Рапопорт, 1971)。

诱发玉米产生突变常用的化诱剂主要有：EI, EMS, dES, dMS, 羟胺、DAB、NEH、NMH 等 (Бляндур,

1965; Beiggs 等, 1965; Briggs, 1968; Enderlein, 1973; Моргун, 1974; Попова, 1975).

1.2.1 化学诱变与辐射诱变的效果比较

通过对电离辐射及化诱剂的比较研究, 明确了上述两种诱变剂在诱发突变谱方面的差别, 也明确了化诱剂对诱发玉米突变的效果 (Gibson 等, 1950; Balint 等, 1965; Лысиков, 1966; Amano Etsuo, 1968; Бляндур, 1972; Моргун 等, 1973).

Зоз 对植物化学诱变及辐射诱变进行了试验比较, 化学诱发的变异是电离辐射诱变的 3~5 倍, 如果禾谷类作物辐射诱变平均产生 5%~10% 的遗传变异, 那末 EI 可引起 30%~40% 突变, EMS 为 50%~70%, dES 为 30%~60%. 此外化学诱变一般比辐射诱变产生较多的有益突变 (Зоз, 1966).

豌豆用 dES 处理产生的叶绿素突变及形态突变是 x 射线的 3~4 倍 (Monti, 1968). Шармы (1966) 的豌豆化学诱变试验证明, 他比 γ 射线及快中子更为有效, 产生较多的有益突变. Шкварников 等 (1976) 则认为快中子及 x 射线诱变效果较差. 在这方面羟胺、EI、EMS 效果较好. 冬小麦 γ 射线诱发突变的频率及突变谱不及 NEH 及 EI, 只有 NMH 处理春小麦效果稍差 (Сичхарь 等, 1976; Шкварников, 1976). Шевцов (1969) 研究了 NEH、NMH、EI、dES、dMS 及 γ 射线对大麦的诱变作用后指出, γ 射线诱变效果不如化诱剂. 利用 NEH、NMH 处理获得最大的突变频率和最广的突变谱. Сидорова (1968, 1972) 认为 EMS、NEH、NMH、EI、dES 是豌豆最有效

的诱变剂， γ 射线、 x 射线、dMS、羟胺及 DAB 诱发突变较少，如果根据有实用价值的类型数量评价，那末 EI 对棉花的诱变作用是 γ 射线和快中子的 1.5~2 倍 (Кулиев, 1965)。Просира (1968) 用 EI, dMS 对冬小麦进行化学诱变剂处理产生的突变是 γ 射线的两倍。

Тарасенков (1969) 研究 γ 射线、快中子、NMH、NEH、DAB、EI、EMS 对豌豆及番茄的诱变影响证实，NEH、NMH 可产生极广的变异谱。利用 dMS 及 EI 对豌豆处理时获得大量的有益变异类型；NEH 及 DAB 对番茄诱变效果亦好。

Ficsor (1966) 研究 EMS、dES、 γ 射线及紫外线对玉米的诱变效果时指出，化学诱变剂能比 x 射线及紫外线诱发产生大量有生活力的配子。但是 EMS 比 x 射线及紫外线引起较少的细胞损伤。根据 Kawai (1969) 的资料，化学诱变剂诱发的叶绿素突变及形态突变是电离辐射的 2~3 倍。电离辐射引起染色体发生较大的结构损伤。

新的化学诱变剂 NEH、NMH、DAB 试验再一次证明他们比电离辐射有较大的优越性。例如根据 Бартошевич (1966) 的资料，使用较高剂量亚硝基乙基脲的诱变效率超过 x 射线 500 倍，超过紫外线 150 倍，超过乙烯亚胺 60 倍，根据 Рапопорт (1971) 的意见，高效诱变剂具有较高的遗传活性，超过短波辐射千百倍，它具有特殊的诱变作用。但是不同作物所获得的资料并未低估电离辐射在植物诱变育种中的作用。目前积累的大量事实表明，对于诱发某些突变类型电离辐射不及化学诱变剂有效 (Хвостова, 1965, 1971; Шкварников, 1965; Дубинин, 1971; Эйгес 等, 1971; Бляндур, Лысков, 1972; Филиппа,