

# 196 份葡萄属 (*Vitis* L.) 种质资源耐热性评价

姜建福<sup>1</sup>, 马寅峰<sup>1</sup>, 樊秀彩<sup>1</sup>, 张颖<sup>1</sup>, 孙海生<sup>1</sup>, 王利军<sup>2</sup>, 刘崇怀<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009; <sup>2</sup>中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**摘要:**以国家果树种质郑州葡萄圃保存的 196 份代表性葡萄属种质为试材, 利用叶绿素荧光参数法对其耐热性进行了鉴定评价。结果表明: 196 份葡萄属植物的耐热性叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  数值在 0.0792~0.6836 之间, 品种间抗性存在差异, 耐热性服从正态分布, 表现为多基因控制的数量性状。利用有序样品最优分割聚类法, 将其耐热性分为弱、中、强 3 种类型, 叶绿素荧光参数分级阈值分别对应  $\leq 0.3$ 、 $(0.3, 0.5]$ 、 $> 0.5$ , 利用该分级标准筛选出了腺枝葡萄双溪 03、刺葡萄梅岭山 1301、菱叶葡萄 0945 和田绿葡萄等 48 份耐热性强的葡萄种质, 起源于我国的野生葡萄耐热性整体上高于其他类群或品种。研究结果对于利用抗性亲本选育耐热葡萄新品种和葡萄抗热机理研究具有参考意义。

**关键词:** 葡萄属; 耐热性; 评价; 叶绿素荧光

## Evaluation of 196 *Vitis* L. Germplasm Resources to Heat Tolerance

JIANG Jian-fu<sup>1</sup>, MA Yin-feng<sup>1</sup>, FAN Xiu-cai<sup>1</sup>, ZHANG Ying<sup>1</sup>, SUN Hai-sheng<sup>1</sup>,  
WANG Li-jun<sup>2</sup>, LIU Chong-huai<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009;

<sup>2</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

**Abstract:** Heat tolerance was evaluated for 196 *Vitis* L. accessions from National Grape Resources Repository at Zhengzhou Fruit Research Institute of CAAS using the chlorophyll fluorescence parameter  $F_v/F_m$ . The results showed that the range of the  $F_v/F_m$  was from 0.0792 to 0.6836, displaying differences among the varieties, with the distribution frequency of all heat tolerance  $F_v/F_m$  in normal distribution. It represents a quantitative trait controlled by multiple genes. Based on sequential clustering method, the grade of grape heat tolerance could be divided into 3 levels, weak, medium and strong. The corresponding threshold value were  $\leq 0.3$ ,  $(0.3, 0.5]$  and  $> 0.5$ , respectively. Based on the above evaluation, 48 heat-resistant grape accessions were screened out, including Shuangxixianzhi03, Meilingshan-ciputao1301, Lingyeputao0945 and Hetianlv. The heat tolerance of Chinese wild grape species was in general higher than that of other *Vitis* L. species / varieties. The result from this study provide valuable insights for breeding heat tolerant grapes and for studying the mechanisms of grape heat resistance.

**Key words:** *Vitis* L.; heat tolerance; evaluation; chlorophyll fluorescence

葡萄是世界范围内栽培最广泛的树种之一, 在世界水果生产中占据重要地位。葡萄用途多样, 既可生食也可酿酒、制干、制汁或制罐, 同时酿酒后的酒脚可提取酒食酸, 根和藤还具有安胎、止吐药用价

值, 果皮和种籽中所含的白藜芦醇及其葡萄糖苷具有抗血栓、抗动脉硬化和抑制肿瘤的作用<sup>[1]</sup>。葡萄也是我国最重要的果树树种, 尤其是鲜食葡萄种植面积和产量我国已连续多年位居世界首位。葡萄生

收稿日期: 2016-03-24 修回日期: 2016-05-10 网络出版日期: 2016-12-16

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161216.0932.008.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-30-yz-1); 中美科技合作项目 (2014DFG31860); 中国农业科学院科技创新工程专项经费项目 (CAAS-ASTIP-2016-ZFRI)

第一作者主要从事葡萄种质资源鉴定与利用研究。E-mail: jianfu501@163.com

通信作者: 刘崇怀, 主要从事葡萄种质资源与遗传育种研究。E-mail: liuchonghuai@caas.cn

王利军, 主要从事葡萄温度逆境生理和白藜芦醇代谢调控机理研究。E-mail: ljwang@ibcas.ac.cn

产在我国农业产业结构调整、促进区域经济发展和增加农民收入等方面发挥着重大作用。

近年来,全球气候变暖已成为一种不可避免的趋势,政府间气候变化专门委员会(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)第五次评估报告指出在过去的30年(1980-2012年)来,全球温度升高了0.85℃,科学家预计到21世纪末,全球地表气温将比21世纪初升高0.3~4.8℃,随着全球气候变暖,高温胁迫加剧,极端天气也日益增多<sup>[2-3]</sup>。我国多数葡萄产区果实生长期集中在6-9月份,更容易遭受高温危害,尤其是近年来,部分保护地栽培的葡萄由于通风或避光等原因,夏季中午局部温度甚至超过45℃,严重制约着葡萄的生长和果实品质<sup>[4-5]</sup>。高温胁迫日渐成为限制葡萄生长发育的一个重要因素,因此开展耐热葡萄种质资源的鉴定评价与新品种选育具有重要的意义。

目前,有关植物的耐热性鉴定评价指标多种多样,包括植物的外部形态、显微结构、生理生化指标、分子生物学指标及叶绿素荧光动力学参数等<sup>[6-8]</sup>。叶绿素荧光动力学参数是反映光合作用变化的重要指标,具有快速、简便、精确、无损伤等优点,已应用于作物逆境生理的研究<sup>[9]</sup>,在耐热评价研究中也取得了良好的结果。汪炳良等<sup>[10]</sup>通过对早熟花椰菜叶片进行高温胁迫处理后发现,其叶片的叶绿素荧光参数 $F_v/F_m$ 、 $\Phi PSII$ 、 $qP$ 均明显降低。郭延平等<sup>[11]</sup>通过对温州蜜柑和脐橙进行高温胁迫处理后发现,温州蜜柑和脐橙叶片的叶绿素荧光参数 $F_v/F_m$ 、ETR下降, $F_0$ 升高。D. Stefanov等<sup>[12]</sup>应用 $PI_{total}$ 、 $PI_{ABS}$ 、 $\psi_0$ 、 $\delta_{RO}$ 等叶绿素荧光动力学参数对菜豆的耐热性进行了评价。徐洪国<sup>[13]</sup>利用刺葡萄、雷司令和京秀葡萄为试材,测定高温胁迫下3种葡萄叶片电解质渗透率、叶绿素荧光参数及光合放氧速率变化情况,结果表明:3种耐热抗性鉴定方法结果基本一致,但叶绿素荧光参数法由于快捷、灵敏、方便更适合用于葡萄耐高温的抗性鉴定研究。

我国是葡萄属植物的重要原产地之一,也是世界上葡萄属植物种类最多、种质资源最丰富的国家之一<sup>[14-15]</sup>,经过漫长的自然选择与种群间基因的不断交流演变,我国的野生葡萄具有很强的抗逆性和适应性<sup>[16]</sup>。利用植物高效的生理防御机制开展耐热新品种的筛选与培育研究,对植物抵御高温逆境,解决高温胁迫对植物生产的影响有着重要的现实意义<sup>[17]</sup>。本研究以国家果树种质郑州葡萄圃中保存的代表性品种为试材,利用叶绿素荧光参数法对其

耐热性进行鉴定评价,以为葡萄耐热性机制的研究和耐热品种的选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

196份试验材料来源于中国农业科学院郑州果树研究所国家果树种质郑州葡萄圃,包括欧亚种群117个,欧美杂交种47个,山欧杂交种4个,北美种群野生葡萄6个,东亚种群野生葡萄17个,圆叶葡萄5个。圃地位于113°42'E,34°48'N,海拔110.4m。年平均气温14.2℃,年降雨量666.0mm,年日照2436h,无霜期213d。土壤为褐色土类,质地为沙壤土,pH7.1~7.5,呈微碱性。篱架采用单干双臂,架高1.8m,株行距为1.0m×2.5m,南北行向,管理水平中等。

### 1.2 试验方法

试验于2015年8月进行,该段时期白天田间平均温度31.0℃,葡萄生长旺盛。离体叶片高温胁迫参照徐洪国<sup>[13]</sup>的试验方法,选择晴朗天气时在早上采集葡萄成龄叶片(整枝自上而下的第5~7节)并用湿毛巾进行包裹,采集完成后,迅速将成龄叶片裁剪成直径3cm大小的叶圆片包在微湿的滤纸中,放到铝箔盒中,然后将铝箔盒放到47℃水浴中,处理40min。每份材料5个重复,室温暗适应15min后,利用配置探头IMAG-MAX/L调制荧光成像系统MAX-IMAGING-PAM(WALZ,德国)测量离体叶片圆盘的叶绿素荧光动力学参数 $F_v/F_m$ 值。

### 1.3 数据处理

采用Excel 2007软件对数据进行计算,SPSS 13.0进行方差分析和数据正态分布检验,利用DPS 7.05软件中的有序样本最优分割聚类法,对计算得到的各种质资源耐热性叶绿素荧光参数值 $F_v/F_m$ 进行标准化处理(减去最小值),按照由小到大的顺序进行排列,对 $F_v/F_m$ 值进行分类,对耐热性鉴定结果进行分级。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种质耐热叶绿素荧光动力参数特征

由表1可知,196份葡萄的耐热性叶绿素荧光参数数值 $F_v/F_m$ 分布范围在0.0792~0.6836之间,品种间抗性存在差异。利用SPSS 13.0软件对数据进行正态分布检测,偏度系数和峰度系数分别为-0.205和0.869,结果表明,耐热性性状呈连续分布,基本符合正态分布(图1),说明葡萄耐热性为多基因控制的数量性状。

表 1 供试葡萄种质资源的耐热性叶绿素荧光参数数值  $F_v/F_m$ Table 1 Heat tolerance of grape germplasm evaluated using the chlorophyll fluorescence parameter  $F_v/F_m$ 

编号 No.	名称 Cultivars	种类 Species	类型 Group	来源 Origin	$F_v/F_m$	耐热性 Heat tolerance
1	和田绿葡萄 Hetianlv	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.6280 ± 0.0045	S
2	琼瑶浆 Roter Traminer	<i>V. vinifera</i> L.	VI	奥地利	0.6118 ± 0.0038	S
3	阿达玫瑰 Muscat Adda	<i>V. vinifera</i> L.	VI	罗马尼亚	0.5852 ± 0.0015	S
4	绯红 Cardinal	<i>V. vinifera</i> L.	VI	美国	0.5758 ± 0.0061	S
5	红瓶儿 Hongpinger	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.5734 ± 0.0035	S
6	烟 74 Yan 74	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山东	0.5598 ± 0.0015	S
7	牡丹红 Mudanhong	<i>V. vinifera</i> L.	VI	不详	0.5562 ± 0.0044	S
8	和田红 Hetianhong	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.5516 ± 0.0043	S
9	贝加干 Beijiagan	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.5430 ± 0.0059	S
10	红破黄 Hongpohuang	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.5382 ± 0.0029	S
11	超宝 Chaobao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河南	0.5294 ± 0.0067	S
12	红木纳格 Hongmunage	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.5278 ± 0.0049	S
13	西营 Xiyang	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.5270 ± 0.0021	S
14	牛心 Niuxin	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.5244 ± 0.0030	S
15	普列文玫瑰 Miskat plevenski	<i>V. vinifera</i> L.	VI	保加利亚	0.5240 ± 0.0043	S
16	阿达玫瑰(罗) Muscat Adda( Luo)	<i>V. vinifera</i> L.	VI	罗马尼亚	0.5226 ± 0.0059	S
17	紫鸡心 Zijixin	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国湖北	0.5108 ± 0.0042	S
18	品丽珠 Cabernet Franc	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.5064 ± 0.0042	S
19	绿木纳格 Lvmunage	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.5012 ± 0.0039	S
20	绿葡萄 Lvputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.4844 ± 0.0035	M
21	美人指 Manicure Finger	<i>V. vinifera</i> L.	VI	日本	0.4802 ± 0.0062	M
22	山东大紫 Shandongdazi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山东	0.4796 ± 0.0063	M
23	6-28	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山东	0.4734 ± 0.0082	M
24	霞多丽 Chardonnay	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.4706 ± 0.0019	M
25	晚黑宝 Wanheibao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.4664 ± 0.0043	M
26	香妃 Xiangfei	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.4644 ± 0.0036	M
27	无核白 Thompson Seedless	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.4606 ± 0.0015	M
28	雷司令 Riesling	<i>V. vinifera</i> L.	VI	德国	0.4602 ± 0.0024	M
29	平顶黑(雌) Pingdinghei( Ci)	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.4596 ± 0.0067	M
30	郑州早红 Zhengzhouzaohong	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河南	0.4524 ± 0.0035	M
31	金田美指 Jintianmeizhi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.4520 ± 0.0038	M
32	黑佳美 Gamay	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.4508 ± 0.0040	M
33	佳丽酿 Carignane	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.4504 ± 0.0027	M
34	黑葡萄 Heiputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.4502 ± 0.0030	M
35	索维依 Sauvignon Blanc	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.4464 ± 0.0032	M
36	桑娇维赛 Sangiovese	<i>V. vinifera</i> L.	VI	意大利	0.4420 ± 0.0035	M
37	红鸡心 Hongjixin	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.4340 ± 0.0034	M
38	大青葡萄 Daqingputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国宁夏	0.4316 ± 0.0036	M
39	牛奶 Niunai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.4294 ± 0.0058	M

表 1(续)

编号 No.	名称 Cultivars	种类 Species	类型 Group	来源 Origin	$F_v/F_m$	耐热性 Heat tolerance
40	脆葡萄 Cuiputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.424 ± 0.0039	M
41	库斯卡其 Kusikaqi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.4134 ± 0.0031	M
42	京玉 Jingyu	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.4132 ± 0.0035	M
43	早康宝 Zaokangbao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.4128 ± 0.0040	M
44	Gold	<i>V. vinifera</i> L.	VI	美国	0.4124 ± 0.0035	M
45	爱神玫瑰 Aishenmeigui	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.4100 ± 0.0037	M
46	白达拉依 Baidalayi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.4066 ± 0.0048	M
47	无核翠宝 Wuhecuibao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.4014 ± 0.0035	M
48	墨玉葡萄 Moyuputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.4012 ± 0.0050	M
49	莎巴珍珠 Pearl of Csaba	<i>V. vinifera</i> L.	VI	匈牙利	0.4002 ± 0.0024	M
50	碧香无核 Bixiangwuhe	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国辽宁	0.3994 ± 0.0053	M
51	黑破黄 Heipohuang	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.3994 ± 0.0015	M
52	灰比诺 Piont Gris	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.3966 ± 0.0036	M
53	京丰 Jingfeng	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.3936 ± 0.0053	M
54	黑巴拉多 Black Balado	<i>V. vinifera</i> L.	VI	日本	0.3874 ± 0.0040	M
55	西拉 Syrah	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.3742 ± 0.0024	M
56	无核紫 Black Monukka	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中亚	0.3664 ± 0.0051	M
57	红罗莎里奥 Rosario Rosso	<i>V. vinifera</i> L.	VI	日本	0.3614 ± 0.0043	M
58	黑鸡心 Heijixin	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.3610 ± 0.0035	M
59	凤凰 51 Fenghuang51	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国辽宁	0.3580 ± 0.0039	M
60	沈农金皇后 Shennongjinhuanghou	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国辽宁	0.3558 ± 0.0032	M
61	黑比诺 D5 Piont Noir	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.3528 ± 0.0023	M
62	夏白 Xiabai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.3470 ± 0.0047	M
63	森田尼 Centenial	<i>V. vinifera</i> L.	VI	土耳其	0.3420 ± 0.0056	M
64	白鸡心 Baijixin	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.3406 ± 0.0042	M
65	早红提 Zaohongti	<i>V. vinifera</i> L.	VI	不详	0.3366 ± 0.0054	M
66	白拉齐娜 Bailaqina	<i>V. vinifera</i> L.	VI	不详	0.3262 ± 0.0051	M
67	奥古斯特 Augusta	<i>V. vinifera</i> L.	VI	罗马尼亚	0.3204 ± 0.0063	M
68	烟 73 Yan73	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山东	0.3194 ± 0.0032	M
69	秋白 Qiubai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.3142 ± 0.0050	M
70	龙眼 Longyan	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.3008 ± 0.0040	M
71	秋红宝 Qiuhongbao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2960 ± 0.0058	W
72	红达拉依 Hongdalayi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.2886 ± 0.0023	W
73	晶红宝 Jinghongbao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2844 ± 0.0040	W
74	花白 Huabai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.2800 ± 0.0061	W
75	马奶 Manai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.2752 ± 0.0049	W
76	白佳美 Gamay Blanc	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.2614 ± 0.0040	W
77	金田 0608 Jintian0608	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.2610 ± 0.0042	W
78	瑰宝 Guibao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2586 ± 0.0042	W
79	潘诺尼亚 Pannoniavinesa	<i>V. vinifera</i> L.	VI	匈牙利	0.2580 ± 0.0034	W
80	阿克塔尔 Aketaer	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.2548 ± 0.0051	W
81	丽红宝 Lihongbao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2532 ± 0.0392	W
82	李子香 Lizixiang	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2496 ± 0.0045	W
83	京紫晶 Jingzijing	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.2458 ± 0.0041	W

表 1(续)

编号 No.	名称 Cultivars	种类 Species	类型 Group	来源 Origin	$F_v/F_m$	耐热性 Heat tolerance
84	零蛋葡萄 Lingdanputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2372 ± 0.0034	W
85	优无核 Superior Seedless	<i>V. vinifera</i> L.	VI	美国	0.2330 ± 0.0035	W
86	红葡萄 Hongputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.2314 ± 0.0046	W
87	紫珍珠 Zizhenzhu	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.2190 ± 0.0050	W
88	亚历山大 Alexandria	<i>V. vinifera</i> L.	VI	埃及	0.2172 ± 0.0041	W
89	马热子 Marezi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.2150 ± 0.0045	W
90	赤霞珠 Cabernet Sauvignon	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.2024 ± 0.0030	W
91	吾家克阿衣 Wujiakeayi	<i>V. vinifera</i> L.	VI	不详	0.1878 ± 0.0037	W
92	伊犁葡萄 Yiliputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1854 ± 0.0057	W
93	桃太郎 Seto Giants	<i>V. vinifera</i> L.	VI	日本	0.1770 ± 0.0072	W
94	白布瑞克 Baiburuike	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.1730 ± 0.0048	W
95	玫瑰香 Muscat Hamburg	<i>V. vinifera</i> L.	VI	英国	0.1700 ± 0.0054	W
96	木纳格 Munage	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1696 ± 0.0043	W
97	白根地 White Burgundy	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.1654 ± 0.0377	W
98	无核白鸡心 Centennial Seedless	<i>V. vinifera</i> L.	VI	美国	0.1614 ± 0.0035	W
99	白比诺 Pinot Blanc	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.1610 ± 0.0042	W
100	金田翡翠 Jintianfeicui	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.1576 ± 0.0034	W
101	奥林匹亚 Olimpia	<i>V. vinifera</i> L.	VI	日本	0.1564 ± 0.0046	W
102	红地球 Red Globe	<i>V. vinifera</i> L.	VI	美国	0.1506 ± 0.0038	W
103	喀什喀尔 Kashikaer	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1472 ± 0.0045	W
104	金田玫瑰 Jintianmeigui	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.1426 ± 0.0040	W
105	瓶儿 Pinger	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.1426 ± 0.0055	W
106	秋黑宝 Qiuheibao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.1330 ± 0.0043	W
107	索索葡萄 Suosuoputao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1324 ± 0.0040	W
108	金田红 Jintianhong	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河北	0.1258 ± 0.0041	W
109	早黑宝 Zaoheibao	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国山西	0.1234 ± 0.0308	W
110	驴奶(雌) Lvnai(Ci)	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国	0.1218 ± 0.0034	W
111	白喀什喀尔 Baikashikaer	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1144 ± 0.0361	W
112	郑州早玉 Zhengzhouzaoyu	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河南	0.1116 ± 0.0027	W
113	90—1	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国河南	0.1094 ± 0.0464	W
114	红马奶 Hongmanai	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国新疆	0.1006 ± 0.0178	W
115	京秀 Jingxiu	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.0970 ± 0.0141	W
116	梅鹿辄 Merlot	<i>V. vinifera</i> L.	VI	法国	0.0824 ± 0.0084	W
117	京早晶 Jingzaojing	<i>V. vinifera</i> L.	VI	中国北京	0.0792 ± 0.0220	W
118	宝光 Baoguang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.5828 ± 0.0043	S
119	金峰 Jinfeng	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.5722 ± 0.0048	S
120	巨峰 Kyoho	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.5674 ± 0.0067	S
121	京亚 Jingya	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国北京	0.5526 ± 0.0047	S
122	霞光 Xianguang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.5368 ± 0.0034	S
123	8611	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.5294 ± 0.0034	S
124	着色香 Zhuosexiang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.5206 ± 0.0063	S

表 1(续)

编号 No.	名称 Cultivars	种类 Species	类型 Group	来源 Origin	$F_v/F_m$	耐热性 Heat tolerance
125	沈农香丰 Shennongxiangfeng	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.5110 ± 0.0045	S
126	沪培 2 号 Hupei No. 2	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国上海	0.5024 ± 0.0032	S
127	红香蕉 Hongxiangjiao	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国山东	0.5010 ± 0.0047	S
128	瑰香怡 Guixiangyi	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.4888 ± 0.0069	M
129	沈农硕丰 Shennongshuofeng	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.4886 ± 0.0044	M
130	峰后 Fenghou	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.4852 ± 0.0048	M
131	申秀 Shenxiu	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国上海	0.4646 ± 0.0047	M
132	醉人香 Zuirenxiang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国甘肃	0.4448 ± 0.0047	M
133	早康可 Early Concord	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	不详	0.4418 ± 0.0027	M
134	贵妃玫瑰 Guifeimeigui	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国山东	0.4402 ± 0.0058	M
135	摩尔多瓦 Moldova	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	摩尔多瓦	0.4370 ± 0.0052	M
136	尼加拉 Nigara	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	美国	0.4166 ± 0.0040	M
137	峰光 Fengguang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.4142 ± 0.0030	M
138	黑奥林 Black Olimpia	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.4128 ± 0.0032	M
139	京优 Jingyou	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国北京	0.4124 ± 0.0036	M
140	田野黑 Tano Black	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.4110 ± 0.0052	M
141	甜峰 Tianfeng	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国吉林	0.4074 ± 0.0040	M
142	黑色甜菜 Black Beet	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.4022 ± 0.0065	M
143	玫瑰蜜 Rose Honey	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	法国	0.3982 ± 0.0039	M
144	红双味 Hongshuangwei	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国山东	0.3964 ± 0.0054	M
145	辽峰 Liaofeng	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.3934 ± 0.0027	M
146	阳光玫瑰 Shine Muscat	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.3916 ± 0.0056	M
147	藤稔 Fujiminori	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.3842 ± 0.0047	M
148	8612	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.3508 ± 0.0043	M
149	康拜尔 Champbell	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	美国	0.3492 ± 0.0066	M
150	紫珍香 Zizhenxiang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.3116 ± 0.0061	M
151	状元红 Zhuangyuanhong	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.3054 ± 0.0048	M
152	茉莉香 Molixiang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.2918 ± 0.0049	W
153	夕阳红 Xiyanghong	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.2806 ± 0.0059	W
154	巨玫瑰 Jumeigui	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国辽宁	0.2786 ± 0.0069	W
155	艾尔威因 Roudingxiang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	不详	0.2704 ± 0.0052	W
156	红富士 Benni fuji	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.2464 ± 0.0054	W
157	蜜光 Miguang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.2276 ± 0.0030	W
158	沪培 1 号 Hupei No. 1	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国上海	0.2182 ± 0.0041	W
159	早巨选 Shimomura Kyoho seedling	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.2010 ± 0.0042	W
160	春光 Chunguang	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国河北	0.1990 ± 0.0025	W
161	夏黑 Summer Black	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.1610 ± 0.0053	W
162	二伯娜 Urbana	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	不详	0.1464 ± 0.0050	W
163	金手指 Gold Finger	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	日本	0.1254 ± 0.0190	W
164	户太 8 号 Hutai No. 8	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. labrusca</i>	VL	中国陕西	0.0996 ± 0.0183	W
165	熊岳白葡萄 Xiongyuebai	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. amurensis</i>	VA	中国辽宁	0.5392 ± 0.0020	S
166	北醇 Beichun	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. amurensis</i>	VA	中国北京	0.5328 ± 0.0030	S
167	北红 Beihong	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. amurensis</i>	VA	中国北京	0.4074 ± 0.0038	M

表 1(续)

编号 No.	名称 Cultivars	种类 Species	类型 Group	来源 Origin	$F_v/F_m$	耐热性 Heat tolerance
168	北玫 Beimei	<i>V. vinifera</i> L. × <i>V. amurensis</i>	VA	中国北京	0.3774 ± 0.0034	M
169	腺枝葡萄-双溪 03Xianzhi-Shuangxi03	<i>V. adenoclada</i> Hand. -Mazz.	EA	中国河南	0.6836 ± 0.0087	S
170	刺葡萄-梅岭山 1301 Ciptutao-Meilingshan1301	<i>V. davidii</i> ( Rom. Caill. ) Foëx	EA	中国江西	0.6816 ± 0.007	S
171	菱叶葡萄 0945 Lingyeputao0945	<i>V. hancockii</i> Hance	EA	中国	0.6548 ± 0.0084	S
172	毛葡萄-广西 Maoputao-Guangxi	<i>V. heyneana</i> Roem. & Schult.	EA	中国广西	0.6520 ± 0.0068	S
173	华东葡萄-资源雌 Huadongputao-Ziyuanci	<i>V. pseudoreticulata</i> W. T. Wang	EA	中国广西	0.6348 ± 0.0072	S
174	桦叶葡萄-灵宝雄 Huayeputao-Lingbaoxiong	<i>V. betulifolia</i> Diels & Gilg	EA	中国河南	0.6272 ± 0.0053	S
175	桑叶葡萄-青天河 4 号 Sangyeputao-Qingtianhe No. 4	<i>V. heyneana</i> Roem. & Schult. subsp. <i>ficifolia</i>	EA	中国河南	0.6268 ± 0.0073	S
176	变叶葡萄-石板岩雌 Bianyeputao-Shibanyanci	<i>V. piasezkii</i> Maxim.	EA	中国河南	0.6158 ± 0.0057	S
177	变叶葡萄 0958 Bianyeputao0958	<i>V. piasezkii</i> Maxim.	EA	中国	0.6014 ± 0.0081	S
178	武汉葡萄-南召 1 号 Wuhanputao-Nanzhao No. 1	<i>V. wuhanensis</i> C. L. Li	EA	中国湖北	0.5622 ± 0.0093	S
179	网脉葡萄-宝天曼 1 号 Wangmaiputao-Baotianman No. 1	<i>V. wilsonae</i> H. J. Weitch	EA	中国河南	0.5606 ± 0.0094	S
180	桦叶葡萄-龙峪湾雄 Huayeputao-Longyuwanxiong	<i>V. betulifolia</i> Diels & Gilg	EA	中国河南	0.5434 ± 0.0056	S
181	秋葡萄-青要山 Qiuputao-Qingyaoshan	<i>V. romanetii</i> Rom. Caill.	EA	中国河南	0.5358 ± 0.0045	S
182	毛葡萄-南湾湖 Maoputao-Nanwanhu	<i>V. heyneana</i> Roem. & Schult.	EA	中国河南	0.5276 ± 0.0086	S
183	美丽葡萄 1104 Meiliputao1104	<i>V. bellula</i> ( Rehder) W. T. Wang	EA	中国	0.5060 ± 0.0082	S
184	夔夔-泰安 WT-13 Yingyu-TaianWT-13	<i>V. adstricta</i> Hance	EA	中国山东	0.4928 ± 0.0096	M
185	桑叶葡萄-九里沟 1401 Sangyeputao-Jiuligou1401	<i>V. heyneana</i> Roem. & Schult. subsp. <i>ficifolia</i>	EA	中国河南	0.4252 ± 0.0094	M
186	香槟 Champion	<i>V. labrusca</i> L.	NA	美国	0.4854 ± 0.0051	M
187	Concord sport	<i>V. labrusca</i> L.	NA	不详	0.4840 ± 0.0039	M
188	河岸葡萄 0899 Heanputao0899	<i>V. riparia</i> Michx.	NA	美国	0.4216 ± 0.0035	M
189	康可 Concord Chatauqua	<i>V. labrusca</i> L.	NA	美国	0.3542 ± 0.0056	M
190		<i>V. labrusca</i> L.	NA	不详	0.2748 ± 0.0030	W
191	沙地葡萄 Shadiputao	<i>V. rupestris</i> Scheele	NA	美国	0.2596 ± 0.0042	W
192	弗莱 Fry	<i>V. rotundifolia</i> Michx.	RO	美国	0.5526 ± 0.0094	S
193	普莱德 Pride	<i>V. rotundifolia</i> Michx.	RO	美国	0.5082 ± 0.0055	S
194	朱姆博 Jumbo	<i>V. rotundifolia</i> Michx.	RO	美国	0.3926 ± 0.0031	M
195	萨米特 Summit	<i>V. rotundifolia</i> Michx.	RO	美国	0.3218 ± 0.0074	M
196	代克赛 Dixie	<i>V. rotundifolia</i> Michx.	RO	美国	0.2858 ± 0.0041	W

VL:欧美杂交种,VI:欧亚种群,VA:山欧杂交种,NA:北美种群,EA:东亚种群,RO:圆叶葡萄,S:强,M:中,W:弱

VL: *V. vinifera* × *V. labrusca*, VI: *V. vinifera* L., VA: *V. vinifera* × *V. amurensis*, NA: Northern American wild grapes, EA: East-Asian wild grapes, RO: *V. rotundifolia* Michx., S: Strong, M: Medium, W: Weak

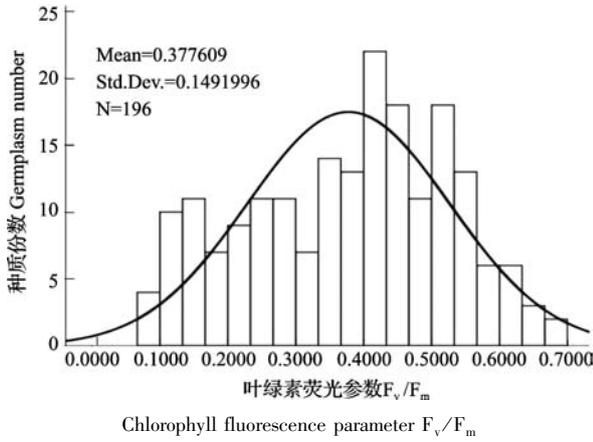


图 1 不同葡萄品种耐热性叶绿素荧光动力参数  $F_v/F_m$  次数分布图

Fig. 1 Distribution plot for heat tolerance of grape germplasm using the chlorophyll fluorescence parameter  $F_v/F_m$

2.2 葡萄种质资源的耐热性分级与种质筛选

采用有序样本最优分割聚类法,对叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值进行分类,从而得到所有种质耐热性的最优分割误差函数及分类结果(表 2),将分割的误差函数和分级数作散点坐标图(图 2),由图 2 可知,曲线拐点在 3~4 之间,如果分级数再增加,误差函数基本趋于稳定。鉴于葡萄耐热性叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  的跨度范围较少,初步将其分级为 3 级,并进行  $F$  检验,结果表明,各分级在 0.01 信度水平下差异极显著,为此确定为最优 3 级分割,并将其耐热性级别分为弱、中、强 3 种类型,叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  阈值四舍五入后分别对应  $\leq 0.3$ 、 $(0.3, 0.5]$ 、 $> 0.5$ ,根据该标准,筛选出耐热性强种质 48 份,中等耐热种质 85 份,耐热性弱种质 63 份,所占比例分别为 24.5%、43.4% 和 32.1%。其中耐热性强的种质有腺枝葡萄双溪 03、刺葡萄梅岭山 1301、毛葡萄广西、宝光、金峰、和田绿葡萄、熊岳白葡萄等,可为葡萄抗热品种的选育提供理论参考。

表 3 不同类群耐热性叶绿素荧光参数数值  $F_v/F_m$

Table 3 Heat tolerance of different group evaluated by using the chlorophyll fluorescence parameter  $F_v/F_m$

序号 No.	类群 Group	数量 Amount	$F_v/F_m$
1	东亚种群 East-Asian wild grapes	17	0.5842 ± 0.0727a
2	山欧杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. amurensis</i>	4	0.4642 ± 0.8385ab
3	圆叶葡萄 <i>V. rotundifolia</i> Michx.	5	0.4178 ± 0.1107b
4	欧美杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	47	0.3824 ± 0.1278b
5	北美种群 Northern American wild grapes	6	0.3799 ± 0.9989b
6	欧亚种群 <i>V. vinifera</i> L.	117	0.3409 ± 0.1492b

不同字母表示经邓肯检验种类间在  $\alpha = 0.05$  水平上差异显著

Different letters represent significant difference at  $\alpha = 0.05$  level in different group according to Duncan test

表 2 不同分类数下的  $F_v/F_m$  的分类结果

Table 2 Classification results of  $F_v/F_m$  under different cluster numbers

分类数 Cluster number	误差函数 Error function	最优分割结果 Optimal segmentation results
2	7.7061	1 ~ 86, 87 ~ 196
3	3.4022	1 ~ 64, 65 ~ 134, 135 ~ 196
4	2.0023	1 ~ 41, 42 ~ 86, 87 ~ 145, 146 ~ 196
5	1.2667	1 ~ 34, 35 ~ 70, 71 ~ 115, 116 ~ 156, 157 ~ 196
6	0.9076	1 ~ 34, 35 ~ 67, 68 ~ 101, 102 ~ 137, 138 ~ 172, 173 ~ 196
7	0.6676	1 ~ 31, 32 ~ 61, 62 ~ 86, 87 ~ 118, 119 ~ 148, 149 ~ 179, 180 ~ 196

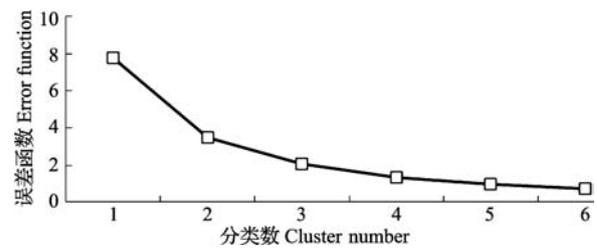


图 2 不同  $F_v/F_m$  分类数的误差函数

Fig. 2 Error function of cluster number of  $F_v/F_m$

2.3 不同葡萄类群(型)间耐热性分析

葡萄属植物在长期的进化过程中形成了适应大自然环境的生态习性。研究表明,不同类群(型)的抗热性差异较大,整体上,起源于我国的东亚种群葡萄抗热性较强,其次是山欧杂交种,圆叶葡萄、欧美杂交种、北美种群葡萄次之,欧亚种群葡萄耐热性最差(表 3)。结合表 1 表明,我国的许多葡萄地方

品种如和田绿葡萄、红瓶儿、和田红、红破黄、红木纳格、西营、牛心、紫鸡心、绿木纳格耐热性也较强,可以在葡萄抗性育种中加以利用。

### 3 讨论

有研究表明,葡萄其最适生长温度为 25 ~ 30 °C<sup>[18]</sup>。随着全球气候变暖,高温胁迫作为主要的非生物胁迫因素之一,在国内外许多重要的葡萄和葡萄酒产区都有直接或间接的影响,温度升高,一方面,使葡萄的生长期提前,果实含糖量增加,但另一方面造成叶片早衰、葡萄或葡萄酒的质量降低,更可能导致个别葡萄品种不再适合在该地区种植<sup>[19-23]</sup>,因此,利用植物的生理防御机制开展耐热新品种的选育,对于植物抵御高温胁迫并解决高温胁迫下植物的生产问题有重要意义。

前期的人工控温实验表明:将葡萄置于 35 °C 的人工气候箱中,其光系统 II (PS II) 活性与热激蛋白 (HSPs) 基因表达水平均未发生变化,当周边温度高于 40 °C 时,PS II 的保护机制被激活,与 HSPs 相关基因以及一些与植物非生物胁迫相关的基因表达水平开始上调<sup>[24-25]</sup>。PS II 是容易受到高温胁迫伤害的位点,通过测量 PS II 最大光化学量子产量  $F_v/F_m$  进而间接了解植物的耐热水平。叶绿素荧光动力学参数法是一种快速、灵敏、操作简便的评价葡萄热伤害程度的方法,并且该方法在不同年份和月份的重复性也较高<sup>[26]</sup>。利用该方法对 196 份葡萄的耐热性鉴定表明,其叶绿素荧光参数值  $F_v/F_m$  分布范围在 0.0792 ~ 0.6836 之间,耐热性性状符合正态分布,呈连续分布,这也说明葡萄耐热性为多基因控制的数量性状。与 H. G. Xu 等<sup>[26]</sup>利用耐热性差异较大的北丰和烟 73 杂交群体后代获得的鉴定结果是一致的,可以利用不同耐热水平的杂交群体开展后续的耐热基因的 QTL 定位研究。

有序样品最优分割聚类法是按照样品序号和确保样品组内相似性最大,而样品组间的相似性最小为标准,对全部样品进行分类,因而其结果是全局最优的,在分级分类研究中应用较广<sup>[27]</sup>。李德等<sup>[28-29]</sup>利用有序样品聚类法通过以连阴雨综合指数为分类因子,确定了冬小麦灌浆期连阴雨灾害的等级指标和分级标准,通过构建高温热害综合气候指数,确定了夏玉米花期高温热害气候指标及其分级标准,为作物灾害监测预警和田间调查与评估提供技术支持。王信增等<sup>[30]</sup>基于有序样品聚类法,对黄土高原丘陵沟壑区的土壤水分剖面进行了分层,表明分层

结果符合土壤水分垂直分布实际,说明该方法的合理性。杨华等<sup>[31]</sup>通过有序样品聚类法分析了单叶省藤 (*Calamus simplicifolius* C. F. Wei) 幼苗的生长规律,将苗木生长划分为 5 个阶段,对其苗期生产管理具有一定的指导意义。通过有序样品聚类分析,本研究将葡萄耐热性级别分为弱、中、强 3 种类型,叶片叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  阈值分别对应  $\leq 0.3$ 、 $(0.3, 0.5]$ 、 $> 0.5$ ,对于后期开展葡萄新种质的耐热性评价具有一定的参考意义。在 196 份葡萄种质资源中,筛选出的抗热种质和较抗热种质为 133 份,占总比例的 67.9%,说明我国保存的葡萄种质资源整体抗热性较强。

有研究表明,经过环境驯化能够提高植物的耐热临界点温度<sup>[19]</sup>,葡萄属植物在长期的进化过程中形成了适应大自然环境的生态习性,不同种类的耐热性差异较大。本研究结果表明,在高温胁迫 (47 °C) 下,所选取的葡萄种质的整体耐热性为:东亚种群 > 山欧杂交种 > 圆叶葡萄 > 欧美杂交种 > 美洲种群 > 欧亚种群。起源于我国的野生葡萄耐热性整体上高于其他种类,在欧亚种群中,一些东方种群品种如和田绿葡萄、红瓶儿、和田红、红破黄、红木纳格、西营、牛心、紫鸡心、绿木纳格耐热性也较强。出现这样的结果可能是因为葡萄耐热性是数量性状,个体的耐热性易受环境的影响,野生种类普遍具有较强的抗逆性应该是长期自然选择的结果,而部分东方种群品种在我国新疆等地区长期栽培,耐热性强也是长期驯化的结果,这与 H. G. Xu 等<sup>[26]</sup>得到的实验结果较为一致。本研究以国家果树种质郑州葡萄圃中的种质资源为基础,品种选择更有代表性,范围更广,筛选出了一系列的耐热品种,对于开展葡萄耐高温机理、耐热基因的定位以及耐高温品种选育具有一定的指导意义。

### 参考文献

- [1] 李晓东,何卿,郑先波,等. 葡萄白藜芦醇研究进展[J]. 园艺学报,2011,38(1):171-184
- [2] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis//Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013
- [3] 赵森,于江辉,周浩,等. 抽穗开花期耐高温的爪哇稻资源筛选[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(3):384-389
- [4] 罗海波,马苓,段伟,等. 高温胁迫对‘赤霞珠’葡萄光合作用的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(13):2744-2750
- [5] 张睿佳,李瑛,虞秀明,等. 高温胁迫与外源油菜素内酯对‘巨峰’葡萄叶片光合生理和果实品质的影响[J]. 果树学报,2015,32(4):590-596
- [6] 马晓娣,彭惠茹,汪矛,等. 作物耐热性的评价[J]. 植物学通报,2004,21(4):411-418

- [7] 刘克禄,陈卫国. 植物耐热相关基因研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(1):127-132
- [8] 林俊芳,钟凤林,胡海非,等. 茄子苗期耐热性的模糊综合评判[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(2):389-394
- [9] Sheikh S, Behl R, Dhanda S, et al. Membrane thermostability and chlorophyll fluorescence as indices of high temperature stress tolerance and performance in wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Cereal Res Commun, 2010, 38(3):335-334
- [10] 汪炳良,徐敏,史庆华,等. 高温胁迫对早熟花椰菜叶片抗氧化系统和叶绿素及其荧光参数的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(8):1245-1250
- [11] 郭延平,周慧芬,曾光辉,等. 高温胁迫对柑橘光合速率和光系统 II 活性的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(6):867-870
- [12] Stefanov D, Petkova V, Denev I D. Screening for heat tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines and cultivars using JIP-test [J]. Sci Hort Amsterdam, 2011, 128(1):1-6
- [13] 徐洪国. 葡萄耐热性评价及不同耐热性葡萄转录组研究[D]. 北京:中国农业大学,2014
- [14] 刘崇怀,姜建福,樊秀彩,等. 中国野生葡萄资源在生产和育种中利用的概况[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(4):720-727
- [15] 孔庆山. 中国葡萄志[M]. 北京:中国农业科技出版社,2004:28-53
- [16] 姜建福,魏伟,樊秀彩,等. 中国野生葡萄分布状况与保护空缺分析[J]. 果树学报,2011,28(3):413-417
- [17] 陈思婷,郭房庆. 植物耐热性及热激信号转导机制研究进展[J]. 中国科学:生命科学,2013,43(12):1072-1081
- [18] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:60-61
- [19] 查倩,奚晓军,蒋爱丽,等. 高温条件下‘巨玫瑰’葡萄品种叶片表型、可溶性糖和叶绿素荧光特性的研究[J]. 中国农学通报,2015,31(25):118-123
- [20] De-Orduna R M. Climate change associated effects on grape and wine quality and production [J]. Food Res Int, 2010, 43 (7): 1844-1855
- [21] 吴久赞,郭峰,刘翔宇,等. 高温期不同处理对日光温室温度变化及葡萄生长的影响[J]. 北方园艺,2014(15):54-57
- [22] 李华,王艳君,孟军,等. 气候变化对中国酿酒葡萄气候区划的影响[J]. 园艺学报,2009,36(3):313-320
- [23] 新华社. 气候变暖澳大利亚葡萄早熟[J/OL]. [2016-02-24]. [http://www.farmer.com.cn/xwpd/gjdt/201602/t20160224\\_1183110.htm](http://www.farmer.com.cn/xwpd/gjdt/201602/t20160224_1183110.htm)
- [24] Carvalho L C, Coito J L, Colaco S, et al. Heat stress in grapevine: the pros and cons of acclimation [J]. Plant Cell Environ, 2015, 38:777-789
- [25] Zha Q, Xi X J, Jiang A L, et al. Changes in the protective mechanism of photosystem II and molecular regulation in response to high temperature stress in grapevines [J]. Plant Physiol Biochem, 2016, 101:43-53
- [26] Xu H G, Liu G J, Liu G T, et al. Comparison of investigation methods of heat injury in grapevine (*Vitis*) and assessment to heat tolerance in different cultivars and species [J]. BMC Plant Biol, 2014(14):156
- [27] 尹玲,张文斌,许才国. 基于有序样本最优分割法的女性体型分类[J]. 纺织学报,2014,35(9):114-119
- [28] 李德,景元书,祁宦. 安徽省冬小麦灌浆期连阴雨灾害等级指标的确定[J]. 中国农学通报,2015,31(9):56-62
- [29] 李德,孙义,孙有丰. 淮北平原夏玉米花期高温热害综合气候指标研究[J]. 中国生态农业学报,2015,23(8):1035-1044
- [30] 王信增,焦峰. 基于有序聚类法的土壤水分剖面划分[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(2):191-201
- [31] 杨华,宋绪忠,杨锦昌,等. 单叶省藤苗期的生长规律[J]. 广西植物,2009,29(4):493-496