

# 青花菜两类雄性不育系花器官形态结构的比较

舒金帅, 刘玉梅, 方智远, 杨丽梅, 张黎黎, 庄木, 张扬勇, 李占省, 孙培田

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘要:**青花菜是一种重要的十字花科蔬菜作物,具有良好的抗癌功效。随着青花菜栽培面积的不断扩大和抗癌药物的开发,对青花菜种子的需求量也不断增加。利用雄性不育系生产青花菜  $F_1$  杂交种子是其杂种优势利用的重要途径,但常用的细胞质雄性不育系在生产中存在前期死蕾较重、花蜜量少和种子产量不高等问题。本课题组用优良青花菜自交系为父本,以甘蓝显性细胞核雄性不育材料 79-399-3 和细胞质不育材料 OguraCMS<sub>3</sub> 629 为不育源,通过回交转育的方法获得了多个青花菜显性细胞核雄性不育系和细胞质不育系,为了进一步有效利用其青花菜雄性不育系,寻求更好的不育源。本研究以青花菜高代自交系(保持系)8554、8590、93219 及其经多代回交转育而成的两类雄性不育系为试材,对其死蕾数、花器官形态和蜜蜂访花情况进行了比较研究。结果表明,在花蕾长、花蕾直径、单枝死蕾数、花冠直径、雄蕊长、花瓣长、花药长、蜜蜂访花次数、来访蜜蜂数及访花时间等方面,经相同自交系转育而成的显性细胞核雄性不育系(DGMS)与细胞质雄性不育系(CMS)间的差异有统计学意义,总体表现为 DGMS 优于 CMS。

**关键词:**青花菜;DGMS;CMS;花器官;蜜蜂访花次数

## Study on the Floral Characteristics and Structure in Two Types of Male Sterile Lines of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

SHU Jin-shuai, LIU Yu-mei, FANG Zhi-yuan, YANG Li-mei, Zhang Li-li,

ZHUANG Mu, ZHANG Yang-yong, LI Zhan-sheng, SUN Pei-tian

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract:** Broccoli is an important cruciferous vegetable and has a good anti-cancer effect. With the expanding cultivation area of broccoli and the developing of anticancer drug, the demand for broccoli seeds are increasing. Using male sterile line to produce  $F_1$  generation seeds is an important way to utilize of heterosis, but the cytoplasmic male sterile lines commonly used in production have heavier problems of the buds death in the early stage, less nectar volume, and lower seeds production. Using broccoli inbred lines as male parent, cabbage dominant genic male sterility material 79-399-3 and cytoplasmic male sterile material OguraCMS<sub>3</sub> 629 as the infertility sources, we have obtained multiple dominant genic male sterile lines and cytoplasmic male sterile lines of broccoli through backcrossing method in order to further effectively use of broccoli male sterile lines and search for better infertility sources. In the study, the differences of the bud death numbers, floral organ structure, and number of or frequency of bees visiting flowers among dominant genic male sterile (DGMS) lines, cytoplasmic male sterile (CMS) lines, and inbred lines of broccoli 8554, 8590 and 93219 were studied. The results showed that the differences of the bud length, bud diameter, death buds of single branch, corolla diameter, stamen length, anther length, petal length, the times of visiting bees, the number of visiting bees, and the time of bees staying on the flower between DGMS and CMS of lines 8554, 8590 and 93219 were significant. As a whole, above characteristics in DGMS lines were significantly better than

收稿日期:2013-04-22 修回日期:2013-05-20 网络出版日期:2013-12-19

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20131219.1113.006.html>

**基金项目:**现代农业产业技术体系建设专项资金(国家大宗蔬菜产业技术体系)(CARS-25-A);国家科技支撑计划课题(2013BAD01B04);农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室项目

第一作者研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail:shjshuai@126.com

通信作者:刘玉梅,研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail:liuyumei@caas.cn

CMS lines.

**Key words:** broccoli; DGMS; CMS; floral organ; numbers of bees visiting flowers

青花菜 (*Brassica oleracea* var. *italica*) 是十字花科芸薹属甘蓝种中以绿色花球为食用产品的变种, 起源于地中海沿岸地区, 存在明显的杂种优势。近年来在我国的栽培面积不断扩大, 深受消费者的喜爱, 同时也成为一些地区重要的出口创汇蔬菜种类。利用雄性不育系进行青花菜  $F_1$  种子生产可降低制种成本, 提高杂交种子纯度, 是杂种优势利用的重要途径之一, 目前生产上主要是利用细胞质雄性不育系与父本生产杂交种, 但细胞质雄性不育系在生产中存在前期易死花蕾、花蜜量少、种子产量不高等问题。

优良的雄性不育系是提高杂交种子产量的关键因素, 而花朵的开放程度、死花蕾的多少, 花器官的大小及蜜腺的大小等是选育优良雄性不育系需考虑的重要因素。目前, 关于植物雄性不育系花器官形态的研究已在花椰菜<sup>[1-2]</sup>、青花菜<sup>[3-4]</sup>、白菜<sup>[5-10]</sup>、油菜<sup>[11]</sup>、甘蓝<sup>[12-15]</sup>、甘蓝型油菜<sup>[16-18]</sup>、辣椒<sup>[19]</sup>、红菜薹<sup>[20]</sup>、芥菜<sup>[21-22]</sup>、茄子<sup>[23]</sup>、棉花<sup>[24]</sup>、芝麻<sup>[25]</sup>等多种作物中报道, 但这些大多集中在对细胞质雄性不育系与保持系花器官形态的研究, 而有关青花菜细胞核雄性不育系与细胞质雄性不育系花器官形态及蜜蜂访花方面的比较研究未见报道。本研究对本课题组育成的青花菜细胞质雄性不育系和显性细胞核雄性不育系及相应保持系的花器官形态特征及蜜蜂访花情况进行了系统研究, 为进一步有效利用青花菜雄性不育系进行新品种选育和杂交种子生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以中国农业科学院蔬菜花卉研究所甘蓝青花菜课题组育成的青花菜细胞质雄性不育系 CMS8554、CMS8590、CMS93219, 显性细胞核雄性不育系 DGMS8554、DGMS8590、DGMS93219 和相应的保持系 8554、8590、93219 为试验材料。

试材中显性细胞核雄性不育系和细胞质雄性不育系的原始不育源分别来源于结球甘蓝 DGMS 79-399-3 和 OguraCMSR<sub>3</sub> 629, 上述 6 个青花菜雄性不育系是分别以 8554、8590 和 93219 3 个保持系为回交父本, 经多代 (>9 代) 回交转育获得的高代雄性不育系, 其育性及各经济性性状稳定, 与相同轮回亲本

(保持系) 除育性外其他遗传背景一致。

### 1.2 试验设计

试验在中国农业科学院蔬菜花卉研究所南口试验农场进行。用于春季调查的试验材料于 2010 年 12 月 12 日播种, 2011 年 1 月 3 日分苗, 1 月 28 日定植于温室。用于冬季调查的试验材料于 2011 年 7 月 18 日播种, 8 月 4 日分苗, 8 月 22 日定植于温室。

### 1.3 调查内容及方法

死蕾数的调查: 自初花期开始调查植株 2 级分枝上的死蕾数目, 直到花期结束停止调查。试验设 3 次重复, 每重复 3 株。

花器官大小的测量: 盛花期, 随机选取自交系、DGMS、CMS 不同植株 2 级分枝中上部当日开放的花及靠近其最近一轮的花蕾, 用数显游标卡尺分别测量花冠、花瓣长和宽、长雄蕊、短雄蕊、花药长和宽、花柱长、花蕾长 (花蕾基部到顶端的水平距离) 和花蕾直径 (花蕾最粗处的直径), 试验设 3 次重复, 每重复 3 株, 每株测量 50 朵花, 30 个花蕾。因供试材料在实际中并不完全呈标准的十字型花冠, 而是近似十字, 将花冠的对角连线后的十字并不垂直, 而略有些倾斜, 十字型的花冠有长有短, 因此在测量时为了提高实际参考价值, 测量了 2 个值, 一个代表十字型的长边, 记为花冠的长直径, 另一个代表十字型的短边, 记为花冠的短直径。

蜜蜂日活动规律的调查: 盛花期, 每天 6:00 ~ 18:00 观察蜜蜂的活动情况, 每 2 h 作为一个时间段, 连续观察 7 d。

蜜蜂访花情况调查: 盛花期, 晴朗天气, 在试验田中随机选取两类不育系及自交系长势一致的植株各 3 株, 3 个人同时分别观察同一重复内保持系、DGMS 和 CMS, 每天在 10:00 ~ 10:40 之间对目标植株所有花序上的蜜蜂来访情况进行跟踪观察: (1) 每株每次连续观察 10 min, 每天观察 3 次, 记录 10 min 内来访蜜蜂总数及蜜蜂访花频次 (以 1 只蜜蜂的某一部位进入花内 1 次记为 1 次有效访花, 同一蜜蜂完成 1 次访花后飞离花朵但随即再次访问该花, 则记为 2 次访花, 依此类推, 连续观察 3 d); (2) 用秒表记录单蜂在每朵花上的停留时间, 每株观察 30 只蜜蜂的停留时间, 观察 3 d。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件进行数据整理, SAS 8.0

统计分析软件对数据进行多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 两类不育系花蕾大小及初花期死蕾数的比较

青花菜在初花期由于空气湿度过大、气温骤变或光照不足等原因,常会使花蕾黄化脱落,直接导致花朵数量减少,影响开花结实,花期死蕾现象是造成青花菜杂交种子产量下降的重要原因之一。

3 组材料中具有相同遗传背景的 DGMS 与 CMS

在单枝死蕾数上存在差异,表现为 DGMS 不易死蕾,CMS 易死蕾,其中 8554 和 93219 两类不育系间差异有统计学意义,而 8590 两类不育系间无差异。3 组材料死蕾程度存在明显的季节效应,冬季较春季易死蕾,同一类型不同株系死蕾程度不同,DGMS 在春冬两季均表现为 DGMS8554 > DGMS8590 > DGMS93219; CMS 在春季表现为 CMS8554 > CMS8590 > CMS93219,在冬季表现为 CMS8590 > CMS8554 > CMS93219(表 1,图 1)。

表 1 DGMS 和 CMS 花蕾大小、初花期死蕾数的比较

Table 1 Comparison of bud size and the proportion of dead buds on early flowering period between DGMS and CMS

时间 Time	材料号 Material number	花蕾长(mm) Bud length	花蕾直径(mm) Bud diameter	死蕾数(个/枝) The buds death number of a branch
2011 年春	DGMS8554	8.40 ± 0.13a	3.83 ± 0.12a	4.67 ± 2.10b
	CMS8554	7.41 ± 0.08b	3.54 ± 0.11b	7.22 ± 2.53a
	DGMS8590	7.31 ± 0.13a	2.77 ± 0.06a	19.00 ± 7.45a
	CMS8590	6.85 ± 0.08b	2.86 ± 0.06a	23.67 ± 7.21a
	93219	6.38 ± 0.15a	2.78 ± 0.10a	20.56 ± 2.40b
	DGMS93219	6.19 ± 0.21a	2.90 ± 0.11a	21.89 ± 7.25b
	CMS93219	6.27 ± 0.15a	2.76 ± 0.07a	30.89 ± 9.25a
	2011 年冬	8554	6.80 ± 0.37a	2.82 ± 0.08a
DGMS8554		6.30 ± 0.23b	2.71 ± 0.05b	20.66 ± 5.52b
CMS8554		6.13 ± 0.23b	2.61 ± 0.12b	26.06 ± 5.60a
8590		6.60 ± 0.17b	2.85 ± 0.09c	21.90 ± 5.80a
DGMS8590		7.40 ± 0.15a	3.22 ± 0.20a	21.13 ± 3.05a
CMS8590		6.73 ± 0.15b	3.05 ± 0.07b	24.89 ± 5.44a
93219		6.15 ± 0.58b	2.75 ± 0.36b	28.32 ± 6.51b
DGMS93219		7.05 ± 0.23a	3.00 ± 0.14a	26.50 ± 3.86b
	CMS93219	6.93 ± 0.01a	3.06 ± 0.07a	44.44 ± 9.86a

利用新复极差法多重比较,标有相同字母的数值间没有显著差异,显著水平为  $P = 0.05$ ,下同

Values followed by the same letters are not significantly different at  $P = 0.05$ , based on Duncan's multiple range test, the same as below



93219



DGMS93219



CMS93219

图 1 温室内 93219 三系死蕾比较

Fig. 1 Comparison of dead buds among the three lines of 93219 in greenhouse

3 组材料的花蕾测量结果显示:相同遗传背景下,不同不育类型试材的花蕾长和花蕾直径不同。在春季,相同遗传背景两类不育系间 DGMS8554 和 DGMS8590 的花蕾大于 CMS8554 和 CMS8590,且差

异有统计学意义,而 93219 的两类不育系间无差异;在冬季,8554 和 93219 两类不育系间花蕾长和花蕾直径均无差异,而 DGMS8590 的花蕾大于 CMS8590,且差异有统计学意义(表 1,图 2)。



图 2 温室内 8554、8590 和 93219 3 系花器官形态比较

Fig. 2 Comparison of the floral organ among the three lines of 8554, 8590, and 93219 in greenhouse

2.2 两类不育系花器官形态的比较

观察发现:3 个保持系花器官形态均发育正常,花冠呈黄色;DGMS 花器官大部分形态均发育正常,花冠呈淡黄色,极少部分花出现畸形发育,呈现连体现象,4 枚花瓣不能完全展开在同一水平面上;CMS 花器官大部分形态均发育正常,花冠呈淡黄色,花色较显性不育系更淡,极少部分花缺少雄蕊,花冠很小(图 2)。

意义,总体上表现为 DGMS 优于 CMS,但因转育亲本不同而存在特例现象。

花冠直径方面,春季和冬季 3 组材料表现为 DGMS 大于 CMS,且差异有统计学意义;在春季,保持系 93219 与 DGMS93219 无差异,在冬季,保持系 8554 与 DGMS8554 差异有统计学意义,表现为保持系优于 DGMS,而保持系 8590 与 DGMS8590 无差异,保持系 93219 与 DGMS93219 差异有统计学意义,表现为 DGMS 优于保持系 93219(表 2)。

3 组材料中 DGMS 与 CMS 在花冠直径、花瓣大小、雄蕊长、花药大小、雌蕊长等方面差异有统计学

表 2 DGMS 和 CMS 花器官形态的比较

Table 2 Comparison of flower morphologic between DGMS and CMS

时间 Time	材料号 Material number	花冠直径(mm) Corolla diameter		花瓣长 (mm) Petal length	花瓣宽 (mm) Petal width	雄蕊长(mm) Stamen length		花药长 (mm) Anther length	花药宽 (mm) Anther width	雌蕊长 (mm) Pistil length	柱头长 (mm) Stigma length
		长直径 Long's	短直径 Short's			长雄蕊 Long's	短雄蕊 Short's				
2011 年春	DGMS8554	21.75 ± 0.79a	20.96 ± 0.98a	17.33 ± 0.46a	7.41 ± 0.24a	8.64 ± 0.33a	8.00 ± 0.22a	1.78 ± 0.10a	0.72 ± 0.03a	8.70 ± 0.05a	2.23 ± 0.05a
	CMS8554	16.75 ± 0.84b	15.70 ± 0.50b	14.11 ± 0.66b	5.72 ± 0.49b	3.47 ± 0.26b	3.20 ± 0.24b	1.84 ± 0.14a	0.66 ± 0.03b	7.52 ± 0.31b	2.28 ± 0.16a
	DGMS8590	15.78 ± 0.98a	15.06 ± 1.07a	13.51 ± 0.62a	6.23 ± 0.12a	8.16 ± 0.45a	7.46 ± 0.42a	1.72 ± 0.05a	0.67 ± 0.06a	7.34 ± 0.51a	2.07 ± 0.21a
	CMS8590	11.89 ± 0.49b	10.216 ± 0.28b	10.31 ± 0.97b	5.09 ± 0.45b	2.83 ± 0.18b	2.18 ± 0.13b	1.65 ± 0.04b	0.64 ± 0.03b	7.12 ± 0.20a	1.88 ± 0.19a
	93219	13.8 ± 0.46a	12.76 ± 0.59a	12.56 ± 0.60a	5.88 ± 0.26a	6.95 ± 0.26a	5.77 ± 0.29a	1.81 ± 0.12a	0.74 ± 0.10a	6.39 ± 0.24b	1.28 ± 0.14b
2011 年冬	DGMS93219	14.79 ± 0.92a	13.53 ± 1.23a	12.09 ± 0.23a	5.26 ± 0.35b	6.21 ± 0.26b	5.32 ± 0.07b	1.64 ± 0.13a	0.68 ± 0.03a	7.14 ± 0.36a	1.54 ± 0.20a
	CMS93219	6.62 ± 0.35b	6.01 ± 0.28b	8.97 ± 0.14b	2.87 ± 0.13c	2.18 ± 0.06c	1.64 ± 0.08c	1.54 ± 0.05a	0.51 ± 0.04b	7.13 ± 0.07a	1.50 ± 0.03a
	8554	19.56 ± 0.80a	18.65 ± 0.83a	16.12 ± 0.93a	6.40 ± 0.88a	10.0 ± 0.71a	8.54 ± 0.33a	1.50 ± 0.11b	0.67 ± 0.06a	7.55 ± 0.64a	1.75 ± 0.13a
	DGMS8554	17.67 ± 0.73b	16.46 ± 0.68b	14.86 ± 0.83b	5.94 ± 0.61a	8.08 ± 0.87b	7.41 ± 0.79b	1.55 ± 0.11b	0.57 ± 0.02b	7.65 ± 0.31a	1.87 ± 0.13a
	CMS8554	14.41 ± 0.91c	13.62 ± 1.05c	12.17 ± 0.23c	4.70 ± 0.37b	4.79 ± 0.45c	4.39 ± 0.48c	1.75 ± 0.10a	0.68 ± 0.08a	6.69 ± 0.13b	1.84 ± 0.07a
2011 年冬	8590	18.41 ± 0.53a	17.66 ± 0.58a	14.79 ± 0.86a	6.36 ± 0.30b	9.25 ± 0.26b	7.97 ± 0.29b	1.77 ± 0.06a	0.78 ± 0.06a	7.17 ± 0.47b	1.55 ± 0.23b
	DGMS8590	18.76 ± 0.74a	17.57 ± 0.78a	14.98 ± 0.83a	7.17 ± 0.44a	10.4 ± 0.87a	9.19 ± 0.99a	1.82 ± 0.08a	0.73 ± 0.05b	7.43 ± 0.27a	2.01 ± 0.11a
	CMS8590	15.82 ± 0.32 b	14.80 ± 0.27b	12.03 ± 0.23b	5.97 ± 0.24c	4.53 ± 0.67c	3.65 ± 0.51c	1.77 ± 0.09a	0.67 ± 0.04c	6.83 ± 0.42c	1.93 ± 0.10a
	93219	16.97 ± 0.48b	16.01 ± 0.49b	13.35 ± 0.89b	6.08 ± 0.32b	7.81 ± 0.58a	6.58 ± 0.65b	1.84 ± 0.04b	0.72 ± 0.03a	6.45 ± 0.28b	1.05 ± 0.15c
	DGMS93219	18.22 ± 0.68a	17.46 ± 0.89a	14.90 ± 0.14a	6.65 ± 0.17a	7.91 ± 0.16a	7.26 ± 0.16a	1.66 ± 0.05c	0.71 ± 0.03a	6.52 ± 0.25b	1.30 ± 0.13b
CMS93219	10.01 ± 0.31c	8.80 ± 0.44c	11.25 ± 0.26c	3.99 ± 0.15c	4.08 ± 0.06b	3.33 ± 0.10c	2.01 ± 0.00a	0.67 ± 0.06b	7.66 ± 0.39a	1.84 ± 0.03a	

3 组材料的花瓣长和宽在春季和冬季均表现为 DGMS 大于 CMS,且差异有统计学意义;保持系 93219 与 DGMS93219 在春季和冬季花瓣的长和宽无统一的变化规律,但都优于 CMS,且差异有统计学意义(表 2)。

雄蕊长方面,3 组材料在春季和冬季均表现为 DGMS 大于 CMS,且差异有统计学意义;保持系与 DGMS 规律不统一,但优于 CMS,且差异有统计学意义(表 2)。

在花药大小方面,因材料和季节的不同而有不同的结果。春季,8554 和 93219 的两类不育系间花药长无差异;而 8590 两类不育系间则表现为 DGMS 优于 CMS,且差异有统计学意义,3 组材料在花药宽方面则表现为 DGMS 大于 CMS,且差异有统计学意义。冬季,花药长方面 8554 和 93219 的 CMS 大于 DGMS,且差异有统计学意义,而 8590 两类不育系间则无差异;花药宽方面 3 组材料两类不育系间表现为 8590 和 93219 的 DGMS 大于 CMS, DGMS8554 小于 CMS8554,且差异均有统计学意义(表 2)。

雌蕊长方面,在春季,8554 两类不育系间差异有统计学意义,表现为 DGMS8554 大于 CMS8554,93219 两类不育系间无差异;在冬季,两组材料两类不育系间差异有统计学意义,表现为 DGMS8554 大于 CMS8554, DGMS93219 小于 CMS93219(表 2)。

柱头长方面,8554 在春冬两季 DGMS 和 CMS 两系无差异;8590 和 93219 在春季 DGMS 和 CMS 两系无差异,而冬季 DGMS93219 和 CMS93219 两类不育系差异有统计学意义,表现为 CMS93219 大于 DGMS93219,8590 两类不育系则表现为无差异(表 2)。

不同系别的花器官大小存在明显的季节效应,8554 的 DGMS 和 CMS 春季花较冬季花大,而 93219

的 DGMS 和 CMS 却表现为冬季花比春季花大(表 2)。

不同遗传背景相同不育类型的不育系间花冠、雄蕊、花瓣大小不同,在春季 3 组供试材料的两类不育系表现为 DGMS8554 > DGMS8590 > DGMS93219, CMS8554 > CMS8590 > CMS93219;在冬季,保持系表现为 8554 > 8590 > 93219, DGMS 花冠和花瓣大小为 8590 > 93219 > 8554,而 CMS 花冠和雄蕊大小为 8554 > 8590 > 93219。花药、雌蕊的大小因遗传背景和季节的不同,呈现不同的规律(表 2)。

### 2.3 两类不育系蜜蜂访花的比较

根据 7 d 连续观察发现,晴天,蜜蜂于 7:30 左右开始出巢访花,随着气温的升高,访花蜜蜂数量逐渐增多,一般在 9:30 ~ 11:30 达到高峰,高温时段(12:00 ~ 14:30)访花蜜蜂减少,出现“午休”现象,15:00 ~ 16:30 又出现蜜蜂访花高峰,之后随温度降低而逐渐减少,18:00 后几乎很少访花;阴天,一般在 9:00 左右蜜蜂开始出巢,中午前后访花蜜蜂最多,之后随着温度下降而逐渐减少,在 16:00 ~ 17:00 开始回巢;雨天,一般在 9:00 左右开始有少量蜜蜂出巢,全天中蜜蜂访花未出现明显的峰谷现象,随着温度的增加只有少量蜜蜂来访蜂箱附近的花朵。

蜜蜂访花受气候、环境、植物的花色、花冠大小和气味等多方面因素影响。通过对 3 组材料的观察发现,对于 8554 和 8590 两类不育系,具有相同遗传背景的 DGMS 与 CMS 在蜜蜂访花频次、平均访花时间和来访蜂数方面差异有统计学意义,表现为 DGMS 优于 CMS(图 3);对于 93219 三系在访花次数和来访蜂数方面均表现为:保持系 93219 > DGMS93219 > CMS93219,且差异有统计学意义;在平均访花时间方面 93219 三系间无差异。(表 3)。



DGMS 8554



CMS 8554

图 3 制种田内 DGMS8554 和 CMS8554 来访蜜蜂比较

Fig. 3 Comparison of the number of visiting bees between DGMS8554 and CMS8554 in the field

表 3 DGMS 和 CMS 蜜蜂访花的比较

Table 3 Comparison of bee visiting flowers between DGMS and CMS

时间 Time	材料号 Material number	访花次数(次/10min) The times of visiting bees in ten minutes	平均访花时间(s) The time of bee stay on the flower	来访蜂数(只/10min) The number of visiting bees in ten minutes
2011 年春	DGMS8554	170.33 ± 23.97a	4.94 ± 0.38a	39.67 ± 6.54a
	CMS8554	60.67 ± 3.97b	3.93 ± 0.11b	24.22 ± 7.68b
	DGMS8590	154.00 ± 12.29a	4.67 ± 0.44a	35.11 ± 9.52a
	CMS8590	90.33 ± 4.93b	3.92 ± 0.07b	22.89 ± 9.01b
	93219	297.33 ± 57.27a	4.49 ± 0.69a	46.56 ± 5.94a
	DGMS93219	116.33 ± 9.07b	5.31 ± 0.05a	24.78 ± 5.72b
	CMS93219	47.33 ± 9.61c	5.24 ± 0.51a	12.56 ± 5.98c

具有不同遗传背景的 DGMS 和 CMS, 对于 DGMS 而言, 在访花次数和来访蜂数方面表现为 DGMS8554 > DGMS8590 > DGMS93219; 对于 CMS 而言, 在访花次数方面表现为 CMS8590 > CMS8554 > CMS93219, 在来访蜂数方面表现为 CMS8554 > CMS8590 > CMS93219; 在平均访花时间方面表现为 DGMS93219 > DGMS8554 > DGMS8590, CMS93219 > CMS8554 > CMS8590(表 3)。

### 3 讨论

本研究中 3 组试材两类不育系均表现出了雄性不育的共有特征, 且均高度不育, 但是这些不育材料在花期出现不同程度的死蕾现象, 尤其是在初花期死蕾现象最为严重, 这与气候、不育系来源及转育材料自身的遗传特性有关。死蕾现象会导致初花期推迟、日开花量减少、授粉频率低等, 致使杂交制种种子产量降低, 因此选育不育系时应考虑转育亲本的遗传特性, 在回交转育初期应选不易死蕾的亲本为转育父本, 以减少花期易死蕾现象; 此外, 选择优良的不育源也至关重要, 如本课题发现的 DGMS79-399-3; 选择光照较好的制种田, 也可降低花期的死蕾率<sup>[26]</sup>。

植物花器形态及大小受基因和环境互作影响, 主要由基因决定。试验结果表明, 3 组试材中不育系的花器均表现出了不育材料特有的性状, 保持系、DGMS 和 CMS 在花色、雄蕊、雌蕊等方面的表现与前人对于甘蓝<sup>[12-15]</sup>、白菜<sup>[5-10]</sup>和甘蓝型油菜<sup>[16-18]</sup>等的研究结论一致。青花菜保持系、DGMS 和 CMS 的 3 组供试材料在 10 个花器官主要性状上都存在各自特有的差异, 其中在花冠大小、花瓣大小和雄蕊长方面 3 组材料均表现为 DGMS 和 CMS 差异有统计学

意义, 且 DGMS 明显大于 CMS, 且与保持系存在明显的正相关性, 因此, 在回交转育初期, 应尽量选择花冠和花瓣均大、花色深黄的亲本为回交父本; 在其他几个性状中, 因各自遗传背景的不同而存在差异, 与甘蓝两类不育花器官形态比较结果略有不同<sup>[15]</sup>。在测量工具上, 本研究采用千分之一的数显游标卡尺测量花器官的大小, 降低了人为读数所造成的误差, 同时也提高了测量的精确度, 较前人用直尺<sup>[24,27-28]</sup>或常规游标卡尺<sup>[25]</sup>对花器官进行研究的结果更为准确。

昆虫访花在十字花科类蔬菜种子生产中起到至关重要的作用, 传粉昆虫在获得花蜜的同时, 也帮助植物完成了授粉过程, 访花昆虫的数量决定了种子产量。本试验中在蜜蜂访花次数、来访蜂数和平均访花时间等方面 DGMS 明显优于 CMS, 这进一步证明本课题组发现的显性细胞核不育源是一个十分优良的不育源, 除了在甘蓝中应用外, 也可以用于青花菜显性不育系的转育中。但是, 在观察中发现, 对于 3 组供试材料, 蜜蜂在 CMS 上停留的时间较 DGMS 上停留的时间短, 蜜蜂的访问频率与停留时间成反比, 而这种现象在 CMS 上表现更为明显, 这是因为 DGMS 的蜜腺较 CMS 发达, DGMS 的含蜜量较 CMS 含蜜量多所致。蜜腺是产生花蜜的唯一腺体, 而花朵含蜜量的多少及含糖量是吸引昆虫访花的重要因素, 因此, 应该进一步测量花蜜含量及化学成分, 研究蜜腺的结构及其花蜜分泌的机理等, 为更好的利用两类不育系奠定基础。

#### 参考文献

- [1] 刘奎彬, 方文惠, 张宝珍. 花椰菜雄性不育株遗传机制研究初报[J]. 天津农业科学, 1998, 4(3): 1-3
- [2] 陶兴林, 胡立敏, 侯栋, 等. 花椰菜温敏雄性不育系 GS-19 的

- 选育[J]. 农业科技通讯,2010(11):59-60
- [3] 朱玉英,吴晓光,龚静,等. 萝卜胞质青花菜雄性不育系的选育及其利用[J]. 南京农业大学学报,2001,24(3):15-18
- [4] 朱玉英,吴晓光,龚静,等. 萝卜胞质青花菜雄性不育系 BC7-19 的选育及其特性[J]. 上海农业学报,2002,18(1):35-38
- [5] 王玲平,胡天华,包崇来,等. 白菜雄性不育系及保持系的花器官和抗氧化酶活性的差异[J]. 浙江农业学报,2007,19(6):404-408
- [6] 孔艳娥,张蜀宁,侯喜林,等. 茎芥菜细胞质四倍体白菜雄性不育系花药发育的研究[J]. 园艺学报,2009,36(2):267-272
- [7] 单奇伟,陈龙正,徐海,等. 不结球白菜 *Ogura* 雄性不育花器官形态及败育细胞学的研究[J]. 华北农学报,2009(24):25-29
- [8] 陈龙正,薛峰,单奇伟,等. 不结球白菜胞质雄性不育新材料 90-22 花器特点及分子鉴定[J]. 江苏农业学报,2010,26(4):882-884
- [9] 严承欢,施展,石仁贤,等. 新型白菜细胞质雄性不育系 6w-9605A 的鉴定及利用研究[J]. 长江蔬菜,2011(24):5-7
- [10] 施展,方正杰,徐跃进,等. 大白菜新型细胞质雄性不育系 6w-9605A 的育性鉴定和花药败育的细胞学观察[J]. 植物科学学报,2012,30(1):49-54
- [11] 龚莉,王国槐,官春云,等. 温度对转基因油菜雄性不育系 15A 花器官形态及育性的影响[J]. 种子,2008,27(3):25-27
- [12] 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(1):6-10
- [13] 宋红霞,郝晶,孙水生,等. 甘蓝雄性不育系及保持系的开花结实特性研究[J]. 湖北农业科学,2010,49(8):1893-1895
- [14] 张艳,王小佳,李成琼,等. 甘蓝细胞质雄性不育材料分子鉴定及花器官形态对核背景响应[J]. 园艺学报,2010,37(6):915-922
- [15] 王庆彪,方智远,张扬勇,等. 甘蓝两种类型雄性不育系花器官形态及结实特性的比较研究[J]. 园艺学报,2011,38(1):61-68
- [16] 邹贤梦,肖刚,官春云. 甘蓝型油菜温敏核不育材料 104S 的发现及遗传特性分析[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(6):597-601
- [17] 张涛,沈亮余,王瑞雪. 甘蓝型油菜雄性不育系 160S 育性转换与利用[J]. 西北植物学报,2012,32(1):35-41
- [18] 邓云娟,胡胜武,田保明,等. 甘蓝型油菜双显性细胞核雄性不育系 Shaan-GMS 雄配子发育观察[J]. 中国油料作物学报,2010,32(1):1-5
- [19] 郝雪峰,单树花,陈国菊,等. 辣椒核不育两用系花器官发育动态及细胞学观察[J]. 贵州农业科学,2011,39(12):18-20
- [20] 邵明珠,徐跃进,方正杰,等. 红菜薹细胞质雄性不育系的农艺性状调查及 POD 同工酶分析[J]. 中国蔬菜,2012(2):30-35
- [21] 黄玲,钟新民,李必元,等. 一份叶用芥菜功能不育材料的发现与鉴定[J]. 西南农业学报,2011,24(3):1039-1042
- [22] 邹瑞昌,方正杰,徐跃进,等. 新型叶用芥菜细胞质雄性不育系 0912A 的花药发育特征[J]. 华中农业大学学报,2012,31(1):44-49
- [23] 李冰,高秀瑞,武彦荣,等. 1 种新型茄子雄性不育系的发现[J]. 河北农业科学,2012,16(6):108
- [24] 童旭宏,秦利,孔广超,等. 新型陆地棉细胞质雄性不育系花器形态学和细胞学观察[J]. 棉花学报,2009,21(2):83-88
- [25] 张体德,张海洋,郑永战,等. 芝麻细胞核雄性不育系 ms86-1 的花器形态及小孢子发育的细胞学观察[J]. 中国农学通报,2010,26(23):64-68
- [26] 方智远,刘玉梅,杨丽梅,等. 雄性不育系配制的甘蓝新品种及其繁育技术[J]. 长江蔬菜,2007(11):32-34
- [27] 刘冬云,刘燕. 山丹不同居群花器官的形态多样性研究[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(6):997-1004
- [28] 马瑞娟,宋宏峰,沈志军,等. 桃花器和开花特征研究[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(4):382-385