

# 甘蓝化学杀雄剂 GS-1 的杀雄效果研究

李宏伟,张恩慧,许忠民,张高翔,朱守亮,刘 辉

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**【摘要】** 【目的】筛选出甘蓝化学杀雄剂 GS-1 最适宜的杀雄质量浓度,以实现甘蓝 100% 的杂种杂交率。**【方法】**选用甘蓝自交不亲和系 MP01 和 Y03 为试材,在甘蓝种株主花茎和第一分枝上的最大花蕾约 2 mm(即花蕾小孢子生长处于单核期)时,全株分别喷施 20,5,3,2 和 1.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1,以喷清水为对照,比较不同质量浓度 GS-1 处理对植株花朵育性、植株生长、结实力及杂交率的影响。**【结果】**GS-1 对甘蓝植株所开花朵的雄蕊育性有一定的影响;不同质量浓度 GS-1 处理后,MP01 植株全不育株率为 10%~100%,其中 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 的处理效果最好,全不育株率达 100%;不同质量浓度 GS-1 处理后,Y03 植株全不育株率为 0~100%,其中 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理的全不育株率为 100%。不同质量浓度 GS-1 处理后,甘蓝植株之间生长势存在差异,其中低质量浓度 GS-1 对植株生长势影响不大,而高质量浓度(如 5 和 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理)对植株存在一定伤害,导致植株生长势变弱;甘蓝自交不亲和系辅助喷施 GS-1 可使杂种杂交率达到 100%。**【结论】**GS-1 具有很好的杀雄效果,在甘蓝种株主花茎和第一分枝上的最大花蕾约 2 mm 时,对 Y03 和 MP01 种株分别喷施 20 和 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1,植株表现全不育,植株的花枝和花蕾表现较正常,结实性正常,能够使杂交  $F_1$  代种子达到 100% 的杂交率。

**【关键词】** 甘蓝;化学杀雄剂;GS-1;杀雄效果

**【中图分类号】** S635.038

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2009)07-0115-07

## Study on the effect of a chemical hybridizing agent GS-1 on cabbage

LI Hong-wei,ZHANG En-hui,XU Zhong-min,ZHANG Gao-xiang,ZHU Shou-liang,LIU-Hui

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** **【Objective】** The most suitable concentration of a new chemical hybridizing agent GS-1 on cabbages was selected in order to make the hybridization rate of hybrid seeds reach 100%. **【Method】** Plants of cabbage with self-incompatibility lines MP01 and Y03 were treated with 20,5,3,2 and 1.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  water (CK) of GS-1 when that of the main stem and the largest bud of the first branch were about 2 mm (the microspore growth in a period of single-core), and the effects of different concentrations of GS-1 on the fertility of plant flowers, plant growth, seed setting were compared. **【Result】** The fertility of cabbage stamen was affected by spraying GS-1; The percentage of complete sterile plant of MP01 was 10% to 100% after GS-1 treatment; The treatment with 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  was the most effective, and the percentage of complete sterile plant reached 100%; The percentage of complete sterile plant of Y03 was 0 to 100% after GS-1 treatment, the treatment with 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  made the percentage of complete sterile plant 100%; There were different growth vigor performances of cabbage after different concentrations of GS-1 treatment, growth vigor was affected a little by low concentration of GS-1, but the high concentration(5 and 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) of GS-1 hurt cabbage, reducing its growth vigor; Cabbage self-incompatible lines combining with GS-1 treatment made hybrid rate reach 100%. **【Conclusion】** GS-1 has a good effect on sterility. Spraying respectively 20 and 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  on

\* [收稿日期] 2008-10-22

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD01A7-2-04,2008BADB1B02);陕西省 13115 重大科技专项(ZDKG-126);西北农林科技大学育种专项(05YZ022);西安市农业科技攻关项目(GG06090)

[作者简介] 李宏伟(1982-),男,甘肃临洮人,在读硕士,主要从事甘蓝育种与生物技术研究。E-mail:haoxiaohw@163.com

[通信作者] 张恩慧(1960-),男,陕西扶风人,教授,硕士生导师,主要从事甘蓝育种与生物技术研究。E-mail:ganlan606@126.com

cabbage with self-incompatibility line Y03 and MP01 when the largest bud of the main stem and that on the first branch are about 2 mm can sterilize the plants completely, the performance of plants and flowers buds nearly normal, the seed setting normal, and the hybridization rate of hybrid seeds of  $F_1$  100%.

**Key words:** cabbage; chemical hybridizing agent; GS-1; sterilization effect

利用化学杀雄剂诱导农作物雄性不育, 配制  $F_1$  代杂种种子, 是农作物育种研究的一个重要方向。目前, 在油菜<sup>[1-2]</sup>、小麦<sup>[3]</sup>及水稻<sup>[4]</sup>上均已研制出了一些化学杀雄剂, 并成功地应用于杂交  $F_1$  代种子生产, 但针对甘蓝化学杀雄剂的研制和应用至今尚未见报道。甘蓝属于十字花科异花授粉作物, 其杂种  $F_1$  代种子生产仍采用自交不亲和系繁殖, 杂交率很难达到 100%; 选育和利用雄性不育系制种虽然能使杂交率达到 100%, 但现有的不育源还存在一些问题, 如雄性不育系植株不育花不能完全开放、蜜腺小、结实不良、低温叶黄化<sup>[5]</sup>等。为了解决甘蓝不育源存在的上述难题, 提高杂种杂交率或减少选育雄性不育系和自交不亲和系的育种程序, 研制了一种甘蓝化学杀雄剂 GS-1, GS-1 在其他作物上尚无相关研究<sup>[6]</sup>。为了探究 GS-1 喷杀甘蓝植株对雄蕊的杀雄效果, 本研究在甘蓝植株进入生殖生长期时喷施不同质量浓度的杀雄剂 GS-1, 旨在筛选出具有最佳杀雄效果的 GS-1 质量浓度, 以期为实现甘蓝 100% 的杂种杂交率提供一条新的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

化学杀雄剂 GS-1, 由西北农林科技大学园艺学院甘蓝育种研究室研制。甘蓝供试材料为遗传性稳定的 2 个甘蓝优良自交不亲和系 MP01-68-5-4-1-9-2 (简称 MP01) 和 Y03-12-5-8-9-6-3 (简称 Y03), 均由西北农林科技大学园艺学院甘蓝育种研究室提供。

### 1.2 试验方法

1.2.1 植株培育 试验在西北农林科技大学园艺学院试验农场进行。供试甘蓝种子于 2007-08-12 露地播种育苗, 3 片真叶时分苗, 7 片真叶时定植, 定植密度为 5.7 万株/hm<sup>2</sup>。2 个自交不亲和系互为父母本, 按 1:3 行比定植。田间正常栽培管理, 半成株露地越冬, 翌年春季植株进入生殖生长期抽薹现蕾后进行 GS-1 喷杀处理。

1.2.2 杀雄剂 GS-1 质量浓度设置与喷杀处理 设置杀雄剂 GS-1 质量浓度分别为 20, 5, 3, 2 和 1.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 以喷清水(CK)为对照。在甘蓝抽薹植株主

花茎和第一分枝上的最大花蕾约 2 mm, 即花蕾小孢子分裂生长处于单核期时, 分别喷施 1 次不同质量浓度的 GS-1。试验采用田间随机区组设计, 10 株/小区, 每处理重复 3 次。杀雄剂喷杀用压缩手持喷雾器全株喷施, 每株喷药量为 15 mL, 喷药时用塑料布遮挡相邻小区。

### 1.3 指标观察与测定

1.3.1 育性观察 喷施杀雄剂 GS-1 的甘蓝植株生长进入初花期时挂牌标记, 每天下午观察记载当日所开花朵的育性。育性分为全不育株、半不育株、可育株 3 种类型, 观察标准如下。全不育株: 雄蕊退化呈针状或花药无花粉, 或败育与死花粉率 90% 以上; 半不育株: 雄蕊退化呈三角形, 且低于雌蕊, 或败育与死花粉率 80%~90%; 可育株: 花器正常, 败育与死花粉率 80% 以下。花期结束后统计各类型花朵育性的比例。

1.3.2 植株形态观察 于花期观察处理甘蓝植株的茎叶、花蕾、花枝及花朵发育情况。终花期结束后, 测量杀雄植株的高度、分枝数和开展度。

1.3.3 结实性测定 甘蓝雄蕊败育后(04-26), 各处理分别选 3 株挂牌标记, 每株上又各选 4 个花序并做整理, 每个花序留即将开放的大花蕾 10 个, 其余小蕾用镊子去掉。对各株上的 4 个花序分别进行如下处理: 在开花的当日上午(8:00 左右), 2 个花序用相邻行品种的甘蓝花粉人工授粉杂交, 然后套袋; 另外 2 个花序自然授粉。待植株结荚座果种子成熟后, 分处理调查各株的角粒数、千粒质量、发芽率、发芽势, 并采用田间小区种植鉴定种子纯度<sup>[7]</sup>, 以确定各处理甘蓝杂交种子的杂交率。

## 2 结果与分析

### 2.1 GS-1 对甘蓝植株花朵雄蕊育性的影响

由表 1 和图 1 可以看出, GS-1 处理对甘蓝植株花朵的雄蕊育性有一定影响。5 个质量浓度 GS-1 处理下, MP01 植株花朵全不育株率为 10%~100%, 其中 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 的杀雄效果最好, 全不育株率达 100%, 植株的花枝和花蕾表现较正常; 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理下, 植株花朵的全不育株率为 100%, 但植株的花枝和花蕾表现微弯曲和失绿; 其

他质量浓度 GS-1 处理也在一定程度上产生不育株,但全不育株率相对较低,为 10%~80%,不育性不彻底。不同质量浓度 GS-1 对 Y03 植株的杀雄效果存在极显著差异,花朵全不育株率为 0~100%,其中 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理下,植株花朵的全不育株率为 100%,植株的花枝和花蕾均表现较正常;5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理下,植株花朵的全不育株率为

13%;3,2 和 1.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理下,花朵的全不育株率均为 0,半不育株率很低,为 1%,可育株率为 99%,杀雄效果不显著。对于 MP01 和 Y03 2 种材料,在同一质量浓度(20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  除外)GS-1 处理下,花朵的全不育株率差异较大,GS-1 对 MP01 的杀雄效果较 Y03 明显,说明供试材料不同,对 GS-1 的敏感度不同,杀雄效果也不同。

表 1 不同质量浓度 GS-1 对甘蓝植株花朵雄蕊育性的影响

Table 1 Effects of GS-1 of different concentrations on the fertility of cabbage stamen

GS-1 质量浓度/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) Concentration of treatment	自交系 Inbredline	全不育株率/% Percentage of complete sterile plants	半不育株率/% Percentage of semi-sterile plants	可育株率/% Percentage of fertile plants	植株表现 Performance of plant	
					花枝 Flowering branches	花蕾 Bud
					20	MP01
	Y03	100 aA	0 dD	0 eE	较正常 More than normal	较正常 More than normal
5	MP01	100 aA	0 dD	0 eE	较正常 More than normal	较正常 More than normal
	Y03	13 cC	2 dD	85 bB	正常 Normal	正常 Normal
3	MP01	80 bB	15 bB	5 eDE	较正常 More than normal	较正常 More than normal
	Y03	0 dD	1 dD	99 aA	正常 Normal	正常 Normal
2	MP01	78 bB	10 cC	12 dD	较正常 More than normal	较正常 More than normal
	Y03	0 dD	1 dD	99 aA	正常 Normal	正常 Normal
1.5	MP01	10 cC	18 aA	72 cC	正常 Normal	正常 Normal
	Y03	0 dD	1 dD	99 aA	正常 Normal	正常 Normal
0(CK)	MP01	0 dD	0 dD	100 aA	正常 Normal	正常 Normal
	Y03	0 dD	0 dD	100 aA	正常 Normal	正常 Normal

注:同列数据后标不同大写字母者表示差异极显著( $P < 0.01$ ),标不同小写字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

Note: Values in the same column with different letters are significantly different (level of significance is 5% for letters in lowercase, and 1% for those in uppercase). The following tables are the same.



雄蕊退化全不育  
Degradation stamen of  
complete sterile flowers



雄蕊变小半不育  
Smaller stamen of  
semi-sterile flowers



对照雄蕊正常  
Normal stamen of  
CK flowers

图 1 GS-1 处理后甘蓝花朵的雄蕊表现

Fig. 1 The performance of cabbage stamen under GS-1 treatment

## 2.2 GS-1 对甘蓝植株生长势的影响

茎叶和花朵性状的影响见表 2。

不同质量浓度 GS-1 对甘蓝植株株高、分枝数、

表 2 不同质量浓度 GS-1 对甘蓝植株生长的影响

Table 2 Effects of GS-1 of different concentration on the growth of cabbage

GS-1 质量浓度/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) Concentration of treatment	自交系 Inbredline	株高 Plant height		分枝数 No. of branches		植株开展度 Unfoldingdegree of plant
		高度/cm Height	比 CK 降低/% Decreasing of CK	一次分枝数 Primary	二次分枝数 Secondary	
20	MP01	81.0 cB	33	8	2	小 Small
	Y03	102.0 abcAB	17	7	10	小 Small
5	MP01	93.0 bcAB	23	9	12	较大 Bigger
	Y03	105.0 abAB	27	9	14	较大 Bigger
3	MP01	105.6 abAB	15	9	13	大 Big
	Y03	111.8 abA	10	9	15	大 Big
2	MP01	105.0 abAB	13	10	15	大 Big
	Y03	102.0 abcAB	17	10	16	大 Big
1.5	MP01	118.0 aA	2	10	16	大 Big
	Y03	116.0 abA	7	10	17	大 Big
0(CK)	MP01	121.0 aA	—	10	16	大 Big
	Y03	123.0 aA	—	11	18	大 Big

  

GS-1 质量浓度/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) Concentration of treatment	自交系 Inbredline	茎叶表现 Performance of stems and leaves		花蕾颜色 Bud color	花瓣颜色 Petal color	雌蕊表现 Performance of pistil
		颜色 Color	形状 Shape			
		20	MP01	浅绿 Light green	畸形 Malformation	黄绿 Yellowish green
Y03	浅绿 Light green		正常 Normal	黄绿 Yellowish green	黄 Yellow	个别不正常 Apart abnormal
5	MP01	绿 Green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
	Y03	灰绿 Grey green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
3	MP01	绿 Green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
	Y03	灰绿 Grey green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
2	MP01	绿 Green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
	Y03	灰绿 Grey green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
1.5	MP01	绿 Green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
	Y03	灰绿 Grey green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
0(CK)	MP01	绿 Green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal
	Y03	灰绿 Grey green	正常 Normal	绿 Green	黄 Yellow	正常 Normal

由表 2 可知, 喷施 1.5, 2 和 3  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 后, MP01 和 Y03 植株的株高、分枝数、植株开展度等性状均与对照无显著差异, 植株生长发育正常。喷施

5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 后, MP01 植株株高为 93.0 cm, 比对照降低 23%, 达到显著性差异, 植株开展度较对照有所减少, 其他性状指标与对照无明显差异; 喷施

20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 后,MP01 植株株高较对照降低 33%,一、二次分枝数较对照减少 2 枝和 14 枝,茎叶浅绿、畸形,花瓣浅黄,雌蕊弯曲、短缩、不正常。5 和 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后,Y03 植株高度分别为 105.0 和 102.0 cm,与对照无显著性差异,其中用 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后,Y03 叶色表现浅绿,花蕾颜色黄绿,个别雌蕊表现不正常。由此得出,不同质量浓度的 GS-1 处理可使甘蓝植株之间生长势存在差异,其中低质量浓度 GS-1 对植株生长势影响不大,而高质量浓度(如 5 和 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理)对植株存在一定的伤害,导致植株生长势变弱。

### 2.3 GS-1 对甘蓝植株结实性的影响

由表 3 可以看出,GS-1 在低质量浓度下对 2 个甘蓝品种的结实性影响不大。随着 GS-1 质量浓度的升高,2 个甘蓝品种结实性呈降低趋势,5  $\mu\text{g}/\text{mL}$

GS-1 处理后,MP01 的角粒数和千粒质量分别较对照降低 23.6%和 11.3%,发芽率、发芽势和杂交率均达到 100%;用 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后,植株无结实性。5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后,Y03 的角粒数和千粒质量较对照降低 18.9%和 4.1%,发芽率、发芽势分别为 99%和 92%,与对照无显著性差异;用 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后,角粒数较对照减少 21.7%,无显著性差异,发芽率与对照也无显著差异,千粒质量和发芽势均与对照差异显著,但无极显著差异。由杂交率可知,GS-1 处理使 2 个甘蓝品种的杂交率均有不同程度提高,其中用 2~20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后杂交率均达 100%,用 1.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 处理后杂交率达 99%,表明甘蓝自交不亲和系辅助喷施 GS-1 可使杂种杂交率达到 100%。

表 3 不同质量浓度 GS-1 对甘蓝植株结实性的影响

Table 3 Effects of GS-1 of different concentrations on the seed setting and hybrid rate of cabbage plants

GS-1 质量浓度/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) Concentration of treatment	自交系 Inbredline	角粒数 Seeds per silique	千粒质量/g Thousand- seed-weight	发芽率/% Germinating rate	发芽势/% Germinating potential	杂交率/% Hybrid rate
20	MP01	0 bB	0 dD	0 cC	0 dC	0 cC
	Y03	18.00 aA	3.19 dC	99 aA	90 cB	100 aA
5	MP01	17.33 aA	4.48 bB	100 aA	100 aA	100 aA
	Y03	18.67 aA	3.26 cdC	99 aA	92 bcB	100 aA
3	MP01	19.33 aA	4.54 bB	97 bB	95 bAB	100 aA
	Y03	20.33 aA	3.30 cdC	97 bB	92 bcB	100 aA
2	MP01	19.67 aA	4.60 bB	100 aA	100 aA	100 aA
	Y03	21.33 aA	3.35 cdC	100 aA	92 bcB	100 aA
1.5	MP01	20.00 aA	4.99 aA	99 aA	100 aA	99 aA
	Y03	21.67 aA	3.38 cC	100 aA	90 cB	99 aA
0(CK)	MP01	22.67 aA	5.05 aA	100 aA	100 aA	95 cC
	Y03	23.00 aA	3.40 cC	100 aA	95 bAB	95 cC

## 3 讨论

对作物杀雄剂的研制和应用,是实现农作物杂种优势利用的有效途径之一,任何一种杀雄剂都有正确的使用方法和适宜的使用浓度。刘绚霞等<sup>[8]</sup>研究表明,甘蓝型油菜单核期用 0.5~0.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  化学杀雄剂 EN 处理的杀雄效果最好,全不育株率在 90%以上,不育株率 100%。严自斌等<sup>[9]</sup>应用化学杀雄剂 ESP 对甘蓝型油菜的杀雄结果表明,以 0.3~0.6  $\mu\text{g}/\text{mL}$  质量浓度的 ESP 于现蕾期处理效果最佳,全不育株率达 98%。本试验在甘蓝植株主花茎和主花茎第一分枝上的最大花蕾约 2 mm(小孢子处于单核期)时,全株喷施 1 次不同质量浓度的甘蓝化学杀雄剂 GS-1,结果表明,MP01 以喷施 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1、Y03 以喷施 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 的全不

育株率达 100%。GS-1 对 2 个甘蓝品种表现出不同的杀雄效果,并具有不同的适宜使用质量浓度,说明 GS-1 的杀雄效果与材料的基因型有关,这一结果与尚毅等<sup>[10]</sup>在油菜化学杀雄+细胞质雄性不育的应用研究,以及于天峰等<sup>[11]</sup>应用化学杂交剂 BAU-2 诱导春小麦雄性不育的结论一致。陈新军等<sup>[12]</sup>研究表明,化学杀雄剂 2 号在甘蓝型油菜上的杀雄效果还与植株长势、气候因素有关。本试验在对 GS-1 杀雄效果进行观察时发现,GS-1 处理的植株在生长后期若遇到较长时间降雨,温度下降,则会造成部分植株出现微粉。

评价杀雄剂的应用效果,主要是从抑制植株雌蕊育性和最大程度地减少对植株的生长危害 2 个方面考虑,但两者是相互矛盾的。杨交礼等<sup>[13]</sup>认为,草甘膦的杀雄作用主要表现为对蛋白合成、物质代

谢和营养生长产生抑制作用;而通过抑制植株整体物质代谢和营养生长来抑制雄蕊和杀伤花粉的途径不可能兼顾油菜杀雄与生长,随喷药浓度及次数的增加,不育株率不断升高,但油菜生长减慢,高度降低,药害加重。梁肖青<sup>[14]</sup>研究表明,杀雄剂 SC2053 在最佳剂量下对小麦的株高、单茎重、穗长、小穗数和小花数有负效应。本研究表明,GS-1 的杀雄效果越好,则对甘蓝植株的危害程度越重,植株生长越弱;在低质量浓度下,GS-1 对植株的生长基本无危害,表现为部分半不育;高质量浓度(除 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  外)GS-1 对植株危害较轻,杀雄效果最佳,不影响植株的结实性。GS-1 在一定程度上阻碍甘蓝植株营养生长,引起植株生长势变弱,导致雄蕊发育不良,这可能是由于 GS-1 抑制了甘蓝氨基酸、核酸和蛋白质的合成,或干扰了某一生理生化过程,从而造成雄蕊不育<sup>[15]</sup>。

生产所获得杂种  $F_1$  代种子的质量、数量和杂交率是衡量杀雄剂能否应用的标准。本研究表明,除 MP01 在喷施 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 后受严重药害无结实性外,喷施 2~20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 后,可使甘蓝种子杂交率达 100%,并对植株的结实性影响不大,能够正常结实;但喷施 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 导致 MP01 角粒数和千粒质量分别降低 23.6% 和 11.3%,喷施 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  GS-1 导致 Y03 角粒数减少 21.7%,会引起种子产量减少,但适当增加种株数量可提高种子产量。张耀文等<sup>[16]</sup>在 SX-1 杀雄 CMS 油菜的药液中伴肥以促进植株生长,提高制种产量和质量。另外,本试验仅选用了甘蓝自交不亲和系为试材,得到了杂交率为 100% 的 GS-1 喷施质量浓度为 2~20  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,但能否适用于甘蓝自交亲和系还需进一步研究。

## [参考文献]

[1] 何振才,李建昌,李永红.新杀雄剂 SX-1 在油菜上的应用初报 [J]. 陕西农业科学,2000(3):12-14.  
He Z C, Li J C, Li Y H. Application of a new male-sterilizing agent SX-1 in rape [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2000(3):12-14. (in Chinese)

[2] 张耀文,尚毅,李永红,等.新型化学杂交剂 SX-1 对甘蓝型油菜 CMS 的作用效果研究 [J]. 西北农业学报,2003,12(3):57-61.  
Zhang Y W, Shang Y, Li Y H, et al. Study on the effect of a new chemical hybridizing agent SX-1 to the CMS in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2003,12(3):57-61. (in Chinese)

[3] 刘宏伟,张改生,王军卫,等.化学杂交剂 SQ-1 诱导小麦雄性不

育及与不同小麦品种互作效应的研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(4):15-18.

- Liu H W, Zhang G S, Wang J W, et al. Effect of male sterility on different wheat genotype induced by SQ-1 [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2003, 31(4):15-18. (in Chinese)
- [4] 黄雪清,杨安南,周玉兰,等.化学杀雄剂 III 号(吡喃酮类复配剂)诱导水稻雄性不育的效果 [J]. 江苏农业学报,1999,15(1):17-20.  
Huang X Q, Yang A N, Zhou Y L, et al. Effect of chemical hybridizing agent III (Pyron-type Derivative) on male sterility in rice [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 1999, 15(1):17-20. (in Chinese)
- [5] 方智远,孙培田,刘玉梅,等.几种类型甘蓝雄性不育的研究与显性不育系的利用 [J]. 中国蔬菜,2001(6):6-10.  
Fang Z Y, Sun P T, Liu Y M, et al. Investigation of different types of male sterility and application of dominant male sterility in cabbage [J]. China Vegetables, 2001(6):6-10. (in Chinese)
- [6] 陈万义.化学杂交剂的进展 [J]. 农药,1999,38(1):1-6.  
Chen W Y. Advances in chemical hybridizing agent [J]. Pesticides, 1999, 38(1):1-6. (in Chinese)
- [7] 吴春西,宋小霞,张勇跃,等.田间小区种植鉴定农作物种子纯度的方法 [J]. 现代农业科技:上半月刊,2006(4):50-56.  
Wu C X, Song X X, Zhang Y Y, et al. The field-plot planter method for identifying crop seed purity [J]. Modern Agricultural Science and Technology: the Second Half of the Month Publication, 2006(4):50-56. (in Chinese)
- [8] 刘绚霞,董军刚,刘创社,等.新型化学杀雄剂 EN 对甘蓝型油菜的杀雄效果及其应用研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(4):81-85.  
Liu X X, Dong J G, Liu C S, et al. Effect and utility of a novel chemical hybridizing agent EN on *Brassica napus* [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2007, 35(4):81-85. (in Chinese)
- [9] 严自斌,刘创社,董军刚,等.化学杀雄剂 ESP 对甘蓝型油菜的杀雄效果研究 [J]. 西北农业学报,2006,15(6):81-84.  
Yan Z B, Liu C S, Dong J G, et al. Effects of chemical hybridizing agent ESP on *Brassica napus* L. [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2006, 15(6):81-84. (in Chinese)
- [10] 尚毅,李殿荣,李永红,等.我国油菜化学杀雄+细胞质雄性不育的应用研究 [J]. 西北农业学报,2005,14(1):27-29.  
Shang Y, Li D R, Li Y H, et al. Discussion on applied researches of chemical hybridizing + cytoplasmic male sterility in rape breeding of China [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2005, 14(1):27-29. (in Chinese)
- [11] 于天峰,刘树人,魏正平,等.化学杀雄剂 BAU-2 诱导春小麦雄性不育的研究 [J]. 黑龙江农业科学,1994(6):1-4.  
Yu T F, Liu S R, Wei Z P, et al. Study on induction of male sterility of spring wheat with chemical hybridizing agent, BAU-2 [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1994(6):1-4. (in Chinese)
- [12] 陈新军,戚存扣,张洁夫,等.化学杀雄剂 2 号在甘蓝型油菜上

- 的应用 [J]. 江苏农业科学, 2002(6): 19-21.
- Chen X J, Qi C K, Zhang J F, et al. Application of a chemical hybridizing agent No. 2 on *Brassica napus* L. [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2002(6): 19-21. (in Chinese)
- [13] 杨交礼, 王国槐. 两种新杀雄药在油菜上的应用简报 [J]. 作物研究, 2006(3): 227-230.
- Yang J L, Wang G H. Application of two new male-sterilizing drugs in rape [J]. Crop Research, 2006(3): 227-230. (in Chinese)
- [14] 梁肖青. SC2053 诱导小麦雄性不育的效果研究 [J]. 山西农业大学学报, 2006, 5(5): 92-94.
- Liang X Q. Analysis on the male sterility in wheat induced by SC2053 [J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2006, 5(5): 92-94. (in Chinese)
- [15] 于澄宇, 胡胜武, 张春宏, 等. 化学杂交剂 EXP 对油菜的杀雄效果 [J]. 作物学报, 2005, 31(11): 1455-1459.
- Yu C Y, Hu S W, Zhang C H, et al. The effect of chemical hybridizing agent EXP on oilseed rap [J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(11): 1455-1459. (in Chinese)
- [16] 张耀文, 尚毅, 李永红, 等. 新型化学杂交剂 SX-1 和肥料混用对甘蓝型油菜 CMS 的作用效果 [J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 9-13.
- Zhang Y W, Shang Y, Li Y H, et al. Effect of a new type chemical hybridizing agents SX-1 mixed with three kinds of fertilizer were sprayed to CMS in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2004, 13(3): 9-13. (in Chinese)
- 
- (上接第 114 页)
- [7] 马林, 韩巨才, 刘慧平. 植物内生放线菌 Fq24 和 Lj20 对番茄早疫病菌的抑制作用 [J]. 农药科学管理, 2006, 27(5): 29-35.
- Ma L, Han J C, Liu H P. Inhibiting effect of endophytic actinomycetes Fq24 and Lj20 on *Alternaria solani* (Ell. et Mart) Jones et Grout [J]. Pesticide Science and Administration, 2006, 27(5): 29-35. (in Chinese)
- [8] 张姝. 植物内生放线菌菌株 Fq24 的分离、筛选及生物活性初步研究 [D]. 山西太谷: 山西农业大学, 2005: 12-17.
- Zhang S. Isolation and screening of endophytic actinomycetes Fq24 and preliminary study on its bioactivities [D]. Taigu Shanxi: Shanxi Agricultural University, 2005: 12-27. (in Chinese)
- [9] 刘慧平, 韩巨才, 邢 颢, 等. 14 种植物内生放线菌对植物病原真菌的拮抗活性测定 [J]. 华北农学报, 2004, 18(增刊): 243-246.
- Liu H P, Han J C, Xing K, et al. Antagonistic activity of fourteen endophytic actinomycetes to fungal pathogens [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2004, 18(Supplement): 243-246. (in Chinese)
- [10] 钱铭镛. 发酵工程最优化控制 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1998: 46-58.
- Qian M Y. Optimal control of fermentation engineering [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1998: 46-58. (in Chinese)
- [11] Sergio S, Arnold L. Demain metabolic regulation of fermentation processes [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2002, 31: 895-906.
- [12] 曹广丽, 陈立梅, 徐文静, 等. 番茄叶霉病菌拮抗链霉菌 BPS2 发酵条件的研究 [J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 341-345.
- Cao G L, Chen L M, Xu W J, et al. Studies on fermentation conditions of antagonistic streptomyces tumenensis BPS2 against *Fulvia fulva* [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(5): 341-345. (in Chinese)
- [13] 崔晋龙, 刘磊, 王玉君, 等. 发酵条件对内生真菌 SBO23 抑菌活性的影响 [J]. 首都师范大学学报, 2008, 29(4): 42-45.
- Cui J L, Liu L, Wang Y J, et al. Effects of fermentation conditions on anti-microbe activity of endophytic fungus SBO23 [J]. Journal of Capital Normal University, 2008, 29(4): 42-45. (in Chinese)
- [14] 许灵波, 申屠旭萍, 陈霄峰, 等. 银杏内生真菌 No. 1028 的培养条件及其代谢产物对作物真菌病害的抑制作用 [J]. 菌物研究, 2006, 4(2): 25-29.
- Xu L B, Shentu X P, Chen X F, et al. Culture conditions of endophytic fungus No. 1028 from Gingko plant and inhibition of its metabolites on crop fungal diseases [J]. Journal of Fungal Research, 2006, 4(2): 25-29. (in Chinese)
- [15] 何红, 沈兆昌, 邱思鑫, 等. 内生拮抗枯草芽孢杆菌 BS22 菌株的发酵条件 [J]. 中国生物防治, 2004, 20(1): 38-41.
- He H, Shen Z C, Qiu S X, et al. Fermentation conditions of endophytic antagonistic strain BS22 of bacillus subtilis [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2004, 20(1): 38-41. (in Chinese)