

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.02.015

棉花在广西南宁的越冬耐冷性鉴定和遗传分析

张新^{1,2}, 陈国平^{1,3}, 金刚¹, 张加强¹, 周瑞阳^{1*}

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 河南科技学院棉花研究所, 河南新乡 453003; 3. 广西柑桔研究所, 广西桂林 541004)

摘要: 在广西南宁对不同种质来源的棉花材料及其杂交后代进行越冬耐冷性鉴定, 为多年生棉花耐冷育种提供基础材料。在开展最佳处理时间和处理温度筛选的基础上, 采用5个耐冷生理生化指标(相对电导率、可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛和脯氨酸)和露地越冬指标综合鉴定63份材料的越冬耐冷性, 并运用系统聚类的方法将其聚为4大类, 即耐冷型23份、中度耐冷型19份、中度冷敏型9份和冷敏型12份, 分别占供试材料的36.51%、30.16%、14.29%和19.05%。所有耐冷型材料均和多年生海岛棉种质有关, 说明多年生海岛棉在越冬耐冷性育种上具有很高的利用价值。供试棉花材料越冬性的细胞质效应不显著, 杂交后代的越冬性有向亲本的平均类型回归的趋势。

关键词: 棉花; 多年生; 越冬; 耐冷性

中图分类号: S562 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)02-0219-07

Identify and genetic analysis on the cryotolerance of overwintering cotton in Nanning, Guangxi

ZHANG Xin^{1,2}, CHEN Guo-Ping^{1,3}, JIN Gang¹,
ZHANG Jia-Qiang¹, ZHOU Rui-Yang^{1*}

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Cotton Research Institute, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China; 3. Guangxi Citrus Research Institute, Guilin 541004, China)

Abstract: The overwintering cryotolerance of cotton materials derived from different germplasm and their hybrids were identified in Nanning, to provide the basic materials for perennial cotton breeding in cryotolerance. Based on the selection of the optimal stress temperature and time, 5 physiological and biochemical indexes (relative conductivity, soluble sugar, soluble protein, MDA and proline) of cryotolerance and overwintering survivorship in open field were used to identify comprehensively on the overwintering cryotolerance of 63 materials, then they were clustered into 4 categories: 23 materials in cryotolerant type, 19 materials in middle cryotolerant type, 9 materials in middle cryosensitive type and 12 materials in cryosensitive type, accounting for 36.51%, 30.16%, 14.29% and 19.05% respectively. All materials in cryotolerant type were relative with germplasm of perennial island cotton, which indicated that the cryotolerance of overwintering in perennial island cotton was very useful for breeding. Cytoplasm effect of overwintering survival wasn't significant in testing cotton materials, the overwintering survival of hybrids were in regression trend of mean type in ancestors.

Key words: cotton; perennial; overwintering; cryotolerance

① 收稿日期: 2011-08-23 修回日期: 2011-12-30

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD01A05-xz02); 广西研究生教育创新计划项目(2008105930901D015)[Supported by the National Science and Technology Support Project(2006BAD01A05-xz02) and the Innovation Project of Guangxi Postgraduate Education(2008105930901D015)]

作者简介: 张新(1981-), 男, 河南罗山人, 博士, 研究方向为作物遗传育种, (E-mail) zhangxin_gxu@qq.com。

* 通讯作者: 周瑞阳, 教授, 博士生导师, 研究方向为作物育种与栽培生理, (E-mail) Ry_zhou@tom.com。

在自然条件下,棉花在热带表现为多年生,但在南亚热带则表现为部分种质资源可以安全越冬,而大多数栽培品种不能安全越冬(张新等,2008)。多年生种质资源及多年生栽培具有重要的应用价值和研究意义。一,可以挖掘多年生种质资源中的优异性状(De Souza & De Holanda,1993;Gotmare 等,2004);二,可以长期保存种质资源及保纯育种亲本(王坤波等,2000,2002;钱思颖等,1996);三,可以实现雄性不育系的多年生保持,省略保持系(张新等,2008);四,可以加速育种进程、延长制种周期并提高单产(孟玉江,2005;陈国平等,2008,2010);五,可以固定杂种优势(张新等,2010);六,有利于减少生产资料和劳动力投入以及保护生态环境(张新等,2010)。但是,若要进一步提高宿生棉的利用价值,必先培育出越冬耐冷性较强的多年生棉花品种。

对于棉花的耐冷性鉴定,前人主要集中于苗期的耐冷性鉴定,而对于棉花越冬耐冷性鉴定尚未开展。本研究对不同种质来源的海岛棉和陆地棉及其杂交后代进行越冬耐冷性的综合鉴定,以期鉴定出一批越冬耐冷性强的棉花材料,为多年生棉花耐冷育种提供材料,并从亲本及其杂交种角度出发,探讨

越冬耐冷性的遗传与变异。

1 试验材料

1.1 棉花亲本材料

本试验共采用了9个亲本材料(表1)。其中,亲本材料A、B、H、I为一年生陆地棉(*G. hirsutum*);亲本材料C、D、E为木棉,有两种类型:D为联核木棉(铃瓣里的种子紧密联合成肾形团块),属于多年生巴西棉(*G. barbadense* var. *braziliense*)变种,C和E为离核木棉(铃瓣里的种子各自分离),即我国西南地区特有的多年生海岛棉(*G. barbadense*);亲本材料F为一种多年生海岛棉——达尔文棉(*G. darwinii*);亲本材料G为一年生海岛棉(*G. barbadense*)。

南宁2008年1月中旬至2月中旬出现60年一遇的低温阴雨灾害极端天气。经3月份田间调查(张新等,2008),亲本材料A-I的越冬存活率分别为0、0、100%、100%、65.22%、60.00%、0、0、75.00%,可见所选用的亲本材料之间越冬耐冷性差异比较大,有利于筛选出越冬耐冷性较好的杂交材料和进

表1 棉花亲本材料来源及种质类型

Table 1 Resources and germplasm type of cotton parents

编码 No.	亲本 Parents	来源 Source	2008年越冬存活率(%) Overwintering survival rate in 2008
A	陆地棉 H077	广西平果县	0.00
B	陆地棉 SP86	湖北省种子集团公司	0.00
C	离核木棉 H113	中国农科院棉花研究所	100.00
D	联核木棉 H119	中国农科院棉花研究所	100.00
E	离核木棉 H112	中国农科院棉花研究所	65.22
F	达尔文棉 H098	中国农科院棉花研究所	60.00
G	海岛棉 H118	南京农业大学	0.00
H	陆地棉细胞核雄性不育系 A	湖北省种子集团公司	0.00
I	陆地棉细胞质雄性不育系 2001A	湖北省种子集团公司	75.00

行遗传分析。

1.2 耐冷性鉴定材料

采用表1中的9个材料作母本与7个父本(2个不育系只能作母本)进行杂交或自交,共得到63个自交或F1代材料用于越冬耐冷性鉴定。

2 研究方法

2.1 试验材料田间种植

采用营养钵育苗,于2008年5月9日播种,并于5月19日移栽到大田,每个材料种植两行,每行

7株,株行距65 cm×80 cm,小区间相邻两株间距100 cm,周围设置保护行。苗期起垄栽培,栽培期间进行必要的肥水管理和病虫害防治。

2.2 材料处理和指标测定

用于最佳处理温度和最佳处理时间筛选的供试材料包括越冬耐冷性弱的陆地棉A、越冬耐冷性强的联核木棉D以及二者的正反交组合。棉花枝条取材和低温处理参照高志红等(2005)的方法进行。2008年12月底在棉花收获完毕后,从粗度一致、无病虫害的一年生枝条基部剪取约50 cm长的枝条,每个材料取3个枝条,蒸馏水冲洗3遍,滤纸吸干表

面水分,放入自封袋,分别在 0、4、8 °C 下处理 24、48、72 h 后用于测定其相对电导率。

在筛选出的最佳处理温度(0 °C)和最佳处理时间(24 h)下处理上述的 63 个材料,测定其茎表皮电导率(Dionisio-Sese & Tobita, 1998)、可溶性糖含量(Wen 等, 2009)、可溶性蛋白质含量(Bradford, 1976)、丙二醛含量(Hodges 等, 1999)和脯氨酸含量(Bates 等, 1973)这 5 个耐冷性生理生化指标。所有测定均重复 3 次。2009 年 3 月,调查各材料越冬成活率和单株材料新芽着生高度比。

2.3 数据处理

2.3.1 计算耐冷性生理生化指标的平均隶属度 参考 Chen 等(2007)方法,用模糊数学中求隶属函数的方法进行评价。其公式为:

正相关: $U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$; 负相关: $U_{ij} = 1 - [(X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})]$

式中: U_{ij} 表示 i 种类 j 指标的抗寒隶属函数值; X_{ij} 表示 i 种类 j 指标的测定值; $X_{j\min}$ 表示所有种类 j 指标的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有种类 j 指标的最大值; i 表示某种材料; j 表示某项指标。

平均隶属度: $\bar{U}_i = 1/n \sum_{j=1}^n U_{ij}$ (i 为 i 材料 n 个指标的耐冷隶属函数平均值)

2.3.2 计算棉花越冬耐冷性 $\sum(\bar{U}_{pb} + I_{os})$ 按越冬存活株数占调查植株总数计算越冬成活率,按早春

新芽着生高度比计算越冬指数(Index of overwintering survival) $I_{os} =$ 小区植株新芽着生高度比之和 \times 小区越冬成活率/小区植株总数。计算越冬耐冷性 $\sum(\bar{U}_{pb} + I_{os}) =$ 耐冷性生理生化指标平均隶属度 $\bar{U}_{pb} +$ 大田越冬指数 I_{os} 。

3 结果与分析

3.1 耐冷性鉴定最佳胁迫温度和时间的确定

低温逆境对植物组织的伤害程度与低温、低温持续时间等因素有关。利用耐冷性差异较大的陆地棉 A、海岛棉 D,以及二者的正反交组合 $A \times D$ 、 $D \times A$ 共 4 份棉花材料,进行了 3 个温度处理(0、4、8 °C)处理 24、48、72 h,以便筛选最佳处理温度和最佳处理时间。

由表 2 可以看出:随着温度的降低和低温时间的延长,所有供试材料的电导率均有所升高,正反交组合 $A \times D$ 和 $D \times A$ 在所有处理温度和处理时间下,差异均不显著,但处理较短时间(24 h、48 h)陆地棉 A 和海岛棉 D 差异显著,在 0 °C 和 8 °C 处理 72 h 时,二者差异已不显著。总体来看,0 °C 处理 24 h、0 °C 处理 48 h 和 4 °C 处理 48 h 这 3 种处理方式,能够很好的将耐冷种海岛棉 D 和不耐冷种陆地棉 A 及杂种($A \times D$ 和 $D \times A$)区分开来,因此,在试验中可以用这种方式对离体枝条进行低温处理。

表 2 最佳胁迫温度和时间的筛选

Table 2 Selection of the optimal stress temperature and time

材料 Materias	0 °C(RC, %)			4 °C(RC, %)			8 °C(RC, %)		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
A	49.14aA	53.85aA	59.48aA	39.79aAB	48.58aA	53.39aA	36.24aA	41.96aA	42.22bB
D	38.86cB	43.60cB	51.34aA	32.45bB	39.60cB	46.16bA	28.86bA	35.32bA	42.56bAB
$A \times D$	44.38bAB	49.70bAB	53.31aA	40.13aAB	44.78bAB	46.80bA	36.39aA	40.75abA	44.25aAB
$D \times A$	45.51abAB	50.45abAB	56.40aA	40.51aA	44.60bAB	49.24bA	35.55aA	40.56abA	45.20aA

3.2 棉花材料的 5 个生理指标鉴定结果

从 5 项耐冷生理参数鉴定结果(表 3)看,8 °C、4 °C、0 °C 低温处理 24 h、48 h、72 h 的 9 个相对电导率的平均值在 39.86%~51.62% 之间,0 °C 处理 24 h 的可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛、脯氨酸含量分别在 0.12%~1.02%、0.31~1.95 mg/g、0.28~1.46 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ FW、2.53~26.95 $\mu\text{g}/\text{g}$ 之间。此外还可看出,以单一耐冷生理参数很难比较不同材料间耐冷性的差异,说明植物耐冷性是一个复杂的生理生化变化过程,受多种因素影响,孤立地用单一指

标很难全面反映其耐冷能力(张文娥等, 2007)。

3.3 棉花材料的越冬耐冷性鉴定结果及排序

从表 4 看出,63 个棉花材料的耐冷性生理生化平均隶属函数值在 0.1469~0.6341 之间,越冬指数在 0.6329~1.0000 之间,有一半以上材料(33 个)的越冬指数为 1,说明这些材料越冬存活率达到 100%,而且顶芽鲜活,同时也说明 2009 年冬季气候条件下棉花材料的区分度不佳,进一步区别这些材料需要借助耐冷性生理生化指标。特别值得注意的是,以细胞质雄性不育系 2001A 为母本的所有材料

越冬指数均为 1,而这些材料均为雄性不育材料,其耐冷性强可能与其生殖生长消耗的营养较少有关,具体机理有待进一步明确。

3.4 材料越冬耐冷性基于聚类分析的分级评价

为克服人为分类的主观性,对所有材料采用欧式距离——Ward 法基于耐冷性生理生化平均隶属

表 3 棉花材料的 5 个生理指标鉴定结果
Table 3 Identification results of 5 physiological parameters in testing materials

No.	RC (%)	SS (%)	SP (mg/g)	MDA ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)	Pro ($\mu\text{g/g}$)	No.	RC (%)	SS (%)	SP (mg/g)	MDA ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)	Pro ($\mu\text{g/g}$)
A	47.18	0.63	0.46	4.37	8.10	E	48.09	0.47	0.54	3.21	10.54
A×B	45.93	0.55	0.59	4.89	8.13	E×F	49.64	0.23	0.42	3.89	10.21
A×C	45.23	0.80	0.57	6.43	4.51	E×G	51.59	0.21	0.47	3.39	14.51
A×D	44.49	0.70	1.06	5.90	5.85	F×A	46.23	0.85	0.66	3.60	6.37
A×E	47.16	0.30	0.45	5.94	8.91	F×B	44.89	0.15	0.42	2.81	9.43
A×F	48.69	0.87	0.73	3.42	5.20	F×C	47.53	0.45	0.51	2.50	17.77
A×G	51.03	0.44	0.39	5.12	2.92	F×D	44.30	0.55	0.41	3.38	19.39
B×A	48.20	0.23	0.36	3.97	2.53	F×E	45.02	0.45	0.65	2.80	12.17
B	45.61	0.35	0.83	4.02	8.39	F	45.01	0.19	0.39	5.31	17.51
B×C	44.59	0.52	0.87	4.23	6.57	F×G	46.83	0.68	0.43	5.23	16.72
B×D	43.84	0.79	0.60	4.03	8.23	G×A	47.27	0.45	0.51	9.72	6.30
B×E	48.84	0.19	0.39	3.57	10.80	G×B	49.12	0.09	0.65	5.42	5.00
B×F	51.62	0.36	0.57	6.25	3.63	G×C	48.09	0.15	0.70	5.37	4.29
B×G	51.47	0.30	0.52	4.11	2.85	G×D	45.93	0.81	0.31	8.40	3.90
C×A	45.94	0.81	0.88	3.46	6.60	G×E	46.80	0.36	0.43	3.83	11.78
C×B	46.46	0.46	0.41	2.97	9.40	G×F	47.04	0.45	0.98	3.77	19.13
C	45.06	0.61	1.95	5.54	11.16	G	48.72	0.18	1.62	5.26	24.41
C×D	42.81	0.34	0.76	2.88	9.56	H×A	48.95	0.41	1.35	2.38	2.66
C×E	43.32	0.38	0.50	3.16	26.95	H×B	48.02	0.12	1.88	1.85	4.03
C×F	43.92	0.56	0.48	3.17	15.10	H×C	47.14	0.38	1.66	2.78	3.05
C×G	50.72	0.27	0.39	8.45	3.96	H×D	46.45	0.62	0.85	2.02	5.59
D×A	45.33	1.02	0.88	5.09	3.99	H×E	50.24	0.55	0.59	4.66	5.78
D×B	44.77	0.59	1.25	3.02	9.14	H×F	46.05	0.50	0.86	2.72	3.96
D×C	46.70	0.52	1.68	2.68	15.03	H×G	51.31	0.32	1.24	2.53	3.57
D	39.86	0.67	1.89	2.81	8.58	I×A	47.41	0.61	0.64	2.85	5.85
D×E	45.58	0.46	0.39	2.09	16.79	I×B	46.98	0.33	0.77	2.00	6.57
D×F	42.51	0.50	0.62	2.90	6.89	I×C	50.39	0.38	0.70	4.28	3.05
D×G	44.24	0.51	0.34	2.00	19.00	I×D	42.11	0.58	0.66	4.60	3.76
E×A	47.21	0.51	0.59	3.35	4.55	I×E	47.26	0.81	1.14	4.84	3.11
E×B	45.05	0.23	0.88	2.89	7.15	I×F	45.14	0.58	1.58	5.63	22.98
E×C	45.40	0.42	0.53	2.18	16.79	I×G	49.81	0.53	1.09	4.20	5.46
E×D	45.46	0.43	0.42	2.22	17.90						

注: RC:Relative Conductivity; SS:Soluble Sugar; SP:Soluble Protein; MDA:Malondialdehyde; PRO:proline.

函数值和越冬指数进行系统聚类(图 1),如图中所划一垂线,可将 63 个棉花材料划为 4 大类(I、II、III、IV),参考前人在其它植物上的分类评价方法(汪华等,2011),将其分别评价为耐冷型、中度耐冷型、中度冷敏型、冷敏型(表 5)。其中,耐冷型(C×D、D×F、H×D、F×A、H×C、F×C、E×D、D×A、D×E、G×F、C×F、F×D、E×C、C×A、B×D、F×E、D×B、D×G、C、I×F、D×C、C×E、D)对应耐冷性和越冬性的综合隶属度排序(1-20,22,23,28),中度耐冷型(C×B、A×B、A×C、H×A、E、E×A、F×B、I×G、H×G、A×F、I×D、F×G、A×D、I×E、I×A、

E×B、I×B、B×C、H×F)对应耐冷性和越冬性的综合隶属度排序(21,24-27,29-42)、中度冷敏型(A×E、I×C、H×E、B×E、B×A、B×G、A×G、G×A、B×F)对应耐冷性和越冬性的综合隶属度排序(43-46,49-51,53-54),冷敏型(F、A、H×B、G、B、G×D、E×F、G×E、E×G、G×C、G×B、C×G)对应耐冷性和越冬性的综合隶属度排序(47-48,52,55-63),说明分类评价很好地反映了耐冷性和越冬性的综合隶属度排序情况,只有少数几个材料分类与排序略有出入,总体来说分类比较合理。

从不同越冬耐冷性等级棉花材料的比例来看

表 4 棉花材料的越冬耐冷性鉴定结果及排序

Table 4 Identification results and orders of overwintering cryotolerance in testing materials

No.	I_{os}	$\Sigma(\bar{U}pb+I_{os})$	Order	No.	I_{os}	$\Sigma(\bar{U}pb+I_{os})$	Order		
A	0.3915	0.7585	1.1500	57	E	0.4008	0.9253	1.3261	42
A×B	0.3984	0.9599	1.3583	39	E×F	0.2883	0.8591	1.1474	58
A×C	0.3929	0.9427	1.3356	40	E×G	0.3048	0.7914	1.0962	60
A×D	0.4682	1.0000	1.4682	21	F×A	0.4848	1.0000	1.4848	17
A×E	0.2864	1.0000	1.2864	44	F×B	0.3729	1.0000	1.3729	36
A×F	0.4508	1.0000	1.4508	26	F×C	0.4797	1.0000	1.4797	19
A×G	0.2152	1.0000	1.2152	49	F×D	0.5348	1.0000	1.5348	5
B×A	0.2405	0.9554	1.1959	51	F×E	0.4859	0.9584	1.4443	28
B	0.4144	0.6885	1.1029	59	F	0.3784	0.7736	1.1520	56
B×C	0.4529	0.9671	1.4200	31	F×G	0.4533	1.0000	1.4533	25
B×D	0.5095	0.9802	1.4897	15	G×A	0.2067	1.0000	1.2067	50
B×E	0.3026	0.9598	1.2624	46	G×B	0.2135	0.7109	0.9244	62
B×F	0.1870	1.0000	1.1870	53	G×C	0.2455	0.7875	1.0330	61
B×G	0.2185	0.9530	1.1715	54	G×D	0.2964	0.8945	1.1909	52
C×A	0.5134	0.9546	1.4680	22	G×E	0.3801	0.8387	1.2188	48
C×B	0.4073	0.9522	1.3595	37	G×F	0.5242	1.0000	1.5242	6
C	0.6003	0.9037	1.5040	10	G	0.5210	0.6329	1.1539	55
C×D	0.4899	1.0000	1.4899	13	H×A	0.4287	0.9056	1.3343	41
C×E	0.5934	0.9752	1.5686	4	H×B	0.4714	0.7844	1.2558	47
C×F	0.5222	1.0000	1.5222	7	H×C	0.4838	1.0000	1.4838	18
C×G	0.1078	0.8000	0.9078	63	H×D	0.4885	1.0000	1.4885	16
D×A	0.5061	1.0000	1.5061	9	H×E	0.3117	1.0000	1.3117	43
D×B	0.5631	0.9409	1.5040	11	H×F	0.4396	0.9748	1.4144	33
D×C	0.6245	1.0000	1.6245	3	H×G	0.3594	1.0000	1.3594	38
D	0.7426	1.0000	1.7426	1	I×A	0.4254	1.0000	1.4254	29
D×E	0.5027	1.0000	1.5027	12	I×B	0.4159	1.0000	1.4159	32
D×F	0.4899	1.0000	1.4899	14	I×C	0.2734	1.0000	1.2734	45
D×G	0.5506	0.9088	1.4594	23	I×D	0.4500	1.0000	1.4500	27
E×A	0.3779	1.0000	1.3779	35	I×E	0.4590	1.0000	1.4590	24
E×B	0.4228	1.0000	1.4228	30	I×F	0.6419	1.0000	1.6419	2
E×C	0.5120	0.9656	1.4776	20	I×G	0.3848	1.0000	1.3848	34
E×D	0.5078	1.0000	1.5078	8					

表 5 棉花材料越冬耐冷性基于聚类分析的分级评价

Table 5 Rank and evaluation of overwintering cryotolerance of cotton materials based on cluster analysis

级别 Rank	评价 Evaluation	材料 Materials	数量 Sum.	比例(%) Ratio
I	耐冷型 CT	C×D、D×F、H×D、F×A、H×C、F×C、E×D、D×A、D×E、G×F、C×F、F×D、E×C、C×A、B×D、F×E、D×B、D×G、C、I×F、D×C、C×E、D	23	36.51
II	中度耐冷型 MC	C×B、A×B、A×C、H×A、E、E×A、F×B、I×G、H×G、A×F、I×D、F×G、A×D、I×E、I×A、E×B、I×B、B×C、H×F	19	30.16
III	中度冷敏型 MS	A×E、I×C、H×E、B×E、B×A、B×G、A×G、G×A、B×F	9	14.29
IV	冷敏型 CS	F、A、H×B、G、B、G×D、E×F、G×E、E×G、G×C、G×B、C×G	12	19.05

注：CT:cryotolerant；MC:middle cryotolerant；MS:middle cryosensitive；CS:cryosensitive。

(表 5),耐冷型(36.51%)、中度耐冷型(30.16%)、中度冷敏型(14.29%)、冷敏型(19.05%),说明耐冷性和中度耐冷型所占比例达 2/3,冷敏型不到 20%。再对 25 个耐冷性材料的次级分类中,高度耐冷型的材料有 4 个(I×F、D×C、C×E、D)。

3.5 越冬耐冷性的遗传分析

对亲本材料 A-G 正反交组合的耐冷性生理生化指标平均隶属度、大田越冬指数 I_{os} 和越冬耐冷性 $\Sigma(\bar{U}pb+I_{os})$ (表 4) 分别采用两个配对样本的 Wilcoxon 符号秩检验(表 6),精确的双侧概率分别

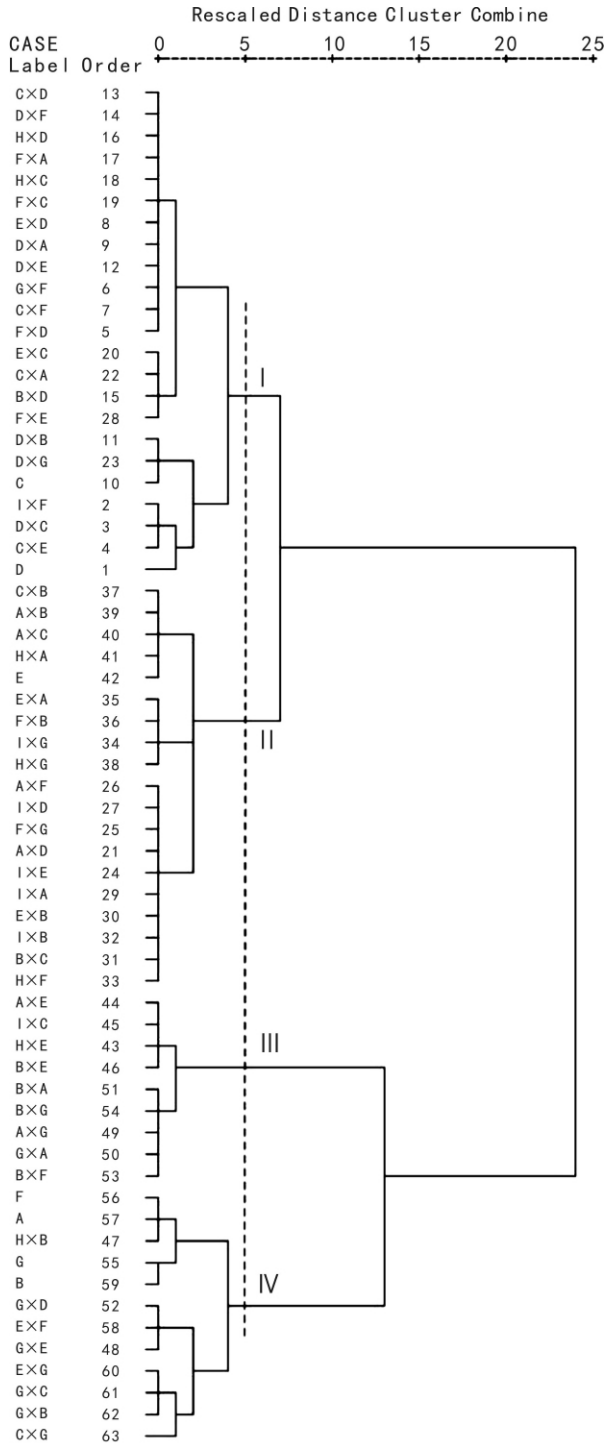


图 1 供试材料基于 Ward 法的层次聚类树形图
Fig. 1 Dendrogram using Ward method of testing materials based on hierarchical cluster analysis

为 0.409、0.831 和 0.756, 均大于 0.05, 因此没有证据表明亲本材料 A-G 的正反交组合的越冬耐冷性之间存在显著差异, 即没有证据表明供试材料的越冬耐冷性存在显著的细胞质效应。

表 6 亲本材料 A-G 正反交组合的越冬耐冷性的 Wilcoxon 符号秩检验

Table 6 Wilcoxon signed ranks test on the cryotolerance of overwintering of obverse and inverse crosses of parents A-G

Wilcoxon 符号秩检验 Wilcoxon signed ranks test	反交组合—正交组合 Inverse crosses -Obverse crosses Wilcoxon signed ranks test		
	$\bar{U}pb$	Ios	$\Sigma(\bar{U}pb+Ios)$
精确显著性(双侧) Exact Sig. (2-tailed)	0.409	0.831	0.756

由表 7 看出, 母本 A-G 的杂交后代平均越冬性与其母本之差按母本排序为: $B > G > A > F > C > E > D$, 且平均越冬性除了母本 D 的杂交后代之外, 均有超母本的趋势, 而母本的越冬性为: $D > E > C > F > A > B > G$, 几乎与前面的排序相反, 母本 A-I 的杂交后代平均越冬性排序为: $F_1(MI) > F_1(MF) > F_1(MA) > F_1(MD) > F_1(MH) > F_1(MB) > F_1(MC) > F_1(ME) > F_1(MG)$, 也说明了杂交后代的越冬性有向祖先的平均类型回归的趋势。

由于一般陆地棉的生育期比海岛棉短得多, 而产量比海岛棉高得多, 故杂交制种中母本一般使用陆地棉 I、A、H 和 B 比较好。母本陆地棉细胞质雄性不育系 I 的杂交后代平均越冬性最好, 但均为雄性不育材料, 只适合做砧木用。母本陆地棉细胞核雄性不育系 H 的杂交后代平均越冬性尚好, 但配制杂交种容易, 结合棉花可以在南亚热带和热带宿生的特点, 可以应用于杂种优势利用中。其它陆地棉母本中, 以母本 A 较好。

4 结论与讨论

在低温伤害中, 膜系统常常是最先受到伤害的部位, 冷害能使脂膜受损伤, 透性加大, 细胞内离子外渗量增多, 电导率加大(刘祖祺等, 1990); 可溶性糖含量的增加对提高细胞液浓度和维持细胞膜在低温下的正常功能等方面有重要作用, 它是温度胁迫下细胞内的保护物质, 可通过渗透调节使冰点降低, 又可缓冲细胞过度脱水, 保护细胞质胶体不致遇冷凝固。可溶性糖的积累, 可以增大细胞液的浓度, 以抵抗低温对细胞(特别是细胞膜)造成的伤害, 因此可溶性糖含量的提高可视为植物耐冷的一个指标(刘祖祺等, 1990); 植物受低温伤害的一个重要表现是失水, 可溶性蛋白的亲水胶体性质强, 它能明显增

强细胞的持水力(刘祖祺等,1990);正常情况下由于植物体内活性氧的产生与清除处于平衡状态,不会导致植物伤害,但在低温胁迫环境下,植物器官往往发生膜脂过氧化作用,丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的最终分解产物,常用作测定膜脂过氧化的指标(刘祖祺等,1990);脯氨酸是植物体内普遍存在的保护

物质,在低温胁迫下,体内的游离脯氨酸含量都增加,脯氨酸对植物耐冷的作用机理主要是:低温胁迫时作为渗透调节物质增加胞质浓度、保护蛋白质分子、活性氧的清除剂,低温胁迫结束后可作为碳源和氮源(刘祖祺等,1990;王小华等,2008)。

电导率、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、MDA

表 7 母本及其杂交一代越冬性比较

Table 7 Comparisons on the overwintering survival of female parents and their hybrids

项目 Item	F ₁								
	M _A	M _B	M _C	M _D	M _E	M _F	M _G	M _H	M _I
均值 Mean	0.9838	0.9693	0.9470	0.9750	0.9360	0.9931	0.8719	0.9521	1.0000
$\bar{F}_1(M_X) - X$	0.2253	0.2808	0.0433	-0.0250	0.0107	0.2195	0.2390	—	—

注: F₁(M_X)和 $\bar{F}_1(M_X)$ 分别表示母本 X 的所有杂交后代及其越冬指数平均值。

Note: F₁(M_X) means all hybrids of female parent X and $\bar{F}_1(M_X)$ represents mean index of overwintering survival of F₁(M_X).

以及脯氨酸等指标,用来鉴定棉花耐冷性(龚双军等,2005;王俊娟等,2006;李生泉等,2006);越冬指数是棉花实际越冬能力的反映,因而基于耐冷生理生化平均隶属度和露地越冬指数的聚类将 63 份材料聚为 4 大类,结果比较可靠。从表 5 还可以看出,23 个耐冷型材料的亲本至少有一个来自于多年生海岛棉(C、D、E、F),说明多年生海岛棉种质在越冬耐冷性上具有很高的利用价值。再者,由于棉花越冬性的细胞质效应不显著并且具有一定的杂种优势(张新等,2011),配制杂交组合时,母本一般选择陆地棉,父本选用多年生海岛棉。本次鉴定筛选出的高度耐冷型可以作为育种初级材料和砧木应用,极端材料(高度耐冷型、高度冷敏型)可以作为进一步研究耐冷性的材料。

参考文献:

- 王坤波,赵新华. 2002. 印度棉花考察简报[J]. 中国棉花, 29(2):9-11
- 王俊娟,叶武威,樊保香. 2006. 陆地棉不同生长阶段抗冷性初报[J]. 中国棉花, (4):8-9
- 刘祖祺,王洪春. 1990. 植物耐寒性及防寒技术[M]. 北京: 学術书刊出版社:28-144,231-249
- 孟玉江,贾民权,李树诚. 2005. 再生棉的栽培及开发利用[J]. 农村科技, (9):7
- 龚双军,李国英,杨德松,等. 2005. 不同棉花品种苗期抗寒性及其生理指标测定[J]. 中国棉花, 32(3):16-17
- Bates LS, Waldren RP, Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies[J]. *Plant Soil*, 39:205-207
- Bradford MMA. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Anal Biochem*, 72:248-254
- Chen CY, Tao CX, Peng H, et al. 2007. Genetic Analysis of Salt Stress Responses in Asparagus Bean (*Vigna unguiculata* ssp.

sesquipedalis)[J]. *J Hered*, 98(7):1-11

- Chen GP(陈国平), Zhang X(张新), Zhou RY(周瑞阳), et al. 2008. Study on economic characteristics of biennial and annual upland cotton(宿生陆地棉经济性状的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 28(5):636-639
- Chen GP(陈国平), Zhang X(张新), Zhou RY(周瑞阳), et al. 2010. Study on the yield factors and path analyses for perennial cultivation of upland cotton in southern Guangxi(广西南部宿生陆地棉的产量构成因素及其通径分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 30(4):526-530
- De Souza NA, De Holanda JS. 1993. Environmental adaptability of perennial cotton in the Seridó[J]. *Crop Sci*, 28(7):797-801
- Dionisio-Sese ML, Tobita S. 1998. Antioxidant response of rice seedlings to salinity stress[J]. *Plant Sci*, 135:1-9
- Gao ZH(高志红), Zhang Z(章镇), Han ZH(韩振海). 2005. Identification of freezing resistance in Japanese apricot germplasm(果梅种质枝条抗寒性鉴定)[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 22(6):709-711
- Gotmare V, Singh P, Mayee CD, et al. 2004. Short communication genetic variability for seed oil content and seed index in some wild species and perennial races of cotton[J]. *Plant Breed*, 123(2):207-208
- Hodges DM, John MD, Charles FF, et al. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds[J]. *Planta*, 207:604-611
- Li SQ(李生泉), Li R(李锐), Fan YX(范月仙). 2006. Study on the relation between chilling resistance and low-temperature-induced proteins in cotton seedling(棉苗抗冷性与低温诱导蛋白关系的研究)[J]. *Acta Gossypii Sin*(棉花学报), 18(1):43-46
- Qian SY(钱思颖), Huang JQ(黄骏麒), Zhou BL(周宝良), et al. 1996. Studies on hybridization of *Gossypium hirsutum* × *G. klotzschianum* anderss and its uses(陆地棉 × 克劳茨基棉的研究和利用)[J]. *Jiangsu J Northeast Agric Sci*(江苏农业学报), 12(4):18-22
- Wang H(汪华), Yang LJ(杨立军), Xiang LB(向礼波), et al. (下转第 202 页 Continue on page 202)

- 冯国楣, 锦葵科. 1984. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 49(2): 64—66
- 廖红, 严小龙. 2003. 高级植物营养学[M]. 北京: 科学出版社
- 潘瑞炽. 1979. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社: 31—32
- Chen XL(陈兴龙), An SQ(安树青), Li GQ(李国旗), et al. 1999. The economic salttolerant plant resources on the coastal zone of China(中国海岸带耐盐经济植物资源)[J]. *J Nanjing Fore Univ(南京林业大学学报)*, 23(4): 81—84
- Chin WY. 1992. A Guide to Medicinal Plants[M]. Singapore: Singapore Science Centre, 76
- Criley RA. 1997. Control of vegetative growth in Hau(Hibiscus tiliaceus)[J]. *Horticult Res Note*, 5: 1—4
- Duncan WG. 1971. Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis[J]. *Crop Sci*, 11: 482—485
- Filella I, Serrano L, Serra J, et al. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis[J]. *Crop Sci*, 35: 1400—1405
- Kan WH, Hu TW. 1987. Regeneration of deforested sites of coastal windbreaks by underplanting[J]. *Bull Taiwan Fore Res Inst, New Series*, 2: 1—16
- Lee HD, Chiou WL, Wang SH. 1993. The studies of ecological reforestation in Peng Hu: The adaptation of 25 Heng Chun indigenous tree species in Sa Kang, Peng Hu[J]. *Bull Taiwan Fore Res Inst, New Series*, 8: 209—218
- Lin P(林鹏), Lin YM(林益明), Yang ZW(杨志伟), et al. 2005. Research status, civil utilization and prospect on marine mangrove drug in China—a review(中国海洋红树林药物的研究现状、民间利用及展望)[J]. *Mar Sci(海洋科学)*, 29(9): 76—79
- Lin ZF(林植芳), Li SS(李双顺), Lin GZ(林桂珠). 1984. Super-oxide dismutase activity and lipid peroxidation in relation to senescence of rice leaves(水稻叶片衰老与SOD活性及膜脂过氧化化的关系)[J]. *Acta Bot Sin(植物学报)*, 26(6): 605—615
- Liu M(刘敏), Jia CF(贾彩凤), Niu YN(牛延宁), et al. 2009. Study on the chlorophyll fluorescence characteristics of three invasive plants(3种入侵植物叶绿素荧光特性的研究)[J]. *J Anhui Agric Sci(安徽农业科学)*, 37(4): 1496—1498
- Liu P(刘鹏), Hao ZY(郝朝运), Chen ZL(陈子林), et al. 2008. Nutrient element distribution in organs of *Heptacodium miconioides* in different communities and its relationship with soil nutrients(不同群落类型中七子花器官营养元素分布及其与土壤养分的关系)[J]. *Acta Pedol Sin(土壤学报)*, 45(3): 304—312
- Nakanishi H. 1988. Dispersal ecology of the marine plants in the Ryukyu Island[J]. *Jap Ecol Res*, 3: 163—174
- Popp M. 1984. Chemical composition of Australia mangroves: 1. Inorganic ions and organic acids[J]. *Z Pflanzenphysiol*, 113: 395—410
- Popp M, Larher F, Weigel P. 1985. Osmotic adaptation in Australia mangroves[J]. *Vegetatio*, 61: 247—254
- Ren H(任海), Peng SL(彭少麟), Dai ZM(戴志明), et al. 2002. Ecological and biological characteristics of *Wikstroemia indica* (了哥王的生态生物特征)[J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 13(12): 1529—1532
- Santiago LS, Lau TL, Melcher PJ, et al. 2000. Morphological and physiological responses of three populations of Hawaiian *Hibiscus tiliaceus* to light and substrate salinity[J]. *Int J Plant Sci*, 161: 14—20
- Soave RCF, Mendes JA, Beltrati CM. 1990. Morphological and anatomical studies of *Hibiscus tiliaceus* seeds[J]. *Arq Biol Tecnol (Curitiba)*, 33: 141—148(In Portuguese)
- Tomlinson PB. 1986. The Botany of Mangroves[M]. Cambridge: Cambridge University Press
- Whistler WA. 1980. Coastal Flowers of the Tropical Pacific. A Guide to widespread Seashore Plants of the Pacific Islands(Oceania)[M]. Pacific Tropical Botanic Garden Hawaii: 82
- White AJ, Christa C. 1999. Rapid light curves: A new fluorescence method to assess the state of the photosynthetic apparatus[J]. *Photosynth Res*, 59: 63—72

(上接第 225 页 Continue from page 225)

2011. Evaluation of powdery mildew resistance of 408 wheat cultivar(lines)(408份小麦品种(系)白粉病抗性的评价)[J]. *J Triticeae Crops(麦类作物学报)*, 31(3): 544—548
- Wang KB(王坤波). 2000. On specific permanent populations and their prospected application in cotton(论棉花永久性群体种类特色与应用价值)[J]. *Acta Gossypii Sin(棉花学报)*, 12(1): 40—44
- Wen B, Wang RL, Song SQ. 2009. Cytological and physiological changes related to cryotolerance in orthodox maize embryos during seed development[J]. *Protoplasma*, 236: 29—37
- Zhang WE(张文娥), Wang F(王飞), Pan XJ(潘学军). 2007. Comprehensive evaluation on cold hardiness of Vitis species by Subordinate Function(SF)(应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性)[J]. *J Fruit Sci(果树学报)*, 24(6): 849—853
- Zhang X(张新), Chen GP(陈国平), Pan FY(潘凤英), et al. 2011. Researches on interspecific heterosis and cytoplasm effect of cryotolerance and its related traits in perennial cotton(宿生棉耐冷相关性状的种间杂种优势及细胞质效应分析)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci(西南农业学报)*, 24(5): 1669—1675
- Zhang X(张新), Chen GP(陈国平), Zhou RY(周瑞阳). 2010. Effect of perennial cultivation on “Dong A” genic male sterile lines in annual upland cotton(一年生陆地棉细胞核雄性不育系洞A的宿生栽培效应)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 30(3): 391—394
- Zhang X(张新), Zhou RY(周瑞阳), Lou XY(娄喜艳). 2008. Investigation on overwintering of cotton germplasm resources in 2008 in Nanning of Guangxi(2008年广西南宁棉花种质资源越冬调查)[J]. *Crops(作物杂志)*, (6): 74—76