

浸种温度与化学诱变剂对芝麻种子发芽的影响

刘艳阳,梅鸿献,武 轲,郑永战*,张海洋*

(河南省农业科学院 芝麻研究中心,河南 郑州 450002)

摘要: 为了探讨浸种温度及化学诱变剂对芝麻种子发芽的影响,在不同浸种温度下,研究了甲基磺酸乙酯(EMS)和叠氮化钠(NaN_3)不同(质量)浓度处理不同时间对芝麻种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数的影响。结果表明,4 °C浸种后,EMS处理时间超过4 h或者EMS质量浓度大于10 g/L时,3个芝麻品种均不能正常发芽,而25 °C浸种后,10 g/L EMS处理6 h或15 g/L EMS处理4 h,3个品种仍能正常发芽。4 °C和25 °C浸种后,不同浓度 NaN_3 处理下,3个品种均能正常发芽,但当6 mmol/L NaN_3 处理12 h时,4 °C下浸种,3个品种的发芽率均低于50.0%,而25 °C下浸种,3个品种的发芽率最低为69.3%。相同(质量)浓度、相同处理时间下,4 °C浸种能更好地发挥EMS和 NaN_3 的诱变作用。不同芝麻品种对EMS敏感性存在较大差异,对 NaN_3 的敏感性差异较小。从诱变育种创造有益变异角度,建议4 °C浸种24 h后,以5 g/L EMS诱变处理8 h或4 mmol/L NaN_3 诱变处理12 h。

关键词: 芝麻; 浸种温度; 化学诱变剂; 甲基磺酸乙酯; 叠氮化钠; 发芽指标

中图分类号: S565.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)11-0039-06

Effects of Steeping Temperature and Chemical Mutagen on Seeds Germination of Sesame

LIU Yan-yang, MEI Hong-xian, WU Ke, ZHENG Yong-zhan*, ZHANG Hai-yang*

(Sesame Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to study the effects of steeping temperature and chemical mutagen on seeds germination of sesame, sesame seeds were pre-soaked in water under 4 °C and 25 °C for 24 h, and the impact of different concentrations and treatment time of EMS and NaN_3 on the germination potential, germination rate, germination index and vigor index of sesame were studied. The results showed that the three sesame varieties pre-soaked in water under 4 °C could not germinate normally in the treatment of EMS for more than 4 h or beyond 10 g/L, while those pre-soaked in water under 25 °C could germinate normally by treatment with 10 g/L of EMS for 6 h or 15 g/L of EMS for 4 h. In the treatment of NaN_3 , three sesame varieties could germinate normally after pre-soaked at both of degrees. Notably, the germination rate of sesame seeds pre-soaked under 4 °C was less than 50.0% by treatment with 6 mmol/L of NaN_3 for 12 h, while the three sesame varieties had a germination rate above 69.3% after pre-soaked under 25 °C. When sesame seeds were pre-soaked in water under 4 °C, EMS and NaN_3 , in general, played better roles under the same treating combination of concentration and time duration. In addition, the sensitivity to the EMS varied greatly among different sesame varieties, while they had a close sensitivity to NaN_3 . In order to obtain the desirable mutations, it is recommended to select the application of 5 g/L of EMS for 8 h or 4 mmol/L of NaN_3 for 12 h after the seeds pre-soaked in water under 4 °C for 24 h.

Key words: sesame; steeping temperature; chemical mutagen; EMS; NaN_3 ; germination index

收稿日期:2012-05-26

基金项目:国家芝麻产业技术体系项目(CARS-15)

作者简介:刘艳阳(1979-),女,河南汝阳人,副研究员,博士,主要从事芝麻种质资源研究。E-mail:liuyanyang001@163.com

*通讯作者:郑永战(1963-),男,河南宝丰人,研究员,博士,主要从事芝麻种质资源研究。E-mail:zhengyongzhan@yahoo.com.cn

张海洋(1963-),男,河南项城人,研究员,博士,主要从事芝麻遗传育种研究。E-mail:haaszhy@yahoo.com

芝麻 (*Sesamum indicum* L.) 是我国重要的优质油料作物和特色农产品, 更是出口创汇农产品。目前, 由于生产中广泛种植的芝麻品种来源单一、遗传基础狭窄, 导致其抗病抗逆性差、产量低且不稳。创制变异类型丰富的突变体材料是解决这一问题的有效手段之一。但芝麻的农杆菌转化效率尚低, 还未发现其自身活跃的转座子。目前, 利用化学方法构建突变体库是较好的选择, 植物中利用最多的化学诱变剂是甲基磺酸乙酯 (EMS) 和叠氮化钠 (NaN_3), 它们能诱发产生高密度的系列等位基因点突变, 在玉米^[1-3]、小麦^[4]、大豆^[5]和油菜^[6]等作物上已广泛应用, 在芝麻上也获得了高产、抗病、抗逆、优质等性状的突变体^[7-9]。前人研究表明, 浸种能提高突变频率^[10-11], Van Zanten^[12]也提出低温浸种对芝麻的诱变效果较好, 但关于不同浸种温度与化学诱变剂对芝麻种子发芽的影响目前尚未见报道。鉴于此, 在不同浸种温度下, 利用化学诱变剂 EMS 和 NaN_3 处理芝麻籽粒, 探讨其对芝麻种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数的影响, 以期选择合适的浸种温度提高诱变效果提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为豫芝 11 号、三黄芝麻和核雄性不育系 ms86-1。EMS 溶液用 0.1 mol/L (pH=7) 磷酸盐缓冲液配制, 质量浓度为 5、10、15、20 g/L; NaN_3 溶液用 0.06 mol/L (pH=3) 磷酸盐缓冲液配制, 处理浓度为 2、4、6 mmol/L。

1.2 种子处理方法

1.2.1 诱变前浸种处理 将芝麻种子分别于 4℃、25℃自来水中浸种 24 h, 之后分别放入纱布网袋中。

1.2.2 芝麻种子诱变处理 EMS 诱变处理: 分别用 5、10、15、20 g/L 的 EMS 对 1.2.1 的芝麻种子进行处理, 各质量浓度处理设置 4、6、8、12 h 4 个处理时间; NaN_3 诱变处理: 分别利用 2、4、6 mmol/L NaN_3 对 1.2.1 的芝麻种子进行处理, 各浓度处理设置 4、6、8、12 h 4 个处理时间。诱变处理期间定时摇晃, 处理后用自来水冲洗 4 h, 晾干备用。

1.3 发芽试验

将处理种子和未处理种子 (CK) 均匀置于铺有 2 层滤纸的培养皿内, 每皿 50 粒, 重复 3 次, 在温度 25℃、湿度 85%、光照 16 h、黑暗 8 h 的恒温培养箱内进行发芽试验。以胚根突破种皮后长度达到与种子等长、胚芽达到种子长度 50% 时视为发芽。按照

农作物种子检验规程 GB/T 3543.4-1995, 每天调查记录每皿种子发芽数, 以第 3 天和第 7 天发芽的百分率分别作为发芽势和发芽率。发芽指数 (GI)、活力指数 (VI) 计算如下:

$GI = \sum (G_t / D_t)$, 式中, G_t 为第 t 天的发芽率, D_t 为发芽天数;

$VI = GI \times S$, 式中, S 为 10 株苗鲜质量的平均值。

1.4 数据分析

采用 DPS 数据分析工具进行方差分析, 用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 浸种温度及 EMS 处理对不同芝麻品种发芽指标的影响

2.1.1 不同诱变时间处理 由表 1 可见, 不同温度浸种后, 用低质量浓度 EMS (5 g/L) 进行短时间 (4 h) 诱变处理, 3 个芝麻品种均能够正常发芽, 但对发芽势和发芽率已产生影响, 其中对发芽势影响较大。随着处理时间的延长 (6~12 h), 不同品种的发芽势和发芽率均呈显著下降趋势, 而且低温浸种的降幅更大。4℃浸种条件下, 5 g/L EMS 处理 4 h, 三黄芝麻种子的发芽势、发芽率分别为 6.7%、76.0%; 处理 12 h, 其发芽势、发芽率分别为 0、12.7%。25℃浸种条件下, 5 g/L EMS 处理 4 h, 三黄芝麻种子的发芽势、发芽率分别为 32.7%、76.0%; 处理 12 h, 其发芽势、发芽率分别为 5.3%、45.3%。

2.1.2 不同诱变浓度处理 同一温度浸种、同样处理时间, 随着诱变剂处理浓度的增加, 全部试验材料的发芽势和发芽率均呈急剧下降趋势, 而且低温浸种的降幅更大 (表 1)。以三黄芝麻为例, 4℃浸种后, 10 g/L EMS 处理 4 h, 其发芽势和发芽率均降为 0; 25℃浸种后, 10 g/L EMS 处理 4 h, 其发芽势、发芽率由未进行处理的 86.7%、95.3% 分别下降为 14.7%、54.0%。

2.1.3 不同芝麻品种对处理组合的敏感性 由表 1 可见, 4℃浸种后, 用 10 g/L EMS 处理 4 h, 豫芝 11 号和 ms86-1 能够发芽, 三黄芝麻不能正常发芽; 当处理时间超过 4 h 或者 EMS 质量浓度大于 10 g/L 时, 3 个芝麻品种均不能发芽。而 25℃浸种后, 当 10 g/L EMS 处理 6 h 或 15 g/L EMS 处理 4 h 时, 3 个芝麻品种仍能正常发芽, 可见, 4℃浸种后芝麻种子对 EMS 的敏感性比 25℃浸种强, 这可能是由于低温 (4℃) 浸种提高了芝麻种子胚的渗透

能力。5 g/L EMS 处理 4 h 时,4 °C 和 25 °C 浸种条件下,三黄芝麻种子的发芽率均显著低于 CK,而 ms86-1 和豫芝 11 号仅在 25 °C 浸种条件下的发芽率显著低于 CK。4 °C 浸种条件下,5 g/L EMS 处理 8 h 时三黄芝麻种子的发芽率为 37.3%,而 ms86-1 和豫芝 11 号的种子发芽率均在 50% 以上,处理时间延长至 12 h,三黄芝麻的发芽率降到 12.7%,而 ms86-1 和豫芝 11 号发芽率仍在 35% 以上,而且,从幼苗长势来看,三黄芝麻弱于 ms86-1 和豫芝 11 号,表现出比豫芝 11 号和 ms86-1 对 EMS 更强的敏感性。可见,不同芝麻品种对处理组合的敏感性存在较大差异。

一般情况下,适宜的诱变剂诱变浓度和处理时间根据半致死剂量来确定,本试验中以发芽率 50% 为判断标准。综上所述,不同浸种温度及 EMS 处理对芝麻种子的发芽指标影响较大,4 °C 浸种条件下,EMS 更容易渗入到种子中,更能够发挥 EMS 的诱变作用,综合考虑 EMS 对发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数(表 1、表 2)的影响,认为用 5 g/L EMS 处理 8 h 比较合适,尽管在该条件下,豫芝 11 号的发芽率高于 50%,但增加处理时间或者质量浓度,其发芽势、发芽指数和种子活力均急剧下降。由于三黄芝麻种子对 EMS 较敏感,在处理时可以适当缩短处理时间。

表 1 不同浸种温度及 EMS 处理下芝麻种子的发芽势和发芽率

浸种温度/°C	EMS 质量浓度/(g/L)	处理时间/h	发芽势/%			发芽率/%			
			ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	
4	0(CK)	0	87.3aA	86.7aA	88.0aA	97.3aA	92.7aA	92.7abAB	
		5	4	34.0cC	6.7defDEF	64.7bB	94.7aAB	76.0bAB	85.3bcBC
			6	16.7dD	0.7fF	39.3dCD	81.3bC	70.0bBC	83.3cBCD
			8	3.3eDE	0.0fF	10.7efFGH	55.3dDE	37.3eE	73.3dDE
			12	2.7eDE	0.0fF	1.3fgH	38.0eF	12.7fF	45.3fgF
		10	4	0.0fE	0.0fF	0.0gH	36.7eF	0.0fF	41.3gF
25	0(CK)	0	78.7aA	86.7aA	90.0aA	98.7aA	95.3aA	96.7aA	
		5	4	54.7bB	32.7bB	50.7cC	83.3bBC	76.0bAB	81.3cCD
			6	34.0cC	26.7bBC	31.3dDE	67.3cD	65.3bcBCD	66.0deE
			8	13.3deDE	17.3cCD	20.0eEF	54.0dE	64.0bcBCD	65.3eE
			12	8.0deDE	5.3efEF	2.0fgH	51.3dE	45.3deDE	49.3fgF
		10	4	10.0deDE	14.7cdDE	16.7eFG	52.7dE	54.0cdCDE	51.3fF
15	4	6.7deDE	6.0efDEF	4.0fgGH	52.0dE	49.3deDE	44.7fgF		
15	4	6.7deDE	10.0cdeDEF	6.7fgGH	53.3dE	48.0deDE	45.3fgF		

注:采用 Duncan 法进行多重比较,同列不同小、大写字母分别表示差异显著、极显著;未显示的质量浓度及时间组合表明该处理条件下芝麻种子不能正常发芽,下同。

表 2 不同浸种温度及 EMS 处理下芝麻种子的发芽指数和活力指数

浸种温度/°C	EMS 质量浓度/(g/L)	处理时间/h	发芽指数			活力指数			
			ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	
4	0(CK)	0	102.2aA	98.6aA	98.9aA	5.4aA	3.9aA	4.9aA	
		5	4	80.2bB	34.7defDE	83.2bB	4.1bB	1.4cdBC	3.9bB
			6	54.2cC	26.5fE	72.0cC	2.4cC	0.7fCDEF	2.8cC
			8	22.9efDEF	7.6gF	48.0deDE	0.9eE	0.1ghFGH	1.3eEF
			12	18.0fgEF	2.5gF	21.2ghF	0.6eE	0.1hGH	0.5gH
		10	4	12.9gF	0.0gF	18.6hF	0.4eE	0.0hH	0.5gH
25	0(CK)	0	100.5aA	99.9aA	103.0aA	4.5bB	3.4bA	3.7bB	
		5	4	77.3bB	61.3bB	75.0cBC	2.1cC	1.7cB	2.2dD
			6	56.5cC	51.7bcBC	54.8dD	1.5dD	1.3deBCD	1.4eE
			8	35.4dD	43.9cdCD	46.9efDE	0.7eE	1.0defCDE	1.2efEF
			12	29.7deDE	31.2efDE	28.1gF	0.6eE	0.5fgEFGH	0.6gH
		10	4	29.0deDE	40.4cdeCDE	39.5fE	0.7eE	0.9efCDE	1.0fFG
15	4	26.8defDE	30.4efDE	28.4gF	0.6eE	0.6fEFG	0.6gGH		
15	4	32.0deD	31.5efDE	28.9gF	0.7eE	0.7fDEF	0.7gGH		

2.2 浸种温度及 NaN_3 处理对不同芝麻品种发芽指标的影响

2.2.1 不同诱变时间处理 由表 3 可见,三黄芝麻在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后用 2 mmol/L NaN_3 处理 6 h 的发芽势高于 4 h; 豫芝 11 号在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后用 2 mmol/L NaN_3 处理 6 h 的发芽率和发芽势高于 4 h, $25\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后用 6 mmol/L NaN_3 处理 6 h 的发芽率也高于 4 h; ms86-1 在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后,用 4 mmol/L NaN_3 处理 8 h 的发芽率高于 6 h,在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后,用 2 mmol/L 和 6 mmol/L NaN_3 处

理 8 h 的发芽势均高于 6 h。除此之外,不同品种的发芽势和发芽率随着处理时间的延长均呈下降趋势,而且当处理时间为 12 h 时,低温浸种的发芽势和发芽率降幅更大。以三黄芝麻为例, $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后, 6 mmol/L NaN_3 处理 4 h,发芽势和发芽率分别为 74.7% 和 93.3% ; 处理 12 h,发芽势和发芽率分别为 4.0% 和 49.3% 。 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后, 6 mmol/L NaN_3 处理 4 h,发芽势和发芽率分别为 54.7% 和 92.0% ; 处理 12 h,发芽势和发芽率分别为 18.0% 和 69.3% 。

表 3 不同浸种温度及 NaN_3 处理下芝麻种子的发芽势和发芽率

浸种温度/ $^\circ\text{C}$	NaN_3 浓度/(mmol/L)	处理时间/h	发芽势/%			发芽率/%			
			ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	
4	0(CK)	0	93.3aA	98.0aA	90.0aAB	99.3aA	99.3aA	99.3aA	
		2	4	90.0abA	88.0abAB	76.0bCD	97.3abAB	98.0abAB	94.7abcdABCD
			6	85.3abAB	89.3abAB	79.3bABC	97.3abAB	98.0abAB	96.0abcABC
	4	4	8	78.7bcdABCD	82.7bABC	74.0bcCD	94.0abcdABC	96.0abcdABC	94.7abcdABCD
			12	66.0defCDE	67.3cdefCDEF	45.3efgFGHI	92.0bcdABC	91.3defgBCDEF	91.3cdefgBCDEF
			4	81.3abcABC	82.0bABC	75.3bCD	95.3abcABC	97.3abAB	97.3abAB
		6	6	70.0cdeBCDE	81.3bABC	64.0cdDE	88.7dCD	94.7abcdABCD	92.0cdefBCDEF
			8	62.7efCDEF	61.3efgDEF	35.3ghiHIJK	90.7cdBC	89.3efghCDEF	85.3hijFGH
			12	18.0jJ	29.3ijHI	29.3ijkJKLM	53.3gG	58.0I	65.3I
		6	4	66.0defCDE	74.7bcdeBCDE	40.7fghGHIJ	92.7bcdABC	93.3bcdefABCDEF	87.3fghijEFGH
			6	55.3fgEFG	58.0fgEFG	34.0hiIJK	91.3bcdABC	87.3ghEFG	83.3ijGH
			8	46.0ghFGH	40.7hiGH	19.3klLMN	82.7eDE	82.0iGH	71.3kJ
25	0(CK)	0	94.7aA	88.7abAB	92.0aA	99.3aA	97.3abAB	96.0abcABC	
		2	4	78.0bcdABCD	82.7bABC	72.0bcCD	97.3abAB	94.0bcdeABCDE	90.0defghCDEFG
			6	61.3efDEFG	82.0bABC	77.3bBCD	97.3abAB	93.3bcdefABCDEF	92.7bcdeABCDE
	4	4	8	67.3defBCDE	78.0bcdBCD	73.3bcCD	94.0abcdABC	93.3bcdefABCDEF	90.7defgBCDEF
			12	22.0ijI	52.0ghFG	52.7eEFG	90.0cdBC	88.0ghDEFG	88.0efghiDEFGH
			4	66.7defCDE	79.3bcABCD	76.0bCD	96.0abcABC	96.7abcAB	91.3cdefgBCDEF
		6	6	35.3hiHI	65.3defgCDEF	54.7deEF	91.3bcdABC	93.3bcdefABCDEF	83.3ijGH
			8	29.3ijHI	58.0fgEFG	35.3ghiHIJK	90.7cdBC	92.0cdefgBCDEF	82.7jH
			12	23.3ijI	29.3ijHI	25.3ijkJKLM	78.0eEF	77.3jH	71.3kJ
		6	4	44.0ghGH	54.7fgFG	48.7efFGH	92.0bcdABC	92.0cdefgBCDEF	86.7ghijEFGH
			6	24.7ijI	30.0ijHI	32.0hijIJKL	91.3bcdABC	88.7fghDEF	88.0efghiDEFGH
			8	25.3ijI	25.3jHI	22.0jklIKLM	82.0eDE	86.0hiFG	74.7kI
12	18.0jIJK	18.0jI	17.3lMNO	71.3fF	69.3kI	70.0kI			

2.2.2 不同诱变浓度处理 从表 3、表 4 可以看出,不同诱变处理浓度对芝麻的各项发芽指标影响较大,总的趋势是,同一温度下浸种,同样处理时间,随着 NaN_3 浓度的增加,试验材料的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均呈下降趋势。但试验结果中也发现个别例外情况: $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后, NaN_3 处理 4 h,豫芝 11 号在 NaN_3 浓度为 4 mmol/L 时的发芽率、发芽指数均高于处理浓度 2 mmol/L 时, NaN_3 处理 6 h,ms86-1 在 NaN_3 浓度为 6 mmol/L 时的发

芽率高于处理浓度 4 mmol/L 时; $25\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后, NaN_3 处理 4 h 时豫芝 11 号的发芽势、发芽率和发芽指数以及三黄芝麻的发芽率和发芽指数, NaN_3 处理 12 h 时 ms86-1 的发芽势等均表现为处理浓度 4 mmol/L 时高于 2 mmol/L 时,这可能是不同材料对不同浓度 NaN_3 的应激反应不同引起的。与 CK 相比,当处理时间为 12 h 时,发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数降幅最大,且 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种比 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 降幅更大。以三黄芝麻为例, $4\text{ }^\circ\text{C}$ 浸种后, NaN_3 处理 12 h,浓度为

2 mmol/L 时其发芽势和发芽率分别为 67.3% 和 91.3%,浓度为 6 mmol/L 时发芽势和发芽率分别为 4.0%和 49.3%;25 °C 浸种后,NaN₃ 处理 12 h,浓度为 2 mmol/L 时发芽势和发芽率分别为 52.0%和 88.0%,浓度为 6 mmol/L 时发芽势和发芽率分别为 18.0%和 69.3%。

2.2.3 不同芝麻品种对处理组合的敏感性 不同浸种温度下,不同处理浓度和处理时间,3 个芝麻品种均能正常发芽,可见 NaN₃ 对芝麻的诱变作用较温和。从表 3 可以看出,4 mmol/L NaN₃ 处理 12 h 时,4 °C 下浸种,ms86-1、三黄芝麻和豫芝 11 号发芽率分别为 53.3%、58.0%和 65.3%,而 25 °C 下浸

种,其发芽率分别为 78.0%、77.3%和 71.3%;当 6 mmol/L NaN₃ 处理 12 h 时,4 °C 下浸种,上述 3 个芝麻品种的发芽率均低于 50.0%,而 25 °C 下浸种,其发芽率最低为 69.3%。可见,4 °C 浸种后,用较高浓度 NaN₃ 长时间处理比 25 °C 浸种更敏感,但不同品种对 NaN₃ 的敏感性差异较小。

从表 3、表 4 也可以看出,4 °C 下浸种,4 mmol/L 和 6 mmol/L NaN₃ 处理 12 h,3 个芝麻品种的发芽率均在 50%左右,但高浓度(6 mmol/L)的 NaN₃ 对芝麻种子的伤害更大,综合考虑发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数,认为 4 °C 浸种、利用 4 mmol/L NaN₃ 处理 12 h 比较合适。

表 4 不同浸种温度及 NaN₃ 处理下芝麻种子的发芽指数和活力指数

浸种温度/°C	NaN ₃ 浓度/(mmol/L)	处理时间/h	发芽指数			活力指数			
			ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	ms86-1	三黄芝麻	豫芝 11 号	
4	0(CK)	0	105.8aA	108.1aA	103.9aA	5.2abAB	5.1aA	4.9aA	
		2	4	102.8aAB	101.9abABC	94.3cABCD	5.1abcABC	3.7bcB	3.9bB
			6	99.5abABC	103.2abAB	96.8abcABC	4.9bcdABCDE	3.8bB	4.0bB
	4	4	8	95.3abcdABCD	98.2bcABCD	94.7cABCD	4.4deCDEFG	3.2deCDE	3.7bBCD
			12	85.3deCDEF	87.2defDEF	73.9fghGHI	3.5fghIJKL	2.5hF	2.6deFG
		6	4	95.7abcdABCD	98.1bcABCD	95.0bcABCD	4.6cdeBCDEF	3.2deCD	3.8bB
			6	86.4cdeCDEF	95.9bcdBCD	85.6deDEF	4.0efFGHIJ	3.1efCDE	3.2cCDE
			8	84.1defDEF	82.6efEFG	65.4iI	3.7fgGHIJK	2.6hF	2.2efG
			12	41.5mL	49.6jJK	53.4jJ	1.4oRS	1.2kJK	1.6gHI
	6	4	8	86.0cdeCDEF	90.4cdeCDEF	71.3fghiGHI	3.5fghHIJKL	2.8fghDEF	2.6deFG
			6	78.3efEFG	78.8fgFG	64.3iI	3.1ghiKLMN	2.0iGH	2.1fGH
		8	6	66.6hijGHIJ	65.1iHI	50.1jJ	2.3klmNOPQ	1.6jJ	1.4ghI
8			24.5nM	33.4kL	30.1kK	0.7pS	0.7mL	0.7iJ	
12			4	106.1aA	101.9abABC	102.6abAB	5.5aA	3.5cdBC	3.7bBC
			6	97.0abcABCD	95.9bcdBCD	90.4cdCD	5.1abcABCD	3.3deC	3.6bBCD
25	0(CK)	0	106.1aA	101.9abABC	102.6abAB	5.5aA	3.5cdBC	3.7bBC	
		2	4	97.0abcABCD	95.9bcdBCD	90.4cdCD	5.1abcABCD	3.3deC	3.6bBCD
			6	88.2bcdeBCDEF	96.2bcdABCD	93.6cdABCD	4.3deDEFGH	3.0efgCDE	3.6bBCD
	4	4	8	88.7bcdeBCDEF	94.2bcdBCDE	89.4cdCDE	4.1efEFGHI	3.0efgCDE	3.1cDEF
			12	62.8ijkHIJ	74.1ghGH	79.4efEFG	2.9ijkKLMNOP	2.0iGH	2.6deFG
		6	4	90.6bcdBCDE	97.3bcABCD	92.4cdBCD	4.5deBCDEF	3.2deCDE	3.6bBCD
			6	74.3fghFGH	88.1deDEF	77.9fgFG	3.3ghIJKLM	2.7ghEF	2.9cdEF
			8	68.4ghiGHI	82.7efEFG	66.1hiHI	3.0hijKLMNO	2.5hF	2.3efG
			12	52.5klJKL	59.4iJ	53.3jJ	2.2lmOPQ	1.4jkJK	1.4ghI
	6	4	8	68.9ghiGHI	82.4efEFG	76.2fgFGH	2.8ijklMNOP	2.5hFG	2.6deFG
			6	62.6ijkHIJ	66.2hiHI	70.8ghiGHI	2.4jklMNOP	1.7jHI	2.1fGH
		8	6	57.0jklIJK	61.2iI	52.8jJ	2.1mnPQR	1.5jkIJ	1.6gHI
8			46.7lmKL	47.2jK	46.4jJ	1.6noQR	1.0iKL	1.1hiIJ	

3 结论与讨论

3.1 浸种温度对化学诱变剂诱变效应的影响

干种子预先浸泡,不仅使细胞活泼,增加敏感性,还可提高细胞膜透性。李伟等^[11]的试验结果表

明,相同 EMS 处理浓度、相同处理时间下预先使用清水浸泡种子过夜,能更好地发挥 EMS 的作用,使 EMS 较快地渗入谷子种胚中。李社荣等^[10]研究表明,浸种能显著提高 NaN₃ 对小麦 M₁ 代幼苗的损伤效应,并延迟种子萌发始期。Van Zanten^[12]在芝麻的

诱变育种研究中也提出采用低温浸种。本试验结果表明,不同浸种温度及化学诱变剂处理对芝麻种子的萌发有明显影响。相同诱变剂浓度、相同诱变处理时间条件下,4℃浸种过夜的芝麻品种对 EMS 和 NaN_3 的敏感性比 25℃浸种高。因此,在进行诱变处理前,对芝麻种子先进行低温浸种(4℃),能够更好地发挥 EMS 和 NaN_3 的作用。

3.2 化学诱变剂处理的适宜方法

化学诱变具有成本低、使用方便、诱变作用专一性较强等特点。本试验结果表明,不同芝麻品种对 EMS 的反应较敏感,EMS 诱变效应以点突变,即碱基对的置换为主,其作用机制主要是在 DNA 的复制过程中,将鸟嘌呤烷基化,使其与胸腺嘧啶配对,导致碱基替换,即 G:C 变为 A:T,这种专一性强的点突变大幅度地提高了突变效率,并为定向进行特殊性状改良提供了可能^[13]。不同芝麻品种对 NaN_3 的反应较温和,这可能是 NaN_3 只作用于复制中的 DNA,由于植物体内存在自我修复体系,DNA 损伤后,会在多聚(ADP-核糖)聚合酶的参与下被修复,从而使突变率在一定程度上被降低^[14]。因此,在实际操作过程中可以根据不同的目的选择不同的诱变剂。

由于长时间处理可以使诱变剂充分均匀地渗入到种子胚中,而高浓度的诱变剂一方面毒性太强,另一方面在溶液中较难分布均匀,因此,在对 2 种化学诱变剂的适宜浓度和处理时间的选择上,应按照低浓度、长时间处理的原则。从诱变育种创造有益变异的角度来看,5 g/L EMS 处理 8 h、4 mmol/L NaN_3 处理 12 h 比较合适。然而,值得注意的是,不同供试芝麻品种对不同化学诱变剂处理的敏感性不同,尤其是最适诱变处理条件存在显著的基因型差异。

参考文献:

[1] 陈绍江,宋同明. EMS 花粉诱变获得高油玉米突变体[J]. 中国农业大学学报,2002,7(3):12.
[2] 孙万海. 化学诱变玉米自交系性状分析[J]. 山西农业科学,2010,38(7):26-29.

[3] 刁钰婵,陈志斌,焦杨,等. EMS 诱变玉米花粉 M_2 代生物学效应研究[J]. 河南农业科学,2008(3):33-35.
[4] 赵天祥,孔秀英,周荣华,等. EMS 诱变六倍体小麦偃展 4110 的形态突变体鉴定与分析[J]. 中国农业科学,2009,42(3):755-764.
[5] 韩锁义,杨玛丽,陈远东,等. 大豆“南农 94216”突变体库的构建及部分性状分析[J]. 核农学报,2008,22(2):131-135.
[6] 赵福永,郑娇,何芳,等. EMS 与 NaN_3 对甘蓝型油菜和芥菜型油菜诱变的效果[J]. 江西农业学报,2010,22(9):6-9.
[7] Murty G S S. Induced mutants for the improvement of sesame and hybrid seed production[C]//Sesame improvement by induced mutations. Vienna: IAEA in Austria,2001:99-112.
[8] Pawar N, Pai S, Nimbalkar M, et al. Induction of chlorophyll mutants in *Zingiber officinale* Roscoe by Gamma Rays and EMS[J]. Emir J Food Agric, 2010, 22(5):406-411.
[9] Begum T, Dasgupta T. A comparison of the effects of physical and chemical mutagens in sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Genet Mol Biol, 2010, 33(4):761-766.
[10] 李社荣,王琳清,施巾帼. 叠氮化钠处理辐照冬小麦适宜方法的研究[J]. 核农学报,1991,5(2):65-71.
[11] 李伟,智慧,王永芳,等. 谷子 EMS 诱变的处理条件分析[J]. 河北农业科学,2010,14(11):77-79.
[12] Van Zanten L. Sesame improvement by induced mutations; Results of the coordinated research project and recommendation for future studies[C]//Sesame improvement by induced mutations. Vienna: IAEA in Austria,2001:1-12.
[13] James D W, Dooner H G. Isolation of EMS-induced mutants in altered in *Brassica napus* seed fatty acid composition[J]. Theor Appl Genet, 1990, 80: 241-245.
[14] 姜振峰,刘志华,李文滨,等. 叠氮化钠对大豆 M_1 的生物学诱变效应[J]. 核农学报,2006,20(3):208-210.