

利用低温放热法分析8个葡萄砧木和6个栽培品种芽的抗寒性

高 振, 翟 衡, 臧兴隆, 朱化平, 杜远鹏*

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

摘 要: 采用差热分析系统 (Differential Thermal Analysis, DTA) 对不同葡萄砧木和栽培品种进行低温放热分析 (Low temperature exotherms analysis, LTE), 建立各品种芽的温度—伤害度 LT-I (Lethal Temperature - Injury) 回归直线。回归方程斜率 (lethal temperature coefficient, Qlt) 代表温度每降低 1 °C 芽增加的伤害程度, 反应不同品种对降温的敏感性。利用隶属函数法对 LT20 ~ LT80 进行排序, 发现赤霞珠芽抗寒性最差, 摩尔多瓦次之, 威代尔、香赛罗、110R、3309C、140Ru、北醇、1103P 和 101-14 Mgt 抗寒性强, Frontenac、贝达、5BB 和 SO4 抗寒性最强; 深休眠后的葡萄芽抗寒性增强, 1 月中旬芽的抗寒性明显强于 11 月末的芽。

关键词: 葡萄; 芽; 抗寒性; 差异温度分析系统; 低温放热; LT-I 回归直线

中图分类号: S 663.1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2014) 01-0017-09

Using Differential Thermal Analysis to Analyze Grape Buds Cold Hardiness of 8 Rootstocks and 6 Cultivars

GAO Zhen, ZHAI Heng, ZANG Xing-long, ZHU Hua-ping, and DU Yuan-peng*

(College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: China is cold and little snow in winter as a continental monsoon climate, cold damage to grapes often occurs in northern regions. Freezing injury reduces grape output significantly, and causes an enormous waste of manpower and material resources due to the requirement for re-plantation in severe cases. The annual minimum temperature occurs in January and may reach below -15 °C in Shandong Province where belongs to the buried critical areas. Although commercial grape production in Shandong predominantly relies on own-rooted plants, there is an interest in grafting to rootstocks for its higher cold hardiness. Therefore, comparing grape hardiness in same period to filter out the strong cold resistance varieties for production is very important and imminent. We evaluated buds cold hardiness of 8 rootstocks and 6 cultivars in this study, which aims to screen out strong cold hardiness rootstocks and cultivars. A system for Differential Thermal Analysis (DTA) was applied for Low Temperature Exotherms (LTE) analysis of buds of several grape varieties, and the regression line of temperature-injury (LT-I) of buds was established. LTE analysis, which can be used to compare the cold hardiness of different plant

收稿日期: 2013-07-09; 修回日期: 2013-12-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (CARS-30); 长江学者和创新团队发展计划项目 (IRT1155)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: duyuanpeng001@163.com)

varieties, has been undergoing improvement since the 1970s. Initially, the half-lethal temperature (LT_{50}), LT_{10} or LT_{90} was applied to analyze initial low-temperature exothermic data, but these values failed to fully reflect the cold hardiness of different varieties. LT - I analysis obtained by LTE method could make an overall evaluation of grapevine cold hardiness, and lethal temperature coefficient (Qlt) is calculated as the slope of the linear portion of the LT - I regression line within 20% to 80% injury, the range of importance to plant survival and production. Qlt represents the rate of injury increase for one-degree decrease of lethal temperature (LT), could reflect the sensitivity of varieties to low temperature. The order of Qlt of buds was Chancellor < 5BB < Frontenac < Beichun < SO4 < Vidal < 101-14Mgt < Beta < 3309C < 140Ru < Moldova < Cabernet Sauvignon < 110R < 1103P; The buds 50% lethal temperature of different cultivars was in the order of Cabernet Sauvignon > Moldova > Vidal > Chancellor > 110R > 1103P > 3309C > 140Ru > Beichun > 101-14 Mgt > Frontenac > Beta > 5BB > SO4. A comprehensive evaluation on LT_{20} to LT_{80} of different varieties were analyzed by subordinate function value analysis. The result indicated that the buds of Cabernet Sauvignon had the worst cold hardiness, followed by Moldova, Vidal, Chancellor, 110R, 3309C, 140Ru, Beichun, 1103P and 101-14M, while Frontenac, Beta, 5BB and SO4 had the best cold hardiness. Buds in deep dormancy had a better cold hardiness, characterized by the buds cold hardiness in January were better than in November.

Key words: grapevine; bud; cold hardiness; differential thermal analysis; low temperature exotherms analysis; lethal temperature-injury

低温冻害是限制葡萄生产和栽培区域的最主要环境因素之一。发生冻害后,葡萄产量明显降低,严重影响效益 (Clore et al., 1974; Zabadal et al., 2007; Warmund et al., 2008)。推广抗寒砧木和抗寒栽培品种是抵御冻害发生的有效途径。葡萄抗寒性鉴定包括田间鉴定和室内鉴定两种方法。田间鉴定受外界环境因素影响较大,而室内在可控环境下测量,大大提高了试验的简便性和可操控性,其中应用低温放热法比较葡萄组织抗寒性的技术在国外较为成熟,但由于其设备条件要求较高,在中国研究利用的报道基本没有。低温放热法指采用差热分析系统,即人工控制气候箱程序降温使葡萄组织结冰放热,并且监测记录放热温度,从而鉴定不同品种的抗寒性 (Quamme, 1973; Pierquet et al., 1977; Pierquet & Stushnoff, 1980; Bourne & Moore, 1991; Wolf & Cook, 1991; Gu, 1999; Gu et al., 2002; Guy, 2003)。

葡萄植株中,冬芽特别是主芽的冻害直接影响来年的产量,而主芽的抗寒性与整个葡萄植株的抗寒性密切相关 (Wolpert & Howell, 1984)。以往国内外大都应用 LT_{50} (芽低温放热温度的平均值) 或者 LT_{20} 来比较不同品种芽的抗寒性 (Proebsting et al., 1980; Wample & Bary, 1992; Jones et al., 1999; Wample et al., 2001; 张善江和 Kaps, 2005; Mills et al., 2006; Ferguson et al., 2011), 但容易出现误判,且丢失大量信息 (Gu, 1999)。Gu (1999) 采用 LT - I (lethal temperature-injury) 分析芽的低温放热数据,更好地诠释了酿酒葡萄品种芽的抗寒性,其中 LT 为自变量,代表外界温度, I 为因变量,代表芽受冻程度。本研究中使用 LT - I 数据分析方法的基础上采用隶属函数度法综合评价 8 个常用砧木和 6 个栽培品种芽的抗寒性,以期筛选出抗寒性强的砧木和栽培品种进行推广应用。

1 材料与方方法

1.1 材料及取样

试材均取自山东农业大学园艺试验站葡萄园,株龄 2 ~ 3 年。2012 年 11 月 28 日取 140Ru (*Vitis*

berlandieri × *V. rupestris*), 威代尔 (Vidal, 欧美杂交种 *V. vinifera* - *V. labrusca*) 及 Frontenac (Interspecific crossing) 的芽进行初期抗寒性鉴定。2013 年 1 月 15—16 日扩大采集种类再次取样, 栽培品种包括欧亚种赤霞珠和种间杂种摩尔多瓦 (Moldova, 欧美杂交种 *V. vinifera* × *V. labrusca*)、威代尔、北醇 (Beichun, 山欧杂种 *V. vinifera* × *V. amurensis*)、Frontenac 及香赛罗 (Chancellor, Interspecific crossing); 砧木品种有 SO4, 5BB (*V. berlandieri* × *V. riparia*), 3309C, 101-14Mgt (*V. riparia* × *V. rupestris*), 110R, 1103P, 140Ru 及贝达 (*V. riparia* × *V. labrusca*)。

采集枝条后即时进行试验。削芽时仅带 0.2~0.6 mm 厚的节间组织, 剖面平整, 芽鳞完好, 削后立即放置在有湿纸巾的托盘中, 然后进行低温放热检测。为获得良好的芽外界温度—伤害度曲线, 每品种切下 40~100 个芽进行重复试验 (Gu, 1999; 张善江和 Kaps, 2005)。

1.2 低温放热检测

检测设备为本单位研制组装 (侯加林 等, 2012), 包括程序控制冰箱 (苏州智河环境试验设备有限公司制造, 型号 EHS-100, 工作室尺寸: 500 mm × 500 mm × 400 mm, 工作范围: -40~150 °C, 温度波动度: ±0.5 °C), 27 个热电模块; 数据通过差异温度分析系统 (DTA) 处理。试验时每组样品 4~6 个芽随机置于 1 个热电模块, 可同时检测 27 个样本或处理。设置程序降温: 室温 → -4 °C, 1 h → -4 °C, 保持 1 h → -4 °C → -40 °C, 9 h → -40 °C, 1 h → 结束 (Quamme, 1973; Andrews et al., 1984; Mills et al., 2006)。芽的致死温度为低温放热高峰出现时所对应的外界温度值 (张善江和 Kaps, 2005; Mills et al., 2006)。

1.3 褐变率检测

剪取 ‘威代尔’ 及 ‘140Ru’ 枝条, 每枝条 4 个芽, 每组 25 个, 共 8 组。置程控冰箱, 处理温度分别为 -14、-16、-18、-20、-22、-24 和 -26 °C。由室温降到目的温度后保持 2 h, 然后升到 4 °C, 升降速率均为 4 °C · h⁻¹, 于 4 °C 保持 12 h, 然后室温下放置 12 h, 统计褐变率。

1.4 数据分析

根据 Gu (1999) 分析芽抗寒性方法进行 LT-I 回归分析, 对回归系数, 即回归直线的斜率 (Lethal temperature coefficient, Qlt) 采用 Bruin (2006) 的方法进行差异性分析 (表 1, 表 2)。对各品种芽所有的低温放热温度数据进行方差分析 (表 2); 表 3 中不同温度下各品种的伤害度由 LT-I 所得; 表 4 中不同伤害度下各品种的温度由 LT-I 所得, 并应用隶属函数度法 (高爱农 等, 2000; 史清华 等, 2003) 综合评价芽的抗寒性。

隶属函数法综合评价芽不同伤害度下的温度值 (The lethal temperature in different injury degree, LT_S), 其公式为: $U_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ 。式中 i 表示某个品种; j 表示某项指标; 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_{jmin} 表示所有种类 j 指标的最小值; X_{jmax} 表示所有种类 j 指标的最大值。根据上述公式先分别计算出各品种 LT_S 的隶属度, 然后取不同品种 LT_S 指标的算术平均数作为平均隶属度进行排序。

2 结果与分析

2.1 不同时期 3 个葡萄品种的 LT-I 差异

对 11 月底和 1 月中旬时期的 3 个品种 Frontenac、140Ru 及威代尔芽分别进行 LT-I 分析 (表 1), 结果显示 1 月中旬芽的抗寒性明显强于 11 月底, 11 月底三者的 LT₅₀ 分别为 -21.78、-21.41 和

-17.94 °C, 1 月中旬 LT₅₀ 分别为 -26.32、-23.58 和 -22.05 °C, 均差异极显著, 差值分别为 4.54、2.17 和 4.11 °C; 而 Qlt 则分别增加了 3.63、4.03 和 4.29, 其中 LT₅₀ 是对芽的所有低温放热温度进行方差分析所得, Qlt 代表温度每降低 1 °C 芽伤害度增加的速率, 由 20% ~ 80% 芽伤害度和对相应温度回归分析所得 (表 1, 表 2)。

表 1 3 个葡萄品种在不同时期芽的外界温度—伤害度回归直线

Table 1 Bud LT - I of three varieties in different periods

品种 Variety	时期 Time	外界温度—伤害度回归直线 LT - I	决定系数 R ²	回归方程斜率 Qlt	芽半致死温度 LT ₅₀ /°C
Frontenac	2012-11-28	y = - 18.10x - 344.24	0.9807	- 18.1	- 21.78
	2013-01-15	y = - 14.47x - 330.90	0.9601	- 14.47**	- 26.32**
140Ru	2012-11-28	y = - 14.17x - 253.35	0.966	- 14.17	- 21.41
	2013-01-15	y = - 10.14x - 189.06	0.9839	- 10.14**	- 23.58**
威代尔 Vidal	2012-11-28	y = - 16.49x - 245.84	0.95	- 16.49	- 17.94
	2013-01-15	y = - 12.20x - 219.03	0.9359	12.20**	- 22.05**

** 代表同一品种不同时期差异极显著。

** Mean relationship of same variety in different periods is highly significant.

表 2 不同品种芽 1 月中旬抗寒性 (基于 LT - I)

Table 2 Bud cold hardness of different grape varieties in the middle of January (based on LT - I)

品种 Variety	外界温度—伤害度回归 直线 LT - I	决定系数 R ²	回归方程斜率 Qlt	芽半致死温度/°C LT ₅₀	LT ₂₀ ~ LT ₈₀ /°C	LT ₂₀ - LT ₈₀ /°C
赤霞珠 Cabernet Sauvignon	y = - 9.52x - 110.23	0.9756	- 9.52 BC	- 16.83 A	- 13.68 ~ - 19.98	6.30
摩尔多瓦 Moldova	y = - 10.09x - 153.04	0.9833	- 10.09 C	- 20.12 B	- 17.15 ~ - 23.10	5.95
威代尔 Vidal	y = - 12.20x - 219.03	0.9359	- 12.20 FG	- 22.05 C	- 19.59 ~ - 24.51	4.92
香赛罗 Chancellor	y = - 16.11x - 315.73	0.9517	- 16.11 H	- 22.70 C	- 20.84 ~ - 24.56	3.72
110R	y = - 8.73x - 149.19	0.9782	- 8.73 B	- 22.82 CD	- 19.38 ~ - 26.25	6.87
3309C	y = - 10.63x - 198.25	0.9886	- 10.63 CD	- 23.35 CD	- 20.53 ~ - 26.18	5.64
140Ru	Y = - 10.14x - 189.06	0.9839	- 10.14 C	- 23.58 CD	- 20.62 ~ - 26.53	5.92
北醇 Beichun	y = - 13.39x - 273.26	0.9712	- 13.39 G	- 24.14 DE	- 21.90 ~ - 26.38	4.48
1103P	y = - 7.56x - 123.96	0.9861	- 7.56 A	- 23.01 CD	- 19.04 ~ - 26.98	7.94
101-14Mgt	y = - 11.56x - 244.85	0.9930	- 11.56 E	- 25.51 EF	- 22.91 ~ - 28.10	5.19
Frontenac	y = - 14.47x - 330.90	0.9601	- 14.47 GH	- 26.32 FG	- 24.25 ~ - 28.40	4.15
贝达 Beta	y = - 11.34x - 253.44	0.9722	- 11.34 DEF	- 26.76 G	- 24.11 ~ - 29.40	5.29
5BB	y = - 16.02x - 393.11	0.9525	- 16.02 H	- 27.66 G	- 25.79 ~ - 29.53	3.75
SO4	y = - 13.38x - 349.3	0.9787	- 13.38 G	- 29.84 H	- 27.60 ~ - 32.09	4.49

注: 表中不同大写字母表示纵向 1% 显著水平差异。

Note: The data within a column followed by different small letters indicate significant difference at the 1% level.

2.2 不同葡萄资源类型的抗寒性比较

2.2.1 不同葡萄资源类型的低温放热温度指标

从表 2 中可以看出, 不同品种间 1 月中旬的低温放热温度存在极显著差异, LT₅₀ 从高到低为赤霞珠 > 摩尔多瓦 > 威代尔 > 香赛罗 > 110R > 3309C > 140Ru > 北醇 > 1103P > 101-14Mgt > Frontenac > 贝达 > 5BB > SO4, 酿酒葡萄赤霞珠 LT₅₀ 高于 -20 °C, 101-14 Mgt、Frontenac、贝达、5BB 和 SO4 的 LT₅₀ 在 -30 ~ -25 °C 之间, 其他在 -25 ~ -20 °C。SO4 和赤霞珠 LT₅₀ 差别达 -13.01 °C。

Qlt 数据显示芽抵抗降温危害的顺序为: 香赛罗 < 5BB < Frontenac < 北醇 < SO4 < 威代尔 < 101-14Mgt < 贝达 < 3309C < 140Ru < 摩尔多瓦 < 赤霞珠 < 110R < 1103P (表 2)。

Qlt 与 LT₂₀ - LT₈₀ 成显著正相关, 相关系数为 0.973, 说明不同品种芽开始结冰到终止结冰过程温度跨度越大, 抵御降温危害的能力越强。

2.2.2 LT - I 不相交品种的芽体抗寒性比较

在芽伤害度 20% ~ 80% 之间时, 不同品种间芽的外界温度—伤害度回归直线存在相交和不相交

两种情况。从图 1 中看出, 3309C 和香赛罗, 北醇和 1103P 芽的外界温度—伤害度回归直线相交, 存在交叉点, 其他则为不相交。

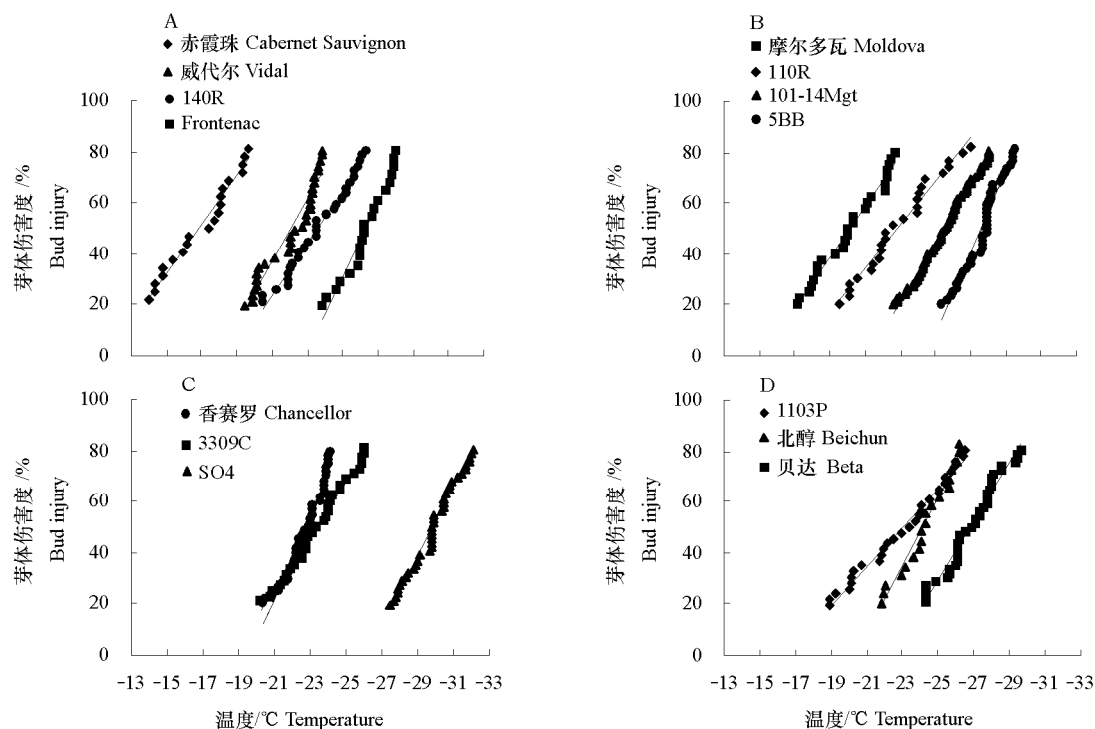


图 1 不同资源芽 1 月中旬的 LT-I

Fig. 1 Bud LT-I of different grape varieties in the middle of January

当品种间芽外界温度—伤害度回归直线不相交时, 可分为 3 种类型。LT₅₀ 和 Qlt 均无显著性差异, 即两品种芽的抗寒性基本相同, 如 3309C 与 140Ru (表 2); Qlt 相同但 LT₅₀ 不同, 即两者 LT-I 平行时, LT₅₀ 越低则芽抗寒性越好, 如 140Ru 芽抗寒性强于赤霞珠, Frontenac 强于威代尔 (图 1, A), 其他如 5BB 强于 Frontenac, 北醇强于 110R; Qlt 和 LT₅₀ 都不同时, 类似平行, LT₅₀ 低则代表抗寒性更好, 且 Qlt 越小则代表当温度下降同样幅度时受到的伤害越大, 如威代尔、Frontenac 均强于赤霞珠 (图 1, A), 5BB 强于摩尔多瓦、110R 和 101-14Mgt, 101-14Mgt 则强于摩尔多瓦、110R, 110R 强于摩尔多瓦 (图 1, B)。

表 3 不同葡萄砧木及品种芽在程序降温下的伤害度

Table 3 Computation of bud injury of different grape varieties at different low temperatures

/%

品种 Varieties	-14℃	-16℃	-18℃	-20℃	-22℃	-24℃	-26℃	-28℃	-30℃	-32℃	-34℃
赤霞珠 Cabernet Sauvignon	23.05	42.09	61.13	80.17	99.21	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
摩尔多瓦 Moldova	0	8.40	28.58	48.76	68.94	89.12	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
威代尔 Vidal	0	0	0.57	24.97	49.37	73.77	98.17	100.00	100.00	100.00	100.00
香赛罗 Chancellor	0	0	0	6.47	38.69	70.91	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
110R	0	0	7.95	25.41	42.87	60.33	77.79	95.25	100.00	100.00	100.00
3309C	0	0	0	14.35	35.61	56.87	78.13	99.39	100.00	100.00	100.00
140Ru	0	0	0	13.74	34.02	54.30	74.58	94.86	100.00	100.00	100.00
北醇 Beichun	0	0	0	0	21.32	48.10	74.88	100.00	100.00	100.00	100.00
1103P	0	0	12.12	27.24	42.36	57.48	72.60	87.72	100.00	100.00	100.00
101-14 Mgt	0	0	0	0	9.47	32.59	55.71	78.83	100.00	100.00	100.00
Frontenac	0	0	0	0	0	16.38	45.32	74.26	100.00	100.00	100.00
贝达 Beta	0	0	0	0	0	18.72	41.40	64.08	86.76	100.00	100.00
5BB	0	0	0	0	0	0	23.41	55.45	87.49	100.00	100.00
SO4	0	0	0	0	0	0	0	25.34	52.10	78.86	100.00

2.3 不同葡萄砧木及品种芽在程序降温下的伤害度比较

根据各砧木及品种 LT-I 回归直线（表 2），求得不同温度下的伤害度，其中把伤害度小于 0% 的记为 0，大于 100% 的记为 100%（表 3）。生产中一般认为芽受伤害程度大于 20% 开始对生产表现出影响，从表 3 中可以看出，赤霞珠在 -14 °C 时的伤害度达到 23.05%，其次为摩尔多瓦，芽受到 20% 伤害度的温度低于 -18 °C，而砧木芽受到 20% 伤害度的温度均低于 -20 °C，尤其是贝达、Frontenac、5BB 和 SO4 在温度低于 -25 °C 后才造成 20% 以上的伤害度。

当温度降至 -24 °C 时，赤霞珠的芽已经全部死亡，摩尔多瓦、威代尔和香赛罗伤害度均在 70% 以上，而 110R、3309C、140Ru、北醇和 1103P 伤害度在 48% ~ 60%，仍有接近一半的芽可以安全越冬，尤其是 Frontenac 和贝达的伤害度分别为 16.38% 和 18.72%，这基本不会影响第 2 年的萌芽，5BB 和 SO4 则完全不受影响。

2.4 LT-I 分析葡萄芽抗寒性的准确性检验

表 5 中，随着处理温度的降低，140Ru 和威代尔芽的观察褐变率提高，且与 LT-I 分析（表 1）得到的相应温度下的褐变率基本一致，二者呈显著相关性。这表明应用 LT-I 分析芽的抗寒性能够准确反映品种芽的抗寒性。

表 5 2012 年 11 月 28 日 LT-I 分析预测芽褐变率与观察褐变率

Table 5 Computation of browning rate calculated by LT-I (expected damage) and observation in 28th November, 2012

温度/°C Temperature	140Ru		威代尔 Vidal	
	预测褐变率/% Expected browning rate	观察褐变率/% Observed browning rate	预测褐变率/% Expected browning rate	观察褐变率/% Observed browning rate
-14	0	3	0	0
-16	0	2	18	22
-18	1.7	5	50.9	53
-20	30.1	35	83.9	83
-22	58.4	56	100	100
-24	86.7	92		
-26	100	100		
	$r = 0.998^{**}$		$r = 0.999^{**}$	

** 代表关系极显著。

** Mean relationship is highly significant.

3 讨论

3.1 筛选抗寒性砧木及品种的方法

低温放热法分析葡萄芽的抗寒性研究已经非常成熟，是一种可靠的分析方法（Quamme, 1973; Pierquet et al., 1977; Pierquet & Stushnoff, 1980; Wolpert & Howell, 1984; Bourne & Moore, 1991; Wolf & Cook, 1991; Jones et al., 1999; Gu et al., 2002; 张善江和 Kaps, 2005; Mills et al., 2006; Ferguson et al., 2011）。前期研究一般只分析 LT₂₀ 或者 LT₅₀，但不同品种的 LT-I 曲线会出现交叉（图 1），交叉点前和交叉点后两个品种的抗寒性相反，本试验便发现 1103P、威代尔、110R、3309C、140Ru、香赛罗和北醇随温度降低彼此间抗寒能力顺序发生改变（表 3），因此仅分析 LT₂₀ 和 LT₅₀ 来比较不同品种间的抗寒能力会丢失大量信息。Gu (1999) 应用 LT-I 分析芽的抗寒性则能很好的展示芽的抗寒性，通过外界温度就可以根据 LT-I 计算品种芽的伤害度，继而判断对生产是否产生影响。同时，采用隶属函数模糊数学法综合分析 LT_S 可较为全面的反映 LT-I 所具备的信息，即品种的抗寒性。

3.2 不同砧木及品种抗寒性比较

应用 LT-I 分析方法鉴定了 8 个砧木和 6 个栽培品种芽的抗寒性,发现酿酒葡萄赤霞珠和欧美杂交种摩尔多瓦 LT₅₀ 高于 -20 °C,赤霞珠抗寒性最差,在温度降至 -24 °C 时,芽已经全部死亡,而 101-14 Mgt, Frontenac, 贝达, 5BB 和 SO4 抗寒能力较高,LT₅₀ 在 -25 ~ -30 °C 之间。通过对 LT₅₀ 进行隶属函数度分析后发现,Frontenac、贝达、5BB 和 SO4 四种砧木的抗寒性非常强,其中 Frontenac 是美国育成的一个种间杂交种可以作为制汁或酿酒品种在国内推广,此外,其还是优良的抗寒育种材料,可以利用其与我国主栽品种进行杂交,培育出抗寒能力强更适于栽培的品种;栽培品种中摩尔多瓦、威代尔和香赛 LT₅₀ 在 -20 ~ -23 °C 之间,分别比赤霞珠低 3.29、5.22 和 5.87 °C,抗寒性虽然不及砧木,但是也明显强于赤霞珠。2011—2013 年连续 3 年监测山东泰安地区发现最低温度可达 -16 °C,这意味着赤霞珠 42.09% 的芽就会被冻死,而摩尔多瓦仅有 8.4% 的芽被冻死,几乎不影响生产,威代尔和香赛罗完全不受影响。这 3 个品种在泰安地区栽培完全可以不进行埋土防寒便可安全越冬。

不同砧木及栽培品种芽间存在抗寒性差异主要是由遗传特性决定。110R、1103P 和 140Ru 的亲本为冬葡萄与沙地葡萄,3309C 及 101-14Mgt 为河岸葡萄与沙地葡萄杂交所得,SO4 和 5BB 为河岸葡萄与冬葡萄杂交所得,贝达则是美洲葡萄和河岸葡萄杂交获得,河岸葡萄、沙地葡萄、冬葡萄及美洲葡萄都属于北美种群,特别是原产在美国东北部及东部的美洲葡萄及和河岸葡萄,抗寒性极强,因此杂交后代也具有亲本优良的抗寒性基因。北醇为欧山杂种,亲本山葡萄是葡萄属中最抗寒的一个种,因此北醇的抗寒性强于其他栽培品种,综合评价甚至要强于 110R、3309C 和 140Ru (表 4)。威代尔和摩尔多瓦均为欧美杂交种,抗寒性也明显强于欧亚种赤霞珠。因此,选择品质优良与抗寒性强的品种进行杂交,获得新型抗寒品种进行推广,是解决目前冻害危害的重要途径。

3.3 不同休眠时期葡萄芽抗寒性的差异

由于各品种开始落叶进入休眠期的时间不同,11 月份鉴定抗寒性不能科学地反应品种间的抗寒性差异,而 1 月份各品种芽都处于深休眠状态,能够反映出品种的抗寒差异(张善江和 Kaps, 2005)。随着从 11 月到次年 1 月气温的下降下降,葡萄芽进入冷驯化期,抗寒性增加,12 月和 1 月份芽的抗寒性基本不变,之后芽开始进入非冷驯化期,抗寒性下降(Mills et al., 2006)。本研究发现,1 月中旬芽的抗寒性明显强于 11 月底,与前人研究结果一致,因此,在鉴定不同品种芽的抗寒性的时候需要在同一时期取样,以免出现失误。

References

- Andrews P K, Sandidge C R, Toyama T K. 1984. Deep supercooling of dormant and deacclimating *Vitis* buds. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35: 175 - 177.
- Bourne T F, Moore J N. 1991. Primary bud hardiness of four genotypes in Arkansas. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 835 - 837.
- Bruin J. 2006. Newtest: Command to compute new test. UCLA. Statistical Consulting Group. <http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/ado/analysis/>.
- Clore W J, Wallace M A, and Fay R D. 1974. Bud survival of grape varieties at sub-zero temperatures in Washington. *American Journal of Enology and Viticulture*, 25: 24 - 29.
- Ferguson J C, Tarara J M, Mills L J, Grove G G, Keller M. 2011. Dynamic thermal time model of cold hardiness for dormant grapevine buds. *Annals of Botany*, 107: 389 - 396.
- Gao Ai-nong, Jiang Shu-rong, Zhao Xi-wen, Deng Ji-guang, Sha Shou-feng, Liu Zhi, Zhang Min. 2000. Study on the hardiness of apple cultivars. *Journal of Fruit Science*, 17 (1): 17 - 21. (in Chinese)
- 高爱农, 姜淑荣, 赵锡温, 邓继光, 沙守峰, 刘 志, 张 敏. 2000. 苹果品种抗寒性测定方法的研究. *果树科学*, 17 (1): 17 - 21.

- Gu S L. 1999. Lethal temperature coefficient - A new parameter for interpretation of cold hardiness. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 74 (1): 53 - 59.
- Gu S L, Ding P H, Howard S. 2002. Effect of temperature and exposure time on cold hardiness of primary buds during the dormant season in 'Cocord', 'Norton', 'Vignoles' and 'St.vincent' grapevines. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77 (5): 635 - 639.
- Guy C L. 2003. Freezing tolerance of plants: Current understanding and selected emerging concepts. *Canadian Journal of Botany*, 81: 1216 - 1223.
- Hou Jia-lin, Dang Yuan, Gao Zhen, Zhai Heng. 2012. Development and experiment of cold resistance tester for grape roots and branches. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 28 (24): 41 - 46. (in Chinese)
- 侯加林, 党 园, 高 振, 翟 衡. 2012. 葡萄根和枝条抗寒性能测试仪的研制与试验. *农业工程学报*, 28 (24): 41 - 46.
- Jones K S, Paroschy J, McKersie B D, Bowley S R. 1999. Carbohydrate composition and freezing tolerance of canes and buds in *Vitis vinifera*. *Journal of Plant Physiology*, 155: 101 - 106.
- Mills L J, Ferguson J C, Keller M. 2006. Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. *American Society for Enology and Viticulture*, 57 (2): 194 - 200.
- Pierquet P, Stushnoff C, Burke M J. 1977. Low temperature exotherms in stem and bud tissues of *Vitis riparia*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102: 54 - 55.
- Pierquet P, Stushnoff C. 1980. Relationship of low temperature exotherms to cold injury in *Vitis riparia* Michx. *American Society for Enology and Viticulture*, 31: 1 - 6.
- Proebsting E L, Ahmedullah M, Brummund V P. 1980. Seasonal changes in low temperature resistance of grape buds. *American Society for Enology and Viticulture*, 31: 329 - 336.
- Quamme H A. 1973. An exothermic process involved in the freezing injury to flower buds of several *Prunus* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 315 - 318.
- Shi Qing-hua, Gao Jian-she, Wang Jun, Fu Yu-qin. 2003. Determination and evaluation of cold resistance of 5 poplar clones. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 23 (11): 1937 - 1941. (in Chinese)
- 史清华, 高建社, 王 军, 符毓秦. 2003. 5 个杨树无性系抗寒性的测定与评价. *西北植物学报*, 23 (11): 1937 - 1941.
- Wample R L, Bary A. 1992. Harvest date as a factor in carbohydrate storage and cold hardiness of Cabernet Sauvignon grapevines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 32 - 36.
- Wample R L, Hartley S, Mills L. 2001. Dynamics of grapevine cold hardiness. *Proceedings of the American Society for Enology and Viticulture 50th Anniversary Annual Meeting*. Seattle, Washington: American Society for Enology and Viticulture.
- Warmund M R, Guinan P, Fernandez G. 2008. Temperatures and cold damage to small fruit crops across the eastern U.S. associated with the April 2007 freeze. *HortScience*, 43: 1 - 5.
- Wolpert J A, Howell G S. 1984. Effects of cane length and dormant season pruning date on cold hardiness and water content of Concord bud and cane tissues. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35: 237 - 241.
- Wolf T K, Cook M K. 1991. Comparison of 'Cabemet Sauvignon' and 'Cabernet franc' grapevine dormant bud cold hardiness. *Fruit Varieties Journal*, 45 (1): 17 - 21.
- Zabadal T, Dami I E, Goffinet M, Martinson T, Chien M. 2007. Winter injury to grapevines and methods of protection. Michigan State University, East Lansing. Extension Bulletin E2930.
- Zhang Shan-jiang, Kaps M L. 2005. Studies on cold hardiness softwine grape cultivars by Low Temperature Exotherms (LTE) analysis. *Journal of Fruit Science*, 22 (2): 121 - 124. (in Chinese)
- 张善江, Kaps M L. 2005. 应用低温放热分析测评 8 个酒用葡萄新品种的抗寒性. *果树学报*, 22 (2): 121 - 124.