

玻里马胞质大白菜雄性不育系 CMS3411-7 温度敏感特性的研究

张鲁刚 郝东方 柯桂兰

(西北农林科技大学园艺学院, 杨凌 712100)

摘 要: 采用光照培养箱恒温、变温和田间自然变温, 研究大白菜玻里马胞质雄性不育系 CMS 3411-7 温度敏感的特性。结果表明: 在 3~ 15℃内 CMS 3411-7 均有育性转换, 其中昼/夜温度 8/4~ 14/10℃ (即日平均温度 6~ 12℃) 是有效转换的温度范围。在恒温 6℃条件下, 经过 3~ 5 d 处理时 CMS 3411-7 的育性转换值 (不育级别) 可达到 2 级, 该温度下随着处理时间延长 (3~ 9 d) 不育性转换程度逐渐加重。在 9℃恒温下处理 6 d 较处理 3 d 和处理 9 d 时的转换程度都大。在 14/10℃下转换程度与处理时间无关。在 17/13℃下处理时间延长反而抑制不育性转换。虽然不同处理下 CMS 3411-7 不育性转换开始和转换结束的时间差异较大, 但显著转换发生的时间一般稳定在温度处理后 10~ 27 d, 表现相对集中。就育性转换的启动来看, 经过 3 d 处理后 8/4~ 17/13℃下均发生了育性转换, 说明 3 d 处理就可以启动育性转换基因。

关键词: 大白菜; 雄性不育性; 不育系; 胞质雄性不育系; 育性转换; 温度敏感

中图分类号: S 634. 1; Q 945 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2001) 05-415-06

傅廷栋^[1]发现的玻里马油菜胞质雄性不育源, 由于其不育性高, 保持谱和恢复谱广, 已被广泛的转育到不同类型的油菜^[2~ 4]、大白菜^[5]、普通白菜^[6, 7]和菜薹^[8]等作物上, 应用于育种实践。但是玻里马雄性不育源的温度敏感问题一直为人关注, 国内外学者做了大量的研究^[9~ 11]。玻里马雄性不育的温度敏感性与遗传背景关系密切^[12], 不同不育系的温度敏感特性差异较大^[13], 而且尚未见到有关玻里马胞质大白菜雄性不育系温度敏感特性研究的报道。本研究以经济性状稳定的大白菜 [*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour) Olsson] CMS 3411-7^[5]为试材, 采用人工控温和自然田间变温方法, 研究了恒温、变温及其不同处理时间条件下的育性表现特征, 为有效利用该不育系提供依据。

1 材料与方法

大白菜 CMS 3411-7^[5]由西北农林科技大学园艺学院蔬菜花卉研究所 (原陕西省蔬菜花卉研究所) 白菜组提供。CMS 3411-7 种子经 25℃萌动后, 置 4℃低温下春化 20 d, 播种于室温长光照条件下, 待幼苗生长至薹期用于温度处理。人工控温试验中, 光照强度为 3000 lx, 日光照时数为 15 h。每个温度处理下一次放置 24 株整齐一致的幼苗, 每个处理时间结束时取出 8 株立即转入室温长光照条件下正常生长, 开花后每隔 1 d 观测记载 1 次单株的育性级别^[14]。0 级: 雄蕊数、花药大小同测交父本相同或相近; 1 级: 4 个以上雄蕊花药基本正常或局部膨大, 其膨大部分占正常花药的 2/3 以上, 可正常散粉; 2 级: 花

药明显瘦小，有 1~ 2 个花药接近正常或 2~ 4 个花药部分膨大，膨大部分占 1/2~ 1/3，可以散粉或败花有粉；3 级：2 个以下花药膨大，膨大部分占 1/2~ 1/3，或 2~ 4 个花药有轻微膨大点，败花有微粉；4 级：6 个雄蕊花药均瘦小，呈白色透明状，无花粉。

人工控温恒温试验：在光照培养箱中分两步进行，第一步设定 5 个温度水平（3、6、9、12、15℃）和 2 个时间水平（5、11 d），共 10 个处理。第二步设定 2 个温度水平（6、9℃）和 3 个时间水平（3、6、9 d），共 6 个处理。

人工控温变温试验：设定 8/4、11/7、14/10 和 17/13℃（昼/夜）等 4 个温度水平，3、6、9 d 3 个时间水平，共 12 个处理。

自然变温试验：于 2000 年 1 月 20~ 31 日Ⅰ，2 月 10~ 19 日Ⅱ和 3 月 5~ 14 日Ⅲ分别将现蕾期的幼苗放置室外，处理 5、11Ⅰ和 3、6、9 d（Ⅱ，Ⅲ）。

2 结果与分析

2.1 人工恒温条件下 CMS 341F-7 的育性表现

从表 1 可以看出，在 3、6、9、12、15℃恒温下经过 5d 处理时，CMS 341F-7 育性转换发生在温度处理后 9~ 35 d 范围内，显著转换发生于温度处理后 12~ 29 d。虽然在 9~ 15℃范围内，前期（处理后 10~ 17 d）败蕾严重，影响了育性转换的正常表达，但 3、6、9、12、15℃条件下的最显著转换值也分别达到 2、2、1~ 2、1 和 1 级，表现为随处理温度升高（3~ 15℃）育性转换程度逐渐加强。在 6℃，9℃恒温下处理 3、6、9 d 的结果表明（表 1），6℃条件下不育性转换发生在处理后 12~ 39 d，显著转换发生在处理后 13~ 20 d，显著转换值随处理时间延长而变小，处理 9 d 时转换值达到最小，不育级别为 0 级。在 9℃下，不育性转换发生在处理后 8~ 32 d，较 6℃下早 4 d 左右，但显著转换时间仍保持在处理后 11~ 22 d，与 6℃下的表现相似，而且 9℃下处理 6 d 时转换值（不育级别）达到最小，而处理 9 d 时不育性转换值反而变大。说明在此条件下，有一个适宜不育性转换的温度和处理时间的最优组合，而不是处理时间越长越有利于不育性转化。

表 1 人工恒温条件下大白菜 CMS 341F-7 的育性表现

Table 1 The expression of sterility of CMS341F-7 under constant temperature in growth incubator				
处理温度 Temperature (℃)	处理时间 Time (d)	育性转换的最显著值 ¹ (级别) The lowest grade of sterility (grade)	育性显著转换时间段 ² Interval of sterility changeover significant (d)	育性转换时间段 ³ Interval of sterility changeover (d)
3	5	2	17~ 27	11~ 35
6	5	2	* 21~ 29	9~ 35
9	5	1~ 2	* 17~ 27	* 17~ 31
12	5	1	12~ 20	8~ 27
15	5	1	* 16~ 26	* 16~ 33
6	3	2	14~ 19	* 12~ 27
	6	1	15~ 20	* 13~ 26
	9	0 (1d)	13~ 17	* 12~ 39
9	3	1 (2d)	12~ 19	10~ 29
	6	0	11~ 22	11~ 26
	9	1	12~ 17	8~ 32

注：1. 指育性转换中恢复性达到最大的不育级别；2. 指较育性转换最显著值高 1 个级别的不育区段范围；3. 指群体育性转换开始和结束的时间区间；* . 指该日之前败蕾严重或全败蕾。Note: 1. The lowest grade of sterility during changeover of it; 2. Interval between the two points that are 1 grade higher than the lowest grade of sterility; 3. Duration from begin of sterility changeover of population to end of it; * Meaning flower bud aborted seriously before this day.

经过 11 d 处理时（数据未显示），育性转换发生在处理后 11~40 d，显著转换发生在处理后 7~24 d，由于在 19~31 d 败蕾严重，显著转换值大多数达到 1 级，不同温度间没有规律性。说明在较长时间的恒定低温处理下，CMS341F-7 的花器发育受到了较大的抑制和破坏，影响了不育性的正常表现。

2.2 人工变温条件下 CMS 341F-7 的育性表现

表 2 表明，在 8/4、11/7、14/10、17/13℃变温处理下，CMS 341F-7 分别于处理后 5~46、3~29、8~29 和 10~47 d 发生育性转换，但最显著转换发生的时间分别在处理后 12~27、12~26、16~26 和 10~24 d，基本稳定在相近的时间段内，而育性转换的最大值（不育级别）分别达到 0~1 或 1 级。在 8/4、11/7℃条件下，随着处理时间延长，转换程度逐渐加重。而在 14/10℃条件下经过 3~9 d 处理显著转换值维持不变。在 17/13℃下处理 6 和 9 d 反而较 3 d 处理下的转换程度低 1 级（1~2 级），这同恒温 9℃下的表现相似。

在 4 个温度下经过 3、6、9 d 处理后都发生了育性转换，表明经过 3 d 处理就可以启动育性转换基因，但是短于 3 d 是否也能诱导育性转换尚待进一步研究。

表 2 人工变温条件下大白菜 CMS 341F-7 的育性表现

Table 2 the expression of sterility of CMS341F-7 under day/night alternating temperature in growth incubator				
处理温度 Temperature (℃) (Day/night)	处理时间 Time (d)	育性转换的最显著值 (级别) The lowest grade of sterility	育性显著转换时间段 Interval of sterility changeover significant (d)	育性转换时间段 Interval of sterility change-over (d)
8/4	3	1 (1 株 Plant 1 d)	12~27	5~46
	6	1	13~24	13~43
	9	0 (2 株 Plant 1 d)	12~23	6~42
11/7	3	2 (1 株 Plant 1 d)	12	3~29
	6	1 (1 株 Plant 1 d)	*18~26	*18~26
	9	1	17~26	10~26
14/10	3	1	16~19	16~29
	6	1	20~24	*13~26
	9	1	17~26	8~26
17/13	3	1 (1 株 Plant 1 d)	10~15	10~47
	6	2	20~24	20~45
	9	2	*15~23	15~42

* 指该日之前败蕾严重或全败蕾。* Meaning flower bud aborted seriously before this day.

2.3 自然低温条件下 CMS 341F-7 的育性表现

表 3 表明，在日平均温度 1.5~3.1℃（3 d 的日平均温度为 2.5~3.3℃），日最高温度 4~17℃，日最低温度 0~3℃条件下处理 5 d 时，CMS 341F-7 发生育性转换的时间段为处理后 11~27 d，显著转换的时间段为处理后 13~21 d，显著转换值（不育级别）达到 2 级。当连续处理 11 d 时，开始发生育性转换的日数和显著转换的日数均较 5 d 处理下提前了 1~2 d，不育级别也降低了 1 级（2~1 级）。

在日平均温度 4.8~5.3℃（3 d 的日平均温度为 4.5~4.9℃），日最高温度 9~15℃，日最低温度 0~0.2℃条件下，不同时间处理后最早 2~5 d、最晚 20~23 d 就出现育性转换，但显著转换的时间则保持在处理后 9~16 d。从最显著转换值来看，处理 3 d 时达到 2 级，经 6 d 和 9 d 处理后均达到 1 级，可见此温度范围适宜不育性转换，延长处理时间可提高转换程度，这同 6~9℃恒温及 8/4、11/7℃变温下不育性转换的结果相一致。

在日平均温度 6.3 ~ 10.8 ℃ (3 d 的日均温为 7.9 ~ 9.7 ℃), 日最高温度 9~17.5 ℃, 日最低温度 1~8 ℃条件下经过 3、6、9 d 处理后, CMS 341I-7 开始育性转换的时间分别在处理后 7~15、7~18 和 8~23 d, 显著转换的时间则在处理后 10~15、9~18 和 10~15 d。3 d 和 9 d 处理后育性转换最大值都达到 1 级, 而 6 d 处理后可达到 0 级, 这同恒温 9 ℃下的表现相似。另外经过 3、6、9 d 不同时间处理后, 单株育性转换持续的时间分别是 6~8、8~10、10~24 d, 处理时间延长, 单株育性转换持续时间相应加长。

表 3 3 个不同的自然变温条件下大白菜 CMS 341I-7 的育性表现
Table 3 The expression of sterility of CMS341I-7 under day/night alternating temperature outdoor

处理温度 Temperature (℃)				处理时间	育性转换的最显著值 (级别)	育性显著转换时间段	育性转换时间段
编号 Code	Tmax/ d	Tmin/ d	Tmean/ 3d (5d)	Time (d)	The lowest grade of sterility	Interval of sterility changeover significant (d)	Interval of sterility changeover (d)
I	4~17	0~3	2.5*	5	2	13~21	11~27
	5.5~10	0~1	3.3**	11	1	11~13	* 9~29
II	9~15	0~0.2	4.9*	3	2	4~16	4~16
	8~11	0~0.1	4.5**	6	1	9~16(1株 Plant)	5~20
	4~11	0.1~5	4.9***	9	1	10~15	2~23
III	10.5~17	1~5.5	7.9*	3	1	10~15	7~15
	16.5~17.5	3~7.5	9.7**	6	0(2株 Plant 2 d)	9~18	7~18
	9~17.5	3~8	9.4***	9	1	10~15	8~23

* 指第 1~3 d 或 1~5 d 的平均温度, ** 指第 4~6 d 或 6~11 d 的平均温度, *** 指第 7~9 d 的平均温度。 *Average temperature during 1-3 d or 1-5 d, ** Average temperature during 4-6 d or 6-11 d, *** Average temperature during 7-9 d.

2.4 不育性转换在主、侧枝之间表现的时间差异

无论在人工恒温、人工变温, 还是自然变温处理条件下, CMS 341I-7 的育性转换均出现 2~3 个转换谷, 而且转换程度呈逐渐衰减趋势。图 1 是于 3 月 5~8 日在日均温度 6.3 ~ 10.8 ℃ 的条件下处理 3 d 后, CMS 341I-7 的不育性转换曲线, 可以看出, 在 3 月 20 日和 4 月 8 日有 2 个转换谷, 分别距温度处理结束日 3 月 8 日晚 12 d 和 30 d, 第 2 个育性转换谷较第 1 个育性转换谷 (主枝) 晚 19 d。进一步对原始记载分析可知, 第 1 个转换谷基本上属于主枝上的花, 第 2 个转换谷基本上属于 1 次侧枝上的花, 这可能是顶端生长优势导致大白菜主、侧枝开花早晚不同从而影响到不育性转换^[15]。

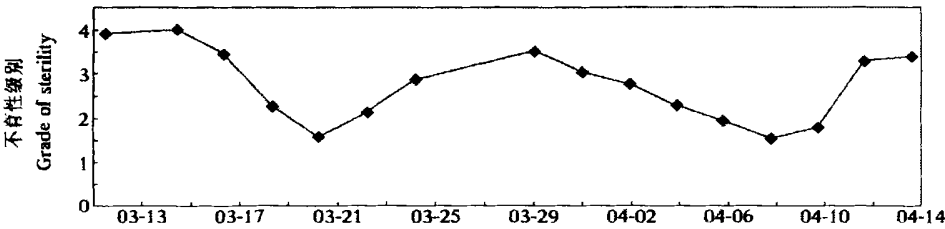


图 1 自然变温条件下 CMS 341I-7 的平均不育性表现 (2000. 3. 5~8 室外处理)

Fig. 1 The expression of sterility of CMS341I-7 at nature condition (Treated in March 5-8, 2000 outdoor)

3 讨论

3.1 遗传背景对 CMS 341F-7 雄性不育系不育性转换的影响

杨晓云^[6]研究指出, polCMS 小白菜不育性转换的临界低温为 6℃, 温度低于 6℃则发生不育性转换, 出现微量花粉。张蜀宁等^[13]将不同 polCMS 小白菜划分为 3 种温度敏感类型, 其临界日平均温度分别为 10、12 和 16℃。本研究表明 polCMS 大白菜雄性不育系 CMS 341F-7 的不育性转换不是存在一个临界温度, 而是存在两个临界温度, 即下限 3℃, 上限 15℃。在此温度范围内, CMS 341F-7 都有一定程度的不育性转换, 其中在 6~12℃不育性转换最有效。这一结果为研究不育性转换基因表达及其生理生化机制提供了依据。

3.2 不同胞质不育源大白菜雄性不育系不育性转换的差异

作者对大白菜胞质雄性不育系 CMS 7311 不育性转换的研究表明, 不育性转换的温度范围是 6~12℃, 温度处理后到发生不育性转换的时间一般是 10~16 d, 而且不育性转换的界限明显, 转换彻底。而 CMS 341F-7 不育性转换的温度范围是 3~15℃, 温度处理后到发生不育性转换的时间一般是 10~27 d, 最早是处理后 3~5 d 开始育性转换, 最晚是处理后 40 d 结束育性转换, 并且转换平缓, 持续时间长。这说明不同胞质不育源不育性转换的特性存在差异, 而 CMS 341F-7 不育性转换可能由多基因控制, 表现连续变异的性质。

3.3 花蕾发育和不育性转换对温度的反应

本研究发现, 在持续低温下, CMS 341F-7 花蕾的生活力很弱。在 3℃以上恒温下连续处理 3 d 以上均有不同程度的败蕾, 处理 9 d 以上败蕾很严重, 如在 3~15℃条件下经过 11 d 处理时, 19~31 d 之前的败蕾严重, 不能确定单株和群体育性转换的持续日数。与此相比, 在变温条件下败蕾有所减轻。这一现象在今后的研究中应予以注意。另外发现在 11/7~17/13℃(日均温 9~15℃) 范围内, 随着处理时间延长, 处理后 4~16 d 范围内败蕾严重, 影响了正常育性转换的表现, 而导致最显著转换值出现的时间也相应推迟, 最显著转换值可能较真实值高, 这在一定意义上说明不育性转换强烈的花蕾更容易败蕾, 但关于花蕾对低温的敏感性与雄蕊对低温的敏感性之间的联系尚待进一步研究。

参考文献:

- 1 Fu T D. Production and research of rapeseed in the people's Republic of China. Eucarpia Cruciferae Newsletter, 1981, (6): 6~7
- 2 唐章林, 李加纳, 谌利, 等. 温度对甘蓝型油菜胞质雄性不育及其杂种一代育性的影响研究. 西南农业大学学报, 1997, 19(5): 421~430
- 3 侯佐国, 朱永生, 潘文生. 甘蓝型油菜质不育材料微量花粉问题研究 I. 贵州农业科学, 1991, (2): 17~21
- 4 Pinnish R, Mcvetty P B E. The effect of varying levels of hybridity on the performance of three Pol summer hybrid cultivars (*Brassica napus* L.). Can. J. Sci. Plant, 1994, 74: 3, 437~440
- 5 柯桂兰, 赵稚雅, 宋胭脂, 等. 大白菜异源胞质雄性不育系的选育. 园艺学报, 1992, 2(1): 15~20
- 6 杨晓云, 曹寿椿. 温度对小白菜玻里马胞质雄性不育系育性的影响. 南京农业大学学报, 1997, 20(2): 22~27
- 7 宋胭脂, 柯桂兰. 小白菜雄性不育系选育研究初报. 西北农学报, 1998, 7(1): 41~43
- 8 柯桂兰. 杂种一代菜薹新品种——秦薹 1 号. 长江蔬菜, 1998, 8: 23~24
- 9 Fan Z G, Stefansson B R. Influence of temperature on sterility of two cytoplasmic male sterility system in rape (*Brassica napus* L.). Can. J. Plant Sci. 1986, 66: 221~227
- 10 Burns D R, Search, Mcvettr. Temperature and genotypic effects on the expression of Pol cytoplasmic male sterility in summer rape.

Can. J. Plant Sci., 1991, 71: 655~ 661

- 11 李加纳, 唐章林, 谌 利. 温度对 polCMS 胞质雄性不育系油菜育性变化时期和临界值的影响研究. 西南农业大学学报, 1995, 17 (5): 391~ 395
- 12 杨光圣, 傅廷栋. 环境条件对油菜胞质雄性不育的影响. 中国油料, 1987, 3: 15~ 19
- 13 张蜀宁, 曹寿椿. 气温对小白菜低温敏感型胞质雄性不育性的影响. 江苏农业学报, 1999, 15 (4): 250~ 252
- 14 柯桂兰, 张鲁刚. 大白菜异源胞质雄性不育系恢保关系的研究. 西北农业学报, 1993, 2 (1): 15~ 20

Characteristics of Sterility in CMS 3411-7 of Chinese Cabbage Sensitive to Low Temperature

Zhang Lugang, Hao Dongfang, and Ke Guilan

(College of Horticulture, Northwest Sci-tech University of Agriculture & Forestry, Yangling 712100)

Abstract: The effect of temperature and treating time on the expression of sterility of CMS 3411-7 in Chinese cabbage Pe-tsai with Polima cytoplasm was observed with alternating temperature, constant temperature in light growth incubator and alternating temperature in nature condition. The results showed that range of temperature affecting the sterility of CMS 3411-7 was wide, it occurred sterility changeover or fluctuation in constant temperature 3– 15 °C, the range of 8/4 °C to 14/10 °C (day/night, that is daily mean temperature 6– 12 °C) is the effective temperature. At constant temperature 6 °C, the value of changeover of CMS 3411-7 got grade 2 in 3– 5 days treatment, and the changeover of it was enhanced while the treating time prolonged (from 3 to 9 days). At constant temperature 9 °C, there was a largest changeover in 6 days treatment compared with that in 3 or 9 days treatment. At alternating temperature 14/10 °C, the intensity of changeover of sterility is not depended upon the treating time. At 17/13 °C long treating time inhibited the changeover of sterility. In addition, although there was large difference between the begin or the end of changeover of sterility in difference treatment, the time of significant changeover of sterility was still concentrated and stable in 10– 27 days after temperature treatment. Because the changeover of sterility happened in 8/4 °C– 17/13 °C in only 3 days treatment, it seems that 3 days treatment in that condition is enough to induce the gene of changeover of sterility, whether the time shorter than 3 days may induce it still need future study.

Key words: Chinese cabbage [*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour) Olsson]; Male sterility; Sterile line; Cytoplasmic Male Steridity; Changeover of sterility; Thermosensitive

《园艺学报》2002 年改版, 继续出版增刊

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告

《园艺学报》2002 年改为大 16 开本, 96 页, 双月 25 日出版。每期定价 6 元, 全年 36 元。国内外公开发行, 全国各地邮局办理订阅, 邮发代号: 82-471, 漏订者可直接寄款至本编辑部订购。国外发行由中国国际图书贸易总公司承办, 代号 BM448。

《园艺学报》2000 年增刊已于去年 7 月出版, 2001 年增刊将于今年 12 月出版, 2002 年将继续出版增刊, 编辑部自办发行, 每册 10 元, 欲购者请与编辑部联系。地址: 北京中关村南大街 12 号 中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮政编码: 100081, 电话: (010) 68919523。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>