

化学诱变剂 EMS 对胡麻种子的诱变效应

王 斌, 赵 利, 侯静静

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: EMS 诱变是创造突变体, 创新种质和品种改良的有效手段。为探讨化学诱变剂 EMS 对胡麻种子的诱变效应, 设置 5 个 EMS 浓度和 4 个处理时间对 5 个胡麻品种进行诱变处理。结果表明, EMS 诱变处理对不同胡麻品种农艺性状的影响差异比较大, 变异比较丰富。在不同胡麻品种间, EMS 诱变对种子出苗期、成苗数的影响存在差异, 在不同籽粒颜色的品种间差异更显著。胡麻植株表型变异出现了黄化苗、畸形花、花瓣不展开、花瓣颜色变异株、分茎和分枝多, 茎扁平、簇头、早熟、不育等类型, 这些变异丰富了胡麻突变体库; 通过 EMS 诱变产生的突变体, 可为胡麻品种改良和种质创新提供优异资源。

关键词: EMS 诱变; 胡麻品种; 种子出苗; 农艺性状

中图分类号: S563.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2022)01-0073-05

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.014)

Mutagenic Effects of Chemical Mutagen EMS on Flax Seed

WANG Bin, ZHAO Li, HOU Jingjing

(Crop Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: EMS mutagenesis is an effective method in mutant creation, germplasm innovation and improvement. In order to investigate the mutagenic effect of EMS on flax seeds, 5 flax cultivars were mutagenic treated with 5 concentrations of EMS and 4 treatment times. The results showed that the effects of EMS mutagenesis on agronomic traits were different among different flax cultivars, which showed great variations. EMS mutagenesis on seed emergence and seedling number were different among different flax cultivars, and the differences were more significant among cultivars with different seed color. The phenotypic variation of flax plants included etiolated seedlings, deformed flowers, petals not expanded, petal color variation, multiple branches and branches, flat stems, cluster heads, early maturation and sterility, which enriched the mutant library of flax plants. The effects of EMS mutagenesis treatment on agronomic characters of different flax cultivars were different, and the variation was abundant. The mutants produced by EMS provided excellent resources for the improvement of flax cultivars and germplasm innovation.

Key words: EMS mutagenesis; Flax variety; Emergence of seed; Agronomic trait

胡麻是我国西北和华北重要的油料作物之一。胡麻籽和胡麻油营养丰富, 含有木脂素、优质蛋白质、膳食纤维等多种活性物质和不饱和脂肪酸, 具有抗氧化、抗癌、抗炎、降亚等功效。随着市场需求的增加, 我国成为世界上主要的胡麻籽进口国, 占世界贸易量总量的近 25%^[1]。因此, 加快胡麻优良品种的选育, 提高胡麻籽原料自给率显得尤为重要。EMS 诱变是创造突变体, 创新种质和品种改良的有效手段^[2]。化学诱变可以打破基因连锁, 提高基因重组率, 产生的新基因和新种质具有性状稳定快、可扩展遗传基础、缩短育种周期等优点^[3]。目前, EMS 诱变在亚麻育种上

也得到应用, 王玥等^[4]利用 EMS 处理亚麻材料“范尼”获得的最佳诱变体系为 0.6%/4 h 或 0.6%/8 h, 并筛选到 2 个早敏感突变体。李玉环^[5]以 0.6%EMS 处理亚麻萌动的种子 4 h, 筛选到茎部(茎粗、株高)突变体和具有耐盐性的突变体。Chantreau 等^[6]利用 0.3%、0.6%、0.75%的 EMS 处理亚麻种子, 得到 4033 个 M2(诱变二代)株系, 对子叶、下胚轴、茎、叶、花、株形等六大类突变体进行性状鉴定的结果表明, 其中 1 552 个株系表现出不同的、可见的表型变异, 变异比例达 38.5%。可见 EMS 具有突变率高、适用范围广、对诱变材料损伤较小等优点, 是一种有效的育种手段^[7]。

收稿日期: 2022-07-18

基金项目: 国家自然科学基金(32160499); 国家现代农业产业技术体系(GARS-14-1-03); 甘肃省自然科学基金(21JR7RA721)。

作者简介: 王 斌(1983—), 男, 甘肃清水人, 副研究员, 硕士, 主要从事胡麻种质资源和遗传育种研究工作。Email: 315261903@qq.com。

我们通过设置不同 EMS 诱变浓度和时间处理 5 个胡麻品种,探讨了诱变对不同胡麻品种的出苗、表型变异和 M1(诱变一代)农艺性状的影响,以期为胡麻品种改良和种质创新提供基础材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

指示胡麻品种分别为褐色籽粒品种轮选 3 号、CDC SoRel 和 C9625,浅黄色籽粒品种张亚 2 号和内亚 6 号。其中轮选 3 号、内亚 6 号由内蒙古农牧业科学院选育,张亚 2 号由张掖市农业科学研究院选育,CDC SoRel 和 C9625 为外引资源,由甘肃省农业科学院作物研究所提供。

1.2 试验方法

配制 pH 7.0 的 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液,称取化学诱变剂甲基磺酸乙酯配制 EMS 溶液。用不同浓度的 EMS 溶液 C1(0.3%)、C2(0.6%)、C3(0.9%)、C4(1.2%)、C5(1.5%)分别处理胡麻种子,处理时间为 H1(2 h)、H2(4 h)、H3(6 h)、H4(8 h),以磷酸盐缓冲液处理为对照(CK),共 21 个处理组合。将处理后的种子在大田播种,每处理播种 2 行,每行 300 粒,行长 2 m。统计每处理出苗期,与对照进行比较,并统计不同处理出苗期迟于对照的天数。调查成苗数,统计表型变异,按单株收获。第 2 年按单株播种,成熟后每处理取 20 株进行考种,考察 M1(诱变一代)的株高、工艺长度、分茎数、分枝数、单株果数、千粒质量、单株产量。

2 结果与分析

2.1 EMS 诱变对不同胡麻品种出苗期的影响

从表 1 可知,轮选 3 号和 C9625 的出苗期,处理 H1C1、H1C2 和 H1C3 与对照相同,其余处理比对照延迟 1~14 d; CDC SoRel 出现延迟出苗,随处理时间的延长和浓度的增加,出苗比对照延迟 1~14 d。张亚 2 号的处理 H3C1、H4C1 和内亚 6 号的处理 H1C1、H1C2 出苗期与对照相同,其余处理比对照迟 2~8 d,高浓度长时间处理未出苗。EMS 诱变对浅黄色籽粒品种种子的抑制作用大于褐色籽粒品种,随浓度的增加和处理时间的延长,抑制作用增大,处理 H4C5 的所有品种均未出苗。张亚 2 号对 EMS 诱变最敏感,轮选 3 号对 EMS 诱变最不敏感,3 个褐色籽粒品种之间出苗期有差异。

2.2 EMS 诱变对不同胡麻品种成苗数的影响

从表 2 可以看出,EMS 诱变对不同胡麻品种的成苗数影响差异比较大,尤其是不同籽粒颜色的品种间差异更明显。不同处理间,轮选 3 号成苗数为 0~90 株,CDC SoRel 成苗数为 0~74 株,C9625 成苗数为 0~78 株,张亚 2 号成苗数为 0~47 株,内亚 6 号成苗数为 0~62 株。褐色籽粒品种 C9625 在 H3C2、处理 H3C3 和 H3C4 下成苗数明显少于轮选 3 号,而浅黄色籽粒品种张亚 2 号成苗数少于内亚

表 1 EMS 诱变处理的不同胡麻品种出苗期^① d

处理	轮选3号	CDC SoRel	C9625	张亚2号	内亚6号
H1C1	0	2	0	2	0
H1C2	0	2	0	2	0
H1C3	0	3	0	6	6
H1C4	1	6	2	3	6
H1C5	1	6	2	3	6
H2C1	1	2	2	6	2
H2C2	1	3	3		6
H2C3	4	8	4		
H2C4	4	10	14		
H2C5	4				
H3C1	1	1	2	0	2
H3C2	2	2			6
H3C3	2	14			
H3C4	8		10		
H3C5	10				
H4C1	1	2	2	0	2
H4C2	2	4	6		8
H4C3	2	14			
H4C4	14				
H4C5					

^①表中数据为不同处理出苗期迟于对照的天数,空白表示未出苗。

表 2 EMS 诱变处理的不同胡麻品种成苗数 株

处理	轮选3号	CDC SoRel	C9625	张亚2号	内亚6号
H1C1	77	56	67	34	62
H1C2	65	41	65	47	33
H1C3	90	36	78	10	17
H1C4	85	23	61	28	12
H1C5	69	36	62	1	2
H2C1	59	50	68	11	30
H2C2	40	62	57	3	9
H2C3	68	30	53	1	11
H2C4	67	11	46	0	1
H2C5	73	28	15	0	1
H3C1	65	74	61	4	56
H3C2	82	48	8	0	7
H3C3	86	31	5	0	0
H3C4	26	0	7	0	0
H3C5	5	0	0	0	0
H4C1	82	68	77	4	60
H4C2	72	41	37	0	7
H4C3	39	14	1	0	0
H4C4	9	0	0	0	0
H4C5	0	0	0	0	0

6 号, 说明不同品种间成苗数也存在差异。

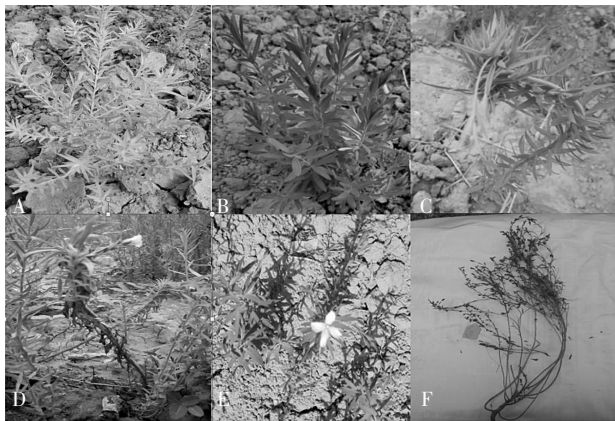
2.3 不同胡麻品种的表型变异

田间观察胡麻表型变异可知, 褐色籽粒品种轮选 3 号、CDC SoRel 和 C9625 均出现了黄化苗、畸形花、花瓣不展开、花瓣颜色变异株、分茎和分枝多, 茎扁平、簇头、早熟、不育等变异类型(图 1、图 2)。统计了黄化苗、畸形株、畸形花、花瓣色变深、花瓣色变浅等变异类型株数(表 3)。浅黄色籽粒品种张亚 2 号和内亚 6 号未发现上述表型变异株。这些不同的变异类型, 为胡麻进一步的遗传改良提供了丰富的种质资源。



A 为花瓣颜色深; B 为正常花; C 为花瓣颜色浅; D 为畸形花; E 为花瓣不展开; F 为黄化苗

图 1 胡麻花朵表型变异



A 为分枝多; B 为分茎多; C 为簇头; D 为茎扁平; E 为早熟; F 为不育

图 2 胡麻植株表型变异

表 3 褐色籽粒品种表型变异类型统计

品种	株				
	黄化苗	畸形株	畸形花	花瓣色变深	花瓣色变浅
轮选3号	7	2	1	3	2
CDC SoRel	8	3	1	2	1
C9625	7	11	2	3	2

2.4 EMS 诱变对不同胡麻品种 M1 农艺性状的影响

从表 4 可以看出, 轮选 3 号的株高处理 H2C5、H1C2 比对照高, 其余处理均比对照低; 各处理的工艺长度均比对照低, 分茎数、单株果数均比对照有所增加; 千粒重和单株产量除处理 H4C3 比对照低外, 其余处理均比对照高; 分枝数处理 H2C5、H2C3、H3C2、H1C4 均比对照高, 其余处理均比对照低。CDC SoRel 各处理的株高和工艺长度均比对照低, 分茎数和单株果数均比对照有所增加; 分枝数除处理 H1C2 比对照高外, 其余处理均比对照低; 单株产量除处理 H2C1 和对照相同外, 其余处理均比对照高; 千粒重处理 H2C1 和 H3C1 比对照低, 其余处理均比对照高。C9625 的株高处理 H3C2 和 H3C3 比对照高, 其余处理均比对照低; 各处理工艺长度均比对照低, 分茎数、单株果数和千粒重均比对照有所增加; 单株产量除处理 H1C1 比对照低外, 其余处理均比对照高; 分枝数处理 H1C1 和 H3C2 比对照低, 其余处理比对照高。张亚 2 号的株高处理 H2C1 和 H1C5 比对照高, 其余处理均比对照低; 各处理的工艺长度和单株产量均比对照低, 分茎数比对照有所增加; 分枝数处理 H2C1 和 H2C2 比对照低外, 其余处理均比对照有所增加; 单株果数除处理 H2C1 比对照低外, 其余处理均比对照高; 千粒重处理 H2C2、H4C1、H2C1 比对照低外, 其余处理均比对照高。内亚 6 号的株高处理 H4C2、H2C2 和 H1C2 比对照高, 其余处理均比对照低; 各处理工艺长度均比对照低; 分茎数处理 H2C1、H1C5 和 H1C1 比对照低, 其余处理均比对照高; 分枝数处理 H1C5 和 H2C3 比对照低, 其余处理均比对照高; 单株果数处理 H2C1 和 H1C1 比对照低外, 其余处理均比对照有所增加; 千粒重处理 H2C3 和 H2C2 比对照低外, 其余处理比对照高; 单株产量除处理 H2C3 的比对照高外, 其余处理均比对照低。

3 讨论与结论

目前, EMS 诱变广泛应用于谷子、玉米等作物育种^[8-9]。EMS 诱变为单碱基变化, 在产生变异性状的同时也损伤种子, 导致部分植株发育和生长受到影响^[10]。本研究表明, EMS 处理对不同胡麻品种出苗期和成苗数影响比较大, 在不同籽粒颜色的品种间差异更大, 浅黄色籽粒品种比褐色籽

表 4 EMS 诱变处理的不同胡麻品种 M1 的农艺性状

品种	处理	株高 /cm	工艺长度 /cm	分茎数 /个	分枝数 /个	单株果数 /个	千粒重 /g	单株产量 /g	
轮选3号	H1C1	63.41	42.21	0.40	5.45	11.24	4.92	0.27	
	H1C2	67.86	42.66	0.67	6.17	16.27	5.19	0.37	
	H1C3	64.26	38.73	0.79	5.68	23.77	5.14	0.29	
	H1C4	63.33	35.78	0.92	7.71	29.27	4.53	0.44	
	H1C5	62.81	36.65	0.96	5.75	27.61	4.44	0.37	
	H2C1	62.85	38.30	0.98	6.75	27.00	4.84	0.51	
	H2C2	59.78	33.56	0.94	6.94	28.28	4.97	0.36	
	H2C3	61.57	32.35	1.16	9.01	37.65	4.67	0.35	
	H2C5	70.00	33.50	2.25	9.75	67.00	5.70	1.38	
	H3C1	59.41	33.84	0.84	5.91	25.65	5.27	0.32	
	H3C2	64.95	34.41	1.60	8.22	50.84	5.03	0.68	
	H3C3	63.71	35.00	1.80	6.11	37.34	5.30	0.61	
	H4C1	58.34	34.21	0.88	5.91	21.84	4.70	0.34	
	H4C2	64.04	37.12	0.86	6.59	30.94	4.86	0.36	
	H4C3	55.10	29.96	0.68	3.29	10.78	4.27	0.11	
	CK	67.50	42.70	0.10	7.20	9.30	4.40	0.23	
	CDC SoRel	H1C1	70.03	47.85	0.67	5.92	16.97	5.02	0.30
H1C2		69.54	45.55	1.03	7.22	24.30	4.89	0.26	
H1C3		69.51	41.25	1.02	6.17	26.60	5.54	0.27	
H1C5		74.61	45.11	1.47	6.03	32.25	5.35	0.31	
H2C1		66.15	42.97	0.68	6.47	19.61	4.69	0.16	
H2C2		70.34	43.58	1.20	6.46	25.23	4.81	0.23	
H3C1		70.02	46.15	0.87	7.01	25.30	4.63	0.28	
H3C3		72.33	44.75	1.11	6.50	32.11	7.04	0.25	
CK		74.70	52.90	0.20	7.20	7.50	4.78	0.16	
C9625		H1C1	60.85	39.51	0.69	5.34	16.56	4.29	0.28
	H1C2	62.28	37.25	1.60	7.00	25.04	4.31	0.35	
	H1C3	65.72	39.75	1.59	6.47	28.74	4.80	0.45	
	H1C4	63.90	37.70	1.67	6.53	44.99	4.79	0.42	
	H1C5	65.26	37.20	2.11	6.02	32.19	4.55	0.45	
	H2C1	61.44	36.14	1.58	6.37	24.21	4.12	0.34	
	H3C2	70.63	33.25	2.06	4.92	62.81	4.99	0.73	
	H3C3	69.54	37.06	1.43	7.18	37.00	5.09	0.47	
	CK	66.30	45.60	0	5.50	12.70	3.80	0.33	
	张亚2号	H1C1	56.47	34.45	1.06	5.53	16.21	7.56	0.27
H1C2		55.49	33.77	1.15	4.69	17.66	7.86	0.28	
H1C3		56.01	34.37	0.82	5.22	17.68	7.47	0.19	
H1C5		62.52	33.47	1.03	5.51	28.32	8.64	0.30	
H2C1		64.00	39.57	1.00	3.73	9.20	6.07	0.11	
H2C2		58.76	35.42	0.57	3.67	16.54	6.84	0.12	
H4C1		52.17	27.33	1.00	5.33	36.33	6.71	0.17	
CK		60.30	39.90	0.20	4.60	13.60	7.10	0.35	
内亚6号		H1C1	60.18	42.48	0.67	4.51	15.06	6.69	0.44
		H1C2	66.95	42.41	1.66	5.45	29.66	6.63	0.56
	H1C4	61.17	35.50	1.42	4.92	22.17	6.85	0.39	
	H1C5	63.60	35.77	0.77	4.47	30.07	6.78	0.27	
	H2C1	54.54	35.37	0.79	5.32	18.10	6.86	0.30	
	H2C2	67.50	41.55	1.08	5.95	24.58	6.25	0.56	
	H2C3	59.53	39.11	1.67	3.78	58.11	6.36	0.82	
	H4C1	56.64	36.42	1.34	5.49	25.93	6.62	0.38	
	H4C2	68.66	36.97	2.03	5.17	63.96	6.80	0.55	
	CK	65.60	44.90	0.80	4.50	19.70	6.60	0.75	

粒品种对 EMS 诱变更敏感。EMS 浓度越高处理时间越长, 对种子损伤更严重, 出苗期比对照延迟时间更长, 成苗数也越少, 高浓度长时间处理甚至不出苗。EMS 的处理对苦荞全生育期也具有延迟的作用^[11], 杨秀丽等^[12]在花生上的研究也有相同的结果。范昕琦等^[13]利用 EMS 浸种诱变处理高粱种子, 降低了种子的出苗率, 与本研究结果一致。

早熟是作物育种的重要目标之一, 但本研究经通过 EMS 得到的多为生育期延迟的晚熟突变体, 只出现了极个别的早熟突变体。胡麻植株表型变异出现了黄化苗、畸形花、花瓣不展开、花瓣颜色变异株、分茎和分枝多, 茎扁平、簇头、早熟、不育等类型, 这些变异丰富了胡麻突变体库, 为胡麻进一步的遗传改良提供了丰富的种质资源。本研究前期统计了花瓣色、黄花苗、畸形花等变异株, 而成熟期没有统计不育株、株高、株形等变异株。浅黄色籽粒品种张亚 2 号和内亚 6 号未发现黄化苗等表型变异株, 可能与浅黄色籽粒胡麻品种对 EMS 比较敏感、高浓度长时间处理容易致死有关。育性是作物育种上一个重要指标。本研究发现, EMS 浓度越高处理时间越长, 后代不育植株越多; 由于不能结实, 没有进一步对这些不育株深入研究。EMS 诱变处理对不同胡麻品种农艺性状的影响差异比较大, 变异比较丰富。从中筛选胡麻矮化表型植株, 对于挖掘矮秆基因具有重要意义。千粒重是胡麻重要的产量性状, EMS 诱变对不同品种千粒重的影响不一致, 而 EMS 诱变对苦荞和油菜的千粒重有明显的抑制作用, 与本研究结果不同^[12, 14]。EMS 处理产生的变异大部分不能稳定地遗传给下一代, M1 代出现变异的频率高于 M2 代。因此, 为了获得稳定遗传的优良突变株, 还需对突变体后代展开进一步的研究。本研究从 M1 代筛选有利性状的突变体, 对胡麻育种具有积极意义, 可为胡麻种子 EMS 诱变及其他物种种子诱变提供思路, 为胡麻新品种选育和遗传改良提供优异资源。

根据对 EMS 诱变敏感性的不同, 可将浅黄色籽粒品种划分为敏感型, 褐色籽粒品种划分为迟钝型。EMS 诱变损伤了胡麻种子, 延迟了胡麻种子田间出苗期, 降低了成苗率。EMS 处理可诱导胡麻产生丰富的变异, 出现黄化苗、畸形花、株

形、早熟、不育等种类, 对不同胡麻品种农艺性状的影响也比较大。本研究通过 EMS 诱变不同品种胡麻种子, 丰富了胡麻突变体的种质资源, 而表型变异与分子水平上的差异还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 张雯丽. 世界亚麻籽生产、贸易格局演变与趋势探讨[J]. 世界农业, 2018(6): 94-100; 135.
- [2] 张晓勤, 薛大伟, 周伟辉, 等. 用甲基磺酸乙酯(EMS)诱变的大麦浙农大 3 号突变体的筛选和鉴定[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(2): 169-174.
- [3] 冯学金, 郭秀娟, 杨建春, 等. 诱变技术在亚麻育种中的应用[J]. 核农学报, 2017, 31(7): 1310-1316.
- [4] 王 玥, 李玉环, 李 群, 等. “范尼”甲基磺酸乙酯诱变体系的建立和 M₄ 代干旱敏感突变体筛选[J]. 种子, 2022, 41(2): 105-111.
- [5] 李玉环. 亚麻耐盐突变体的筛选及种质耐盐性的评价[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2017.
- [6] CHANTREAU M, GREC S, GUTIERREZ L, et al. PT-Flax(phenotyping and TILLinG of flax): development of a flax (*Linum usitatissimum* L.) mutant population and TILLinG platform for forward and reverse genetics[J]. BMC Plant Biology, 2013, 13(1): 159-168.
- [7] 刘 翔. EMS 诱变技术在植物育种中的研究进展[J]. 激光生物学报, 2014, 23(3): 197-201.
- [8] 李颜方, 王高鸿, 杜艳伟, 等. EMS 诱变产生谷子突变体技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2020(10): 92-94.
- [9] 刘忠祥. 玉米诱发突变技术育种研究综述[J]. 甘肃农业科技, 2014(1): 39-42.
- [10] 崔清志, 刘晓虹, 陈惠明. EMS 诱变技术研究进展[J]. 湖南农业科学, 2013(5): 7-9; 13.
- [11] 黎诗艳, 阮景军, 范 昱, 等. EMS 诱变剂处理对苦荞种子萌发及主要农艺性状的影响[J]. 分子植物育种, 2021, 19(3): 914-922.
- [12] 杨秀丽, 宁东贤, 赵玉坤. EMS 诱变不同基因型花生品种响应条件分析[J]. 山西农业科学, 2018, 46(8): 1305-1308; 1316.
- [13] 范昕琦, 王海燕, 聂萌恩, 等. EMS 诱变对高粱出苗及农艺性状的影响[J]. 作物杂志, 2020(1): 47-54.
- [14] 杨建胜, 孙万仓, 刘自刚, 等. EMS 诱变对北方白菜型冬油菜农艺性状与品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 213-220.