

化学药物 GSC 不同浓度对白菜型冬油菜 主要性状的影响

赵彩霞, 王丽萍, 孙万仓, 武军艳, 刘自刚, 何 丽, 李林蔚

(甘肃省干旱旱生境作物学重点实验室, 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以白菜型冬油菜品种鉴 94 为材料, 研究化学药物 GSC 的不同浓度对白菜型冬油菜主要性状的影响。结果表明, GSC 处理两次后, 导致植株生长势变弱, 而对结实力无显著影响; 对油菜花冠和花瓣的生长有一定抑制作用, 随着化学药物浓度的增加, 花冠直径和花瓣面积呈减小趋势, 雄蕊长度逐渐缩短, 雌蕊无显著变化, T7 浓度处理(第一次 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和第二次 $0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度处理)后, 花丝萎缩, 花药干瘪, 出现大量不育花粉。GSC 可以诱导白菜型油菜产生雄性不育, 随着 GSC 浓度的增加, 不育株数和失活花粉数也逐渐增加, 在 T7 浓度, 植株不育株率达 86.49%, 失活花粉率达 89.30%; 同时用此浓度处理后花粉囊发育不良, 绒毡层细胞提前解体或随花粉粒退化一同消失, 小孢子团紧贴内壁, 数量变少。试验说明化学药物 GSC 对白菜型冬油菜具有一定的杀雄效果, 同时杀雄效果与药物浓度有一定关系。

关键词: 白菜型冬油菜; 化学杀雄; GSC; 雄性不育

中图分类号: S565.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)04-0129-06

Effects of different concentrations of chemical agent GSC on main traits of winter rapeseed (*Brassica rapa*)

ZHAO Cai-xia, WANG Li-ping, SUN Wan-cang, WU Jun-yan, LIU Zi-gang, HE Li, LI Lin-wei
(Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Using the cultivar Jian 94 as a material, the effects of different concentrations of the chemical agent GSC on the main traits of winter rapeseed (*Brassica rapa*) were studied. The results showed: GSC treatment caused a negative effect on plant growth, but there was no significant effect on seed setting; the growth of corolla and petals was inhibited, and the corolla diameter and petal area were decreased with the increase of GSC concentration; the length of stamens was gradually shortened, while the pistils were not changed significantly; under the concentration of T7 ($0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ at first and second time, respectively), the filaments became atrophied, and the anthers became shriveled with a large number of sterile pollens. GSC could induce male sterility of winter rapeseed, and the rate of sterile plants and dead pollens was increased with the rise of GSC concentration. Under the concentration of T7, the rate of sterile plants and dead pollens was 85.67% and 82.30%, respectively. Meanwhile, the anthers became hypogenetic, the tapetal cells disintegrated in advance or disappeared along with the degradation of pollen grains, and the spore balls stuck closely to the inner wall and their number became small. The results demonstrated that the chemical agent GSC could cause a certain effect on male sterility, and there was a relationship between sterilization rate and GSC concentration.

Keywords: winter rapeseed (*Brassica rapa*); chemical hybridizing agent; GSC; male sterility

从油菜生产上讲, 目前世界上广泛进行了油菜杂种优势利用, 是提高油菜产量的有效途径。我国从 20 世纪 60 年代起就开始了杂交种的研究, 是世

界上最早育成杂交油菜并大面积推广的国家, 杂种优势利用处于世界领先水平, 至 2007 年杂交油菜种植面积占油菜总面积的 60% 左右^[1]。其中主要为

收稿日期: 2012-08-06

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(200903002-04); 国家高新技术研究发展计划(“863”计划)项目(2011AA10A104); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-13)

作者简介: 赵彩霞(1987—), 女, 甘肃会宁人, 硕士生, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: zhcx3694@163.com。

同为第一作者, 王丽萍(1987—), 女, 甘肃定西人, 在读硕士生, 研究方向为油料作物遗传育种。E-mail: 997893911@qq.com。

通讯作者: 孙万仓(1957—), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士, 主要从事油菜育种及十字花科种质资源研究。E-mail: wancangsun2011@yahoo.com.cn。

甘蓝型油菜的杂交种,芥菜型和白菜型油菜尚无杂交种用于生产。目前利用作物杂种优势的途径有质不育三系杂种、核不育两系杂种、自交不亲和杂种和化学杀雄杂种等^[2]。在生产实践中广泛应用的主要是质不育、核不育和化学杀雄诱导不育。

白菜型冬油菜具有抗寒、早熟等优良特性,是我国北方地区主要的油料作物,自交不亲和,自交衰退严重,难以获得纯系,因而通过胞质不育系,自交不亲和性系利用杂种优势十分困难。因此,利用化学杀雄剂育种将成为白菜型冬油菜杂种优势利用的一条重要途径。化学杀雄剂的研究始于 20 世纪 50 年代初期,Moore 和 Naylor 分别报道了植物生长调节剂(Plant Growth Regulator,简称 PGR)马来酰肼(MH)诱导玉米可产生雄性不育株,从而开创了使用植物化学杂交剂使用的历史^[3-4]。目前,国内利用化学杀雄剂培育油菜杂交种已有大量报道,如 MG1^[5-6]、MG2^[7-8]、KMS-1^[9]、SX-1^[10]、Surf Excel^[11]等。利用化学杀雄剂生产杂交种具有许多优点,如亲本来源广泛、组合选配自由、避免了不育系选育和恢复系筛选等大量工作,容易选到高产组合^[12]。然而,多数化学杂交剂对油菜生长有不同程度的药害或杀雄不彻底,并且杀雄效果受气候及植株发育状况的影响,在用药量和喷施时期上要求苛刻,伸缩性小。所以目前能够大面积应用的化学杂交剂仍然很少。继续寻找高效、稳定和低毒的化学杂交剂是油菜化学杂交剂育种的重要工作。化学药物 GSC 主要由苯磺隆和赤霉素组成,常用作除草剂。本试验用化学药物 GSC 不同浓度在蕾期对白菜型冬油菜进行喷施处理,探索其对白菜型冬油菜花器形态、花粉活

力、花粉小孢子发育、农艺性状和植株长势等主要性状的影响,以探究此种药物对白菜型冬油菜是否具有杀雄效果,为新型白菜型冬油菜化学杀雄剂的开发利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

白菜型冬油菜品种鉴 94,由甘肃农业大学农学院提供。

化学药物 GSC,主要成分为苯磺隆、赤霉素和有机硅渗透剂等复合物。

1.2 试验方法

1.2.1 植株培育 试验于 2010—2011 年在甘肃农业大学实训基地甘肃省中川镇进行。每小区 3 行,行长 3 m,面积为 2.0 m²,每小区 75 株左右,拔出杂苗、小苗,使长势整齐一致。田间正常栽培管理,露地越冬,翌年春季植株进入抽薹现蕾后进行杀雄处理。

1.2.2 喷施方法 在油菜植株主花序的最大花蕾约 2 mm 左右,即花粉小孢子分裂生长处于单核期时,用小型手动喷雾器将不同质量浓度的 GSC 均匀喷施于叶面,10 d 后喷第二次。两次均以喷清水作为对照。每浓度处理一个小区,3 次重复,单株平均受药量为 9~10 ml,相邻小区喷药时用塑料布遮挡。药物浓度设置,第一次喷施浓度依照该地区对此类药物作为除草剂时的使用情况设置浓度梯度,第二次喷施时由于植株营养体增大,在第一次的基础上增加一个浓度梯度。具体配制的 GSC 浓度组合见表 1。

表 1 GSC 浓度梯度
Table 1 Concentration gradient of GSC

项目 Items	处理 Treatment							
	CK	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
第一次喷药浓度/mg·L ⁻¹ The first spraying concentration	0.00	0.01	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.5
第二次喷药浓度/mg·L ⁻¹ The second spraying concentration	0.00	0.04	0.07	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6

1.3 观察指标

1.3.1 花器形态 于花期观察处理植株的分枝、茎叶、花蕾及花朵发育情况并拍照。盛花期时,在当日上午 9:00—10:00,每个处理做标记的植株上摘取 4 朵开放或待放的花朵,每个处理共 20 朵花,用游标卡尺按处理逐朵测量并记录花冠直径、花瓣大小(长宽)、雌蕊长度、雄蕊长度以及花药和花丝长度。

1.3.2 花粉活力及花粉小孢子发育的观察 花粉

活力镜检,用 1%醋酸洋红染色制片,载玻片中央滴上 1~2 滴铁醋酸洋红液,用毛笔将干燥预处理过的花粉材料扫出花药至玻片染液中,盖上盖玻片,染色 5~10 min。在显微镜下观察呈深红色的为有生活力花粉,淡红色的为部分失去生活力花粉,无色空秕畸形的是失去生活力花粉^[13]。

油菜盛花期取待放的花蕾,迅速放入 FAA 固定液中,70%乙醇 4℃保存。石蜡包埋,旋转式切片机切片,厚度 8~10 μm。海氏苏木精染色,加拿大树

胶封藏,显微镜观察处理植株花药内部组织的发育情况^[14-15]。

1.3.3 植株育性观察 处理后每 2 d 调查一次植株生长状况。植株育性观察,以处理为单位观察植株育性,统计油菜不育株率及不育株的不育度。油菜植株育性观察主要参考官春云^[9]、刘洵霞^[13]等改进的杀雄效果鉴定标准。全不育株:雄蕊退化成针状,或花药无花粉,花粉败育;半不育株:雄蕊退化成三角形,位置低于雌蕊,花粉败育或失活花粉率达 90%;可育株(正常株):花器正常,败育或失活花粉率低于 50%。

1.3.4 农艺性状 成熟前考察农艺性状,每个处理 10 株,分别考察株高、分枝部位、一次分枝数、主花序长、角果数、角粒数、平均角果长以及天然异交结实情况。

2 结果与分析

2.1 GSC 不同浓度对白菜型冬油菜农艺性状的影响

不同浓度的化学药物 GSC 叶面喷施对白菜型冬油菜主要农艺性状的影响见表 2。植株的株高、分枝部位、主花序长度和角果长度受到一定程度的抑制,且随着药物浓度的增加,抑制作用更加显著,

主要表现为植株生长减慢,株高降低,节间缩短,分枝减少。对照植株的株高、分枝部位、主花序长度分别为 72.9 cm、17.4 cm、31.0 cm, T6 浓度处理后,株高降为 63.1 cm,与对照相比降低 9.8 cm,差异显著;分枝部位为 13.6 cm,与对照相比降低 3.8 cm,差异显著;主花序长度降到 21.1 cm;平均角果长度在 T7 浓度处理后,较对照差异显著。不同浓度的化学药物 GSC 对植株结实性影响不大,有效分枝数、单株总角果数和平均角粒数在处理前后均无显著变化,如有效分枝数、单株总角果数和平均角粒数处理前分别为 7、68.4、23,经最大浓度 T7 浓度处理后分别为 5.5、61.6、20.4。

2.2 GSC 不同浓度对白菜型冬油菜花器形态的影响

2.2.1 GSC 不同浓度对花冠和花瓣大小的影响 不同浓度的 GSC 叶面喷施对白菜型油菜花器官形态的影响不同(表 3、图 1)。通过田间观测发现,GSC 对油菜花冠和花瓣的生长有一定的抑制作用,且随着药物浓度增加,这种抑制现象越明显。首先花冠直径变小,经 GSC 处理后,花冠直径均小于对照,且随着药物浓度的增加,花冠直径呈减小趋势, T7 浓度处理后,较对照差异显著;其次花瓣面积也受到了抑制,即花瓣长度和宽度随着化学药物浓度的增加逐渐减小,甚至部分花瓣出现萎缩现象。

表 2 GSC 不同浓度对植株农艺性状的影响

Table 2 Effect of different GSC concentrations on agronomic traits of rapeseed

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	分枝部位 Branch height /cm	主花序长度 Length of main inflorescence/cm	有效分枝数 Number of available branches	单株总角果数 Number of siliques per plant	平均角果长度 Average length of siliques/cm	平均角粒数 Number of seeds per silique
CK	72.9±7.6a	17.4±3.0a	31.0±4.1a	7.0±1.6a	68.4±5.9a	5.1±0a	23.0±1.6a
T1	71.8±5.0a	17.2±4.4a	28.4±2.0a	6.8±1.6a	67.8±6.1ab	5.0±0ab	22.6±1.8a
T2	71.3±5.3a	16.6±3.1a	25.9±5.2ab	6.6±1.5ab	65.4±3.8abc	4.9±0ab	21.6±1.1ab
T3	68.3±9.6ab	16.5±3.8a	24.4±5.0abc	6.6±1.2ab	63.4±5.1abc	4.9±1ab	21.0±1.0ab
T4	67.4±3.0ab	16.6±3.3a	23.9±1.6abc	6.5±1.0ab	62.5±5.0abc	4.8±1ab	20.6±0.5ab
T5	67.0±2.2ab	16.5±2.0a	23.4±3.7abc	6.5±1.3ab	62.2±3.1abc	4.8±0ab	20.6±1.1ab
T6	63.1±3.3b	13.6±0.6b	21.1±1.2b	5.8±1.3ab	62.0±3.0abc	4.8±0ab	20.6±1.2ab
T7	55.5±5.6c	12.4±3.7b	17.0±2.7c	5.5±1.5ab	61.6±1.5abc	4.7±0b	20.4±0.5ab

注:表中数据为 10 次重复的平均值,用 mean±SD 表示,数据后标相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著,下同。

Note: The data are mean value of ten repetitions, shown as mean±SD. Different small letters in the same columns indicate significant difference at $P < 0.05$. The same as below.

2.2.2 GSC 不同浓度对雌蕊和雄蕊的影响 GSC 对雄蕊的影响,主要表现在花药和花丝。经 GSC 处理后,雄蕊长度、花丝长度和花药长度都表现出一定的被抑制作用,随着化学药物浓度的增加,抑制现象更加显著;雄蕊长度显著低于雌蕊,花丝萎缩,对照的花丝长度为 6.03 mm,经 T7 浓度处理后,花丝长度只有 3.64 mm,差异显著;对照植株的花药是黄色肥大饱满的,内含很多成熟花粉,而较高浓度处理的

花药成针状或三角状,内无花粉或无可育花粉,同时花药长度也受到抑制,在 T7 浓度时较对照出现显著差异。GSC 对白菜型冬油菜的雌蕊长度基本无影响,与对照相比, T7 浓度处理后雌蕊的长度只降低了 0.09 mm。

2.3 GSC 不同浓度对白菜型冬油菜植株育性和花粉活力的影响

GSC 可以诱导白菜型冬油菜植株产生雄性不育

现象,同时不同浓度的 GSC 对同一材料的杀雄效果不同(表 4)。GSC 不同浓度处理下,植株的不育株率为 9.60% ~ 86.49%,随着药剂浓度的增加,不育株率也逐渐增加,其中在 T7 浓度的杀雄效果最好,

不育株率达到最大,为 86.49%;经 GSC 诱导产生的不育株的不育度普遍较高,均达到 80% 以上,T7 浓度下不育度达到了 97.43%;此外,以上浓度处理下均没有出现药害株和闭蕾蕾株。

表 3 GSC 不同浓度对植株花器形态的影响/mm

Table 3 Effect of different GSC concentrations on morphological traits of floral organs

处理 Treatment	花冠直径 Corolla diameter	花瓣长度 Petal length	花瓣宽度 Petal width	雌蕊长度 Pistil length	雄蕊长度 Stamen length	花丝长度 Filament length	花药长度 Anther length
CK	17.24 ± 0.49a	11.26 ± 0.48a	6.99 ± 0.55a	7.83 ± 0.53a	7.92 ± 0.26a	6.13 ± 0.52a	2.24 ± 0.13a
T1	17.03 ± 0.85ab	11.06 ± 0.88a	6.62 ± 0.28ab	7.84 ± 0.18a	7.53 ± 0.22a	5.98 ± 0.60ab	2.22 ± 0.57a
T2	16.68 ± 0.48ab	10.86 ± 0.75ab	6.26 ± 0.25abc	7.83 ± 0.56a	7.17 ± 0.48ab	5.61 ± 0.23ab	2.22 ± 0.29a
T3	16.27 ± 0.48ab	10.39 ± 0.32ab	6.04 ± 0.28abc	7.87 ± 0.66a	6.74 ± 0.64ab	5.54 ± 0.67abc	2.20 ± 0.33a
T4	16.06 ± 0.79ab	10.13 ± 0.32ab	5.83 ± 0.57abc	7.82 ± 0.40a	6.45 ± 0.64ab	4.61 ± 0.37abc	2.12 ± 0.49ab
T5	15.75 ± 0.45ab	9.83 ± 0.23ab	5.44 ± 0.50abc	7.80 ± 0.28a	6.14 ± 0.40ab	4.24 ± 0.43abc	2.07 ± 0.47ab
T6	15.51 ± 0.44ab	9.43 ± 0.33ab	5.03 ± 0.61bc	7.75 ± 0.21a	5.56 ± 0.61b	4.07 ± 0.27bc	1.85 ± 0.22ab
T7	15.14 ± 0.40b	9.01 ± 0.51b	4.62 ± 0.23c	7.74 ± 0.31a	5.27 ± 0.27b	3.64 ± 0.28c	1.76 ± 0.36b



注:1-1: GSC 处理后不育花和对照可育花器官;1-2: GSC 处理后的不育株;1-3: 对照可育株

Note: 1-1: Sterile organs induced by GSC (left) and fertile organs (CK, right); 1-2: Sterile plants after GSC treatment; 1-3: Fertile plants (CK)

图 1 GSC 不同浓度处理后花器形态及植株育性变化

Fig. 1 Changes of floral organs and plant fertility after GSC treatment

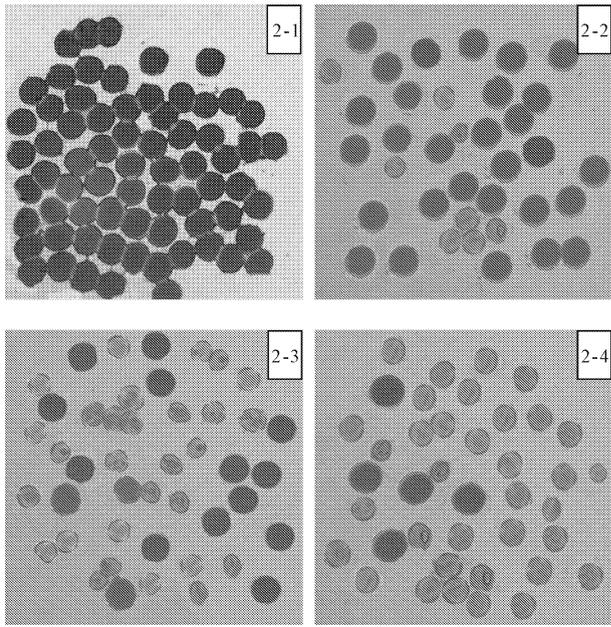
表 4 GSC 不同浓度对植株育性的影响

Table 4 Effect of different GSC concentrations on plant fertility

处理 Treatments	处理株数 Number of plants	不育株数 Number of sterile plants	不育株率/% Rate of sterile plants	不育度/% Sterile degree	失活花粉率/% Rate of sterile pollens
CK	74	0	0.00g	0.00f	0.00g
T1	73	7	9.59g	80.60e	10.60f
T2	74	12	16.21e	82.40e	13.40e
T3	75	15	20.00e	84.20e	15.50e
T4	75	30	40.00d	88.60cd	25.60d
T5	75	39	52.00c	91.30c	46.72c
T6	74	50	68.00b	96.50ab	72.80b
T7	74	64	86.49a	97.43a	89.30a

花粉活力镜检,醋酸洋红染色,显微镜下观察对照植株的花粉大而饱满,发育一致,均能染成深红色(图 2-1);经化学药剂 GSC 处理后,部分花粉粒发育迟缓,空瘪且不能染色(图 2-2);随着 GSC 浓度的增加,

72%的花粉不能染色,花粉小孢子原生质略微收缩,形状已经不像可育花粉那样呈饱满的圆形,仍呈三瓣状,发育基本停滞(图 2-3);GSC 的浓度进一步增大,T7 浓度处理后,失活花粉率达到 89.30%(图 2-4)。



注:2-1:对照×100;2-2:T4 浓度处理×100;2-3:T6 浓度处理×100;2-4:T7 浓度处理×100

Note: 2-1: Control×100; 2-2:T4 treatment×100; 2-3 T6 treatment×100; 2-4 T7 treatment×100

图 2 GSC 不同浓度处理后花粉活力镜检

Fig.2 Pollen viability microscopy after GSC treatment

2.4 GSC 不同浓度对白菜型冬油菜花药发育的影响

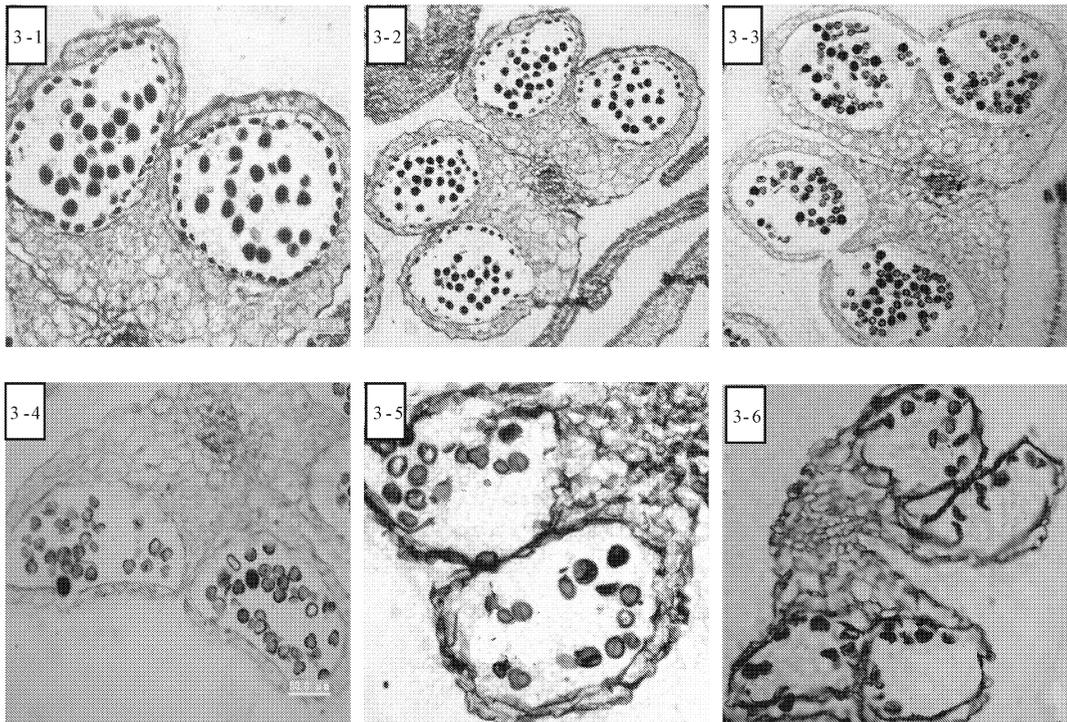
据杨光圣^[16]报道,油菜的正常花药发育可分为孢原细胞时期、造孢细胞时期、花粉母细胞减数分裂至四分体时期、单胞花粉期、二胞和三胞花粉期等。本试验采用的材料是即将盛开的花蕾,花粉小孢子大部分发育到二胞和三胞花粉期,甚至成熟的花粉期。石蜡切片结果表明:对照的花药药壁的结构层次清晰,组织有序,分为外壁、内壁和绒毡层,花粉粒饱满,在药室内的分布均匀(图 3-1);经化学杀雄剂处理后,绒毡层部分解体消失,并出现少数空瘪的花粉粒(图 3-2);T4 浓度处理后,绒毡层完全解体消失,大部分的花粉变成空壳(图 3-3);随着化学药物浓度的增加,花药内腔略有紧缩,花粉粒全部变成空壳(图 3-4);花药的药壁及花药内部组织发育出现异常,观察发现花药药壁结构模糊,细胞分布不均匀,小孢子发育受阻,聚集一团,相互粘连,融合成原生质团(图 3-5);当小孢子发育为成熟花粉粒时,处理花药药室干瘪,花粉囊发育不良,药室退化,花药壁变薄,绒毡层细胞迅速解体和消失或与花粉粒退化一同消失。小孢子团受挤压紧贴内壁,粘连一片,数量变少,随之逐渐消失(图 3-6)。由此认为喷施化学药剂 GSC 后,绒毡层解体等可能导致药室内花粉因发育所需物质的缺乏而不能正常成熟,而使小孢子变形、解体,最终导致败育。

3 结论与讨论

本试验通过植株在蕾期和初花前 5 天(现蕾后 12 d 左右)叶面各喷施一次化学药物 GSC,研究了白菜型冬油菜鉴 94 主要性状及育性的变化。结果表明,不同浓度的 GSC 对白菜型冬油菜植株花器形态、农艺性状和植株育性影响不同。较低浓度的 GSC(T1 ~ T5 浓度)处理对植株农艺性状和花器形态无显著影响,而较高浓度的 GSC(T7)对植株生长势和花器形态影响较大,主要表现在植株生长势变弱、花器官变小、雄性器官发育不良等现象;不同浓度的 GSC 诱导植株产生的不育株率不同,在 T2 浓度处理后,不育株率较对照均出现显著差异,T7 浓度处理时,失活花粉率和不育株率均达到最大,GSC 诱导的不育株的不育度普遍较高,均达到 80% 以上。化学药物 GSC 处理后花粉囊发育不良,随着处理浓度的增加,绒毡层细胞逐渐提前解体或随花粉粒退化消失,无法给花粉小孢子提供发育所需的营养物质,使花粉小孢子出现空瘪、粘连等现象,数量变少,最终造成雄性不育。综上所述,化学药物 GSC 可以诱导白菜型冬油菜产生雄性不育现象,同时育性高低与药物浓度密切相关。

目前有许多新型的化学杂交剂和化学杀雄复配剂在甘蓝型油菜上研究应用,但杀雄机制各不相同。杨交礼等^[17]认为,草甘膦的杀雄作用主要表现为对蛋白质合成、物质代谢和营养生长产生抑制作用,从而导致植株产生雄性不育现象;于澄宇等^[18]研究发现,化学杂交剂 EXP 作用靶标是植物的乙酰乳酸合成酶(ALS),通过抑制酶活性,阻止支链氨基酸缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸的合成,从而抑制雄蕊正常发育;而李宏伟等^[19]研究表明,GS-1 抑制了一系列生理生化过程所需蛋白质的合成,从而造成雄蕊不育;广东农科院发现杀雄剂 1 号诱导水稻的不育机理是在花药中硫基化合物含量显著减少,琥珀脱氢酶和细胞色素氧化酶活性显著下降,导致花粉母细胞和小孢子的正常呼吸作用受到破坏,能量代谢发生障碍,从而造成花粉败育^[20]。本试验所用化学复合药物 GSC,是一种选择性内吸传导型药剂,可被植株叶和茎吸收,并在植株体内传导,通过抑制植株正常生长所需酶的活性,从而影响各类氨基酸的生物合成。喷施适宜浓度的 GSC 后,可能是破坏了雄蕊的生长点细胞,进而抑制雄蕊的生长甚至使雄蕊坏死,不能正常生长发育产生可育花粉。

本次研究只能作为对白菜型冬油菜杀雄效果的初探,所喷施的化学药物浓度,在处理后的不育株率和失活花粉率都没有达到 100%,也没有出现闭蕾死



注:3-1:对照的花药×200;3-2:T2 浓度处理后的花药×100;3-3:T4 浓度处理后的花药×100;3-4:T5 浓度处理后的花药×200;3-5:T6 浓度处理后的花药×200;3-6:T7 浓度处理后的花药×100

Note: 3-1: Control×200; 3-2:T2 treatment×100; 3-3:T4 treatment×100; 3-4:T5 treatment×200; 3-5:T6 treatment×200; 3-6:T6 treatment×100

图 3 GSC 不同浓度处理后花药组织结构的变化

Fig.3 Changes of anther structure after GSC treatment

蕾和药害株;从花器形态上观察,大部分的不育株为半不育,雄蕊完全退化的现象并不显著;通过对花药发育的观察,GSC 的最大浓度,只是对花药绒毡层和花粉小孢子发育造成一定的影响,而没有使药室出现显著变形等现象;另外此种化学复合物的作用机理并不完全清楚;因此还需提高化学药物 GSC 的浓度,做进一步试验。

参考文献:

- [1] 傅廷栋.油菜的品质改良[J].作物研究,2007,(3):159.
- [2] 刘静,董振生.白菜型油菜杂种优势利用进展[J].西北农业学报,2006,15(5):261-265.
- [3] Moore R H. Several effects of maleic hydrazide on plants[J]. Science, 1950,112(2898):52-53.
- [4] Naylor A W. Observations on the effects of maleic hydrazide on the flowering of tobacco, maize and cocklebur[J]. Proc Nat Acad Sci, 1950,(36):230-232.
- [5] 官春云,王国槐,赵均田,等.杀雄剂 1 号诱导油菜雄性不育的效果及其机理的初步研究[J].遗传,1981,3(5):15-17.
- [6] 官春云.关于油菜化学杀雄杂种的几点说明[J].作物研究,1995,9(增刊):10-11.
- [7] 陈新军,戚存扣,张洁夫.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):19-22.
- [8] 付云龙,戚永明,赵汉红.化学杀雄剂对油菜三系杂交代种母本微粉控制试验简报[J].种子,2003,(1):73.
- [9] 官春云,李恂,王国槐.化学杀雄剂诱导油菜雄性不育机理的研究 II. KMS-1 对甘蓝型油菜育性的影响[J].作物研究,1998,20(3):1-4.
- [10] 张耀文,尚毅,李永红,等.新型化学杀雄剂 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.
- [11] Singh V, Chauhan S V S. Bud pollination and hybrid seed production in detergent-induced male sterile plants of *Brassica juncea* [J]. Plant Breeding, 2003,122(5):421-425.
- [12] Adugna A, Nanda G S, Singh K. A comparison of cytoplasmic and chemically-induced male sterility systems for hybrid seed production in wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Euphytica, 2004,135(3):297-304.
- [13] 刘绚霞,董振生,刘创社,等.新型油菜化学杀雄剂 EN 的杀雄效果与应用研究初报[J].西北农业学报,1999,8(4):60-62.
- [14] 慕小倩.植物显微技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2005:13.
- [15] 刘燕,董振生,张改生,等.甘蓝型油菜 CMS212A 花药发育的细胞学研究[J].西北农业学报,2005,14(1):33-34.
- [16] 杨光圣,瞿波,傅廷栋.三个甘蓝型油菜隐性细胞核雄性不育系小孢子发生的细胞学研究[J].华中农业大学学报,1999,18(6):520-523.
- [17] 杨交礼,王国槐.两种新杀雄药物在油菜上的应用简报[J].作物研究,2006,(3):227-230.
- [18] 于澄宇,胡胜武,张春宏,等.化学杀雄剂 EXP 对油菜的杀雄效果[J].作物学报,2005,35(11):1455-1459.
- [19] 李宏伟,张恩慧,许忠民,等.甘蓝化学杀雄剂 GS-1 的杀雄效果研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(7):116-121.
- [20] 广东省农作物杂种优势利用研究协作组.“杀雄剂一号”诱导水稻雄性不育的效果及其原理的研究[J].植物学报,1978,20(4):305-313.