

两个葡萄杂交后代根系抗葡萄根瘤蚜及抗寒性鉴定

杜远鹏, 高 振, 付晴晴, 郭淑华, 翟 衡*

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要:【目的】为了筛选抗葡萄根瘤蚜 *Daktulosphaira vitifoliae* Fitch 且抗寒的葡萄砧木以适应我国葡萄生产需求。【方法】以山葡萄 *Vitis amurensis* Rupr. 左山 1 号 × SO4 杂种 F₁ 代的 45 个株系 (A 系列) 和左山 1 号 × 101-1 杂种 F₁ 代 27 个株系 (B 系列) 为试材, 采用离体根接种鉴定法进行抗葡萄根瘤蚜鉴定及抗性分级; 采用差热分析系统 (differential thermal analysis, DTA) 进行各株系根系的低温放热 (low temperature exotherms, LTE) 分析, 建立各株系根系韧皮部及木质部的温度-伤害度 (LT-I) 回归方程, 评估各株系根系的抗寒性。【结果】葡萄根瘤蚜在杂交株系根系上的产卵量均显著低于敏感品种巨峰, 筛选出被葡萄根瘤蚜侵染后不能形成根瘤, 抗葡萄根瘤蚜级别为 0 级的 A 系列杂交株系 18 个和 B 系列株系 11 个。被葡萄根瘤蚜侵染后形成根瘤比例低于 10% 的抗葡萄根瘤蚜级别为 1 级的 A 系列杂交株系 9 个和 B 系列株系 4 个; 筛选出 A 系列综合低温放热温度隶属度函数、韧皮部和木质部低温放热温度隶属度函数 3 个指标均低于贝达的株系 27 个, B 系列各指标均低于贝达的株系 3 个。【结论】本研究筛选出抗寒性强且对葡萄根瘤蚜抗性强的 A 系列株系 15 个和 B 系列株系 2 个。其中, A14, A16, A18, A22, A23, A28, A34, A35, A38, A44, A50, B24 和 B26 对葡萄根瘤蚜抗性级别为 0; A11, A15, A17 和 A27 对葡萄根瘤蚜抗性级别为 1。

关键词: 葡萄; 山葡萄; 葡萄根瘤蚜; 葡萄根瘤蚜抗性; 抗寒性

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2017)02-197-08

Evaluation on phylloxera resistance and cold hardiness of roots of two grape hybrid combinations

DU Yuan-Peng, GAO Zhen, FU Qing-Qing, GUO Shu-Hua, ZHAI Heng* (College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: 【Aim】 To screen cold-tolerant and phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch)-resistant grape rootstocks for grapevine industry. 【Methods】 Laboratory bioassays were conducted on 45 strains (series A) of hybrid combination *Vitis amurensis* Rupr. Zuoshan No. 1 × SO4 and 27 strains (series B) of hybrid combination *V. amurensis* Rupr. Zuoshan No. 1 × 101-1 to evaluate their resistance classes to phylloxera. A system of differential thermal analysis (DTA) was used for low temperature exotherms (LTE) analysis of roots of these strains, and the temperature-injury (LT-I) regression functions were established to evaluate the cold hardiness of roots. 【Results】 Phylloxera produced less eggs on these hybrid strains than on the susceptible strain Kyoho, and 18 strains from series A and 11 strains from series B with no tuberosities were classified with the resistance class 0, and nine varieties from series A and four varieties from series B with less than 10% tuberosities were classified with the resistance class 1. Twenty-seven strains from series A and three strains from series B, whose root, phloem and xylem subordination values were all lower than those of Beta, were selected for phylloxera resistance comparison. 【Conclusion】 In this study 15 strains from series A and 2 strains from series B with high phylloxera resistance and cold

基金项目: 国家现代葡萄产业技术体系建设专项 (CARS-30); 长江学者和创新团队发展计划项目 (IRT15R42)

作者简介: 杜远鹏, 女, 1982 年生, 山东蓬莱人, 博士, 副教授, 研究方向葡萄抗性生理, E-mail: duyuanpeng001@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: hengz@sdau.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-11-09; 接受日期 Accepted: 2017-01-23

hardiness were selected, and the resistance class of A14, A16, A18, A22, A23, A28, A34, A35, A38, A44, A50, B24 and B26 was 0, and that of A11, A15, A17 and A27 was 1.

Key words: Grape; *Vitis amurensis*; *Daktulosphaira vitifoliae*; phylloxera resistance; cold hardiness

葡萄砧木抗性育种的首要目标是抗葡萄根瘤蚜 *Daktulosphaira vitifoliae* Fitch (Song *et al.*, 1990), 其次才是对生态逆境的抗性(国外第一位的生态逆境是干旱,而我国则是冻害)。我国自 2005 年 6 月在上海嘉定马陆镇发现葡萄根瘤蚜危害以来(叶军等, 2006), 葡萄根瘤蚜已经在南北方多地发生, 形势严峻, 扩散传播风险极大, 因此将葡萄砧木抗葡萄根瘤蚜性能鉴定放在首位是非常必要的。

欧亚种葡萄大部分品种起源于冬季气候温暖的地区, 抗寒性较差, 根系耐低温能力更差。我国是欧亚种葡萄栽培的次适宜区, 北方葡萄主产区以大陆性季风气候为主, 冬季寒冷少雪, 近年来葡萄冬季冻害在多地频发, 2009 年河北省张家口地区大多数葡萄品种遭受冬季冻害, 亩经济损失近 30% (陈文朝等, 2012)。2010 年山东省蓬莱主栽品种赤霞珠遭受冬季冻害面积达 50% 以上(臧克民等, 2013)。2011 年吉林省各地葡萄普遍发生冻害(申海林等, 2012), 2009 年 11 月的两场降雪导致怀来县 3 年生以下葡萄 70% 冻死, 2011 年怀来冻土层深度达 111 cm, 造成了葡萄根系冻害(张克东, 2013)。因此在葡萄根瘤蚜及冻害的双重压力下, 筛选抗寒性强且抗葡萄根瘤蚜能力强的葡萄砧木是当务之急。

山葡萄 *Vitis amurensis* Rupr. 是葡萄属中最抗寒的野生葡萄种之一, 枝蔓可抵御 -40°C 的严寒, 根系可承受 $-14^{\circ}\text{C} \sim -16^{\circ}\text{C}$ 的低温(沈育杰等, 1992; 郭修武, 1994)。本课题组前期采用山葡萄中栽培性状较好的左山 1 号品种作为育种母本(何伟等, 2015), 选用对葡萄根瘤蚜免疫的, 抗寒性强的葡萄砧木 SO4 和 101-1 (杜远鹏等, 2008; 高振等, 2014) 作为父本得到了杂交砧木 F_1 代。本实验目的在于鉴定这些杂交后代的抗葡萄根瘤蚜性能和抗寒性, 目标是筛选出抗寒性超过贝达且对葡萄根瘤蚜抗性较强的株系, 为生产提供候选葡萄砧木, 以适应我国生态气候的需求。

1 材料与方法

1.1 试材

2010 年进行杂交育种, 预选株系包括左山 1 号 \times SO4 杂种 F_1 代的 46 个株系(A 系列)和左山 1 号

\times 101-1 杂种 F_1 代 27 个株系(B 系列); 母株种植于山东农业大学南校区葡萄试验园, 株行距为 $0.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$, 无干头状整枝, 生长季节不喷药防病, 行内覆盖园艺地布防杂草生长。

1.2 抗根瘤蚜鉴定

本实验于 2014 和 2016 年重复进行, 2016 年重复进行了抗葡萄根瘤蚜性能鉴定以验证 2014 年结果的可靠性, 根系取自田间母株。葡萄根瘤蚜取自陕西霸桥, 借鉴 Granett 等(1987)的方法, 选取粗度约为 $0.3 \sim 0.5 \text{ cm}$ 的葡萄根剪成长约 4 cm 的根段, 每一品种取 12 条根段, 每一根段上接种 10 粒 2-3 日龄虫卵, 每 3 条根段放置于一直径 6 cm 的塑料培养皿中, 用 parafilm 封口膜封口, 并将单个培养皿放置于塑料自封袋中封口, 以防止葡萄根瘤蚜逃逸。培养皿放在 24°C 恒温培养箱中暗培养。每一根段为一重复。接种后于第 15 和 25 天统计根瘤蚜数量和包括根瘤和根结在内的总侵染量, 每隔 4 d 统计一次葡萄根瘤蚜产卵量。整个实验操作过程严格按照澳大利亚 DEDJTR (Department of Economic Development, Jobs, Transport and Resources) 生物安全实验室葡萄根瘤蚜操作规程要求进行, 每次在解剖镜下观察完后采用 80% 酒精进行实验台面及用具的灭虫喷洒处理。抗性分级依据 Boubals (1966) 和杜远鹏(2008)的根瘤分级法, 根瘤占总侵染量接种量百分比为 0 时抗性级别确定为 0, $< 10\%$ 为 1 级, $11\% \sim 30\%$ 为 2 级, $> 31\%$ 为 3 级。

1.3 抗寒性鉴定

各株系根系抗寒鉴定于 2013 年冬季进行, 采用低温放热检测, 方法参考高振等(2014)。每株系 6 次重复。

1.4 数据处理

根瘤量% (根瘤发生率) = 根瘤数量 \times 100 / 接种根瘤蚜卵的数量。应用模糊隶属函数法综合评价根系的抗寒性(高振等, 2014), 其公式为: $SV_{ij} = (X_{ij} - X_{j_{\min}}) / (X_{j_{\max}} - X_{j_{\min}})$, 式中: SV_{ij} 为 i 种类 j 指标的抗寒隶属函数值, X_{ij} 为 i 种类 j 指标的测定值, $X_{j_{\min}}$ 为所有种类 j 指标的最小值, $X_{j_{\max}}$ 为所有种类 j 指标的最大值。根据上述公式先计算出各品种根的抗寒性隶属度, 然后取算术平均数作为该品种的平均隶属度, 最后进行排序。采用 DPS 软件进行数据

统计分析。采用 LSD 法进行方差分析和差异显著性检验($\alpha = 0.05$)。利用 Excel 2010 软件作图。

2 结果

2.1 不同株系抗葡萄根瘤蚜能力比较

2.1.1 葡萄根瘤蚜在不同葡萄株系离体根上的存

活率:葡萄根瘤蚜在杂交株系根系上的存活率均低于敏感品种巨峰(Kyoho)(图 1),且随接种时间延长存活率显著下降,而葡萄根瘤蚜在巨峰上存活率变化不大。至接种 25 d 时根瘤蚜在 A6, A7, A18, A22, A28, A47, A23, A34, A8, A2, A38, A52, A17, A16, A13 和 A19 及 B25, B8 和 B2 上的存活率低于 S04。

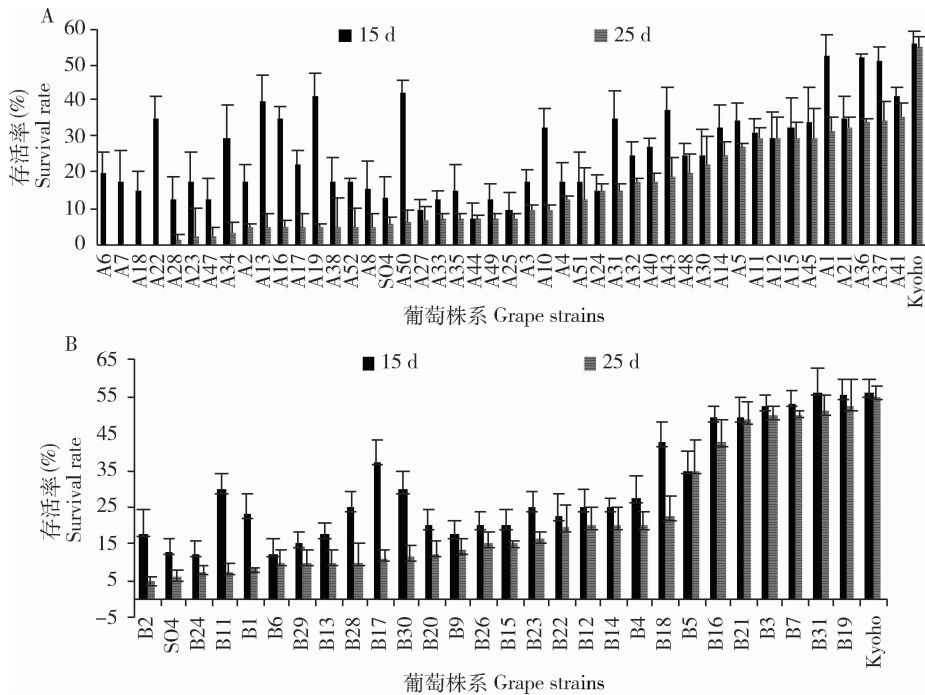


图 1 葡萄根瘤蚜在不同葡萄株系离体根上的存活率

Fig. 1 Survival rates of grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) on different grape strains

A: 葡萄根瘤蚜在 A 系列砧木根系上的存活率 Survival rates of grape phylloxera on grape strains of series A; B: 葡萄根瘤蚜在 B 系列砧木根系上的存活率 Survival rates of grape phylloxera on grape strains of series B. 下同 The same below.

2.1.2 葡萄根瘤蚜在不同葡萄株系离体根上的产卵量:葡萄根瘤蚜在杂交株系根系上的产卵量均显著低于敏感品种巨峰(图 2)。在巨峰根系上的产卵量达 230 粒。而在杂交株系 A2, A6, A7, A11, A14, A16, A18, A22, A23, A24, A25, A28, A34, A35, A38, A44, A48, A49, A50 和 A51 及 B1, B2, B4, B9, B12, B13, B14, B17, B18, B24, B26 和 B28 上葡萄根瘤蚜不能正常发育至成虫产卵。在其他株系根系上的产卵量也均低于 85 粒,其中葡萄根瘤蚜主要在 A15 和 A17 上的新根和愈伤组织上取食产卵。

2.1.3 不同株系根瘤比例及抗性分级:根瘤量是判断葡萄对葡萄根瘤蚜抗性能力的重要指标。在敏感品种巨峰上,90% 以上的葡萄根瘤蚜侵染主根形成根瘤;而在杂交株系 A2, A6, A7, A14, A16, A18,

A22, A23, A24, A28, A34, A35, A38, A44, A48, A49, A50 和 A51 及 B1, B2, B4, B9, B12, B13, B14, B18, B24, B26 和 B28 上葡萄根瘤蚜不能侵染形成根瘤,按照根瘤比例分级标准结果为 0 级,在杂交株系 A15, A3, A52, A17, A11, A21, A25, A27 和 A47 及 B11, B17, B6 和 B29 上形成的根瘤比例均低于 10%,抗性级别为 1 级(图 3)。

2.2 不同葡萄株系抗寒性比较

由于 Qlt 的不同可能会导致品种间 LT-I 曲线出现交叉,因此在综合评价品种间抗寒性时,不能针对单一低温放热温度点,要综合所有数据进行隶属函数度分析,函数值越小,表明抗寒性越好。分析显示 A14, A13, A11, A35, A38, A17, A34, A15, A16, A27, A37, A45, A36, A22, A4, A44, A40, A5, A18, A43, A12, A31, A21, A23, A32, A48, A1,

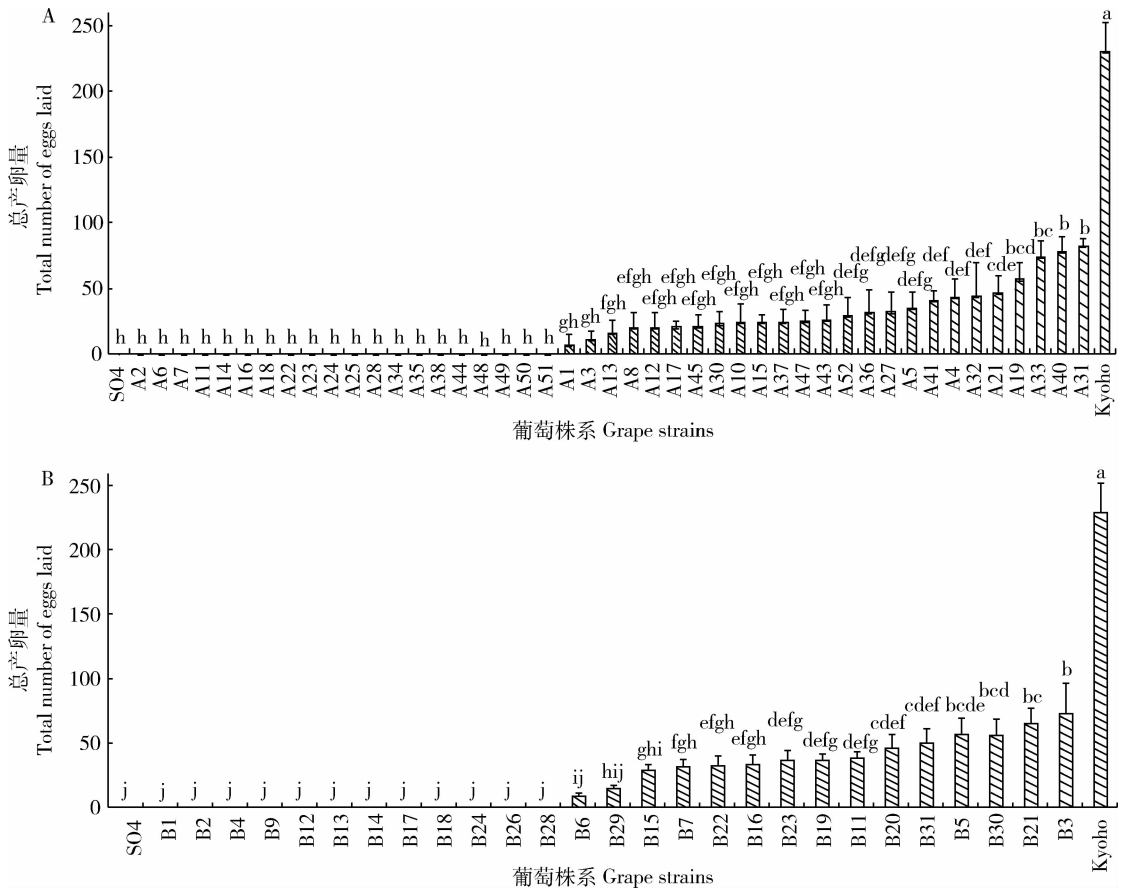


图2 葡萄根瘤蚜在不同葡萄株系离体根上的产卵量

Fig. 2 Numbers of eggs laid by grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) on different grape strains

柱上不同小写字母表示 LSD 检验在 5% 水平上差异显著;图 3 同。Different small letters above bars show significant difference at the 5% level by LSD test. The same for Fig. 3.

A19, A50, A28, A52 和 A7 及 B24, B16, B26, B11, B3, B29, B30 和 B9 的综合隶属函数值小于贝达,说明这些株系综合抗寒性好于贝达;B24, A14, A35, A38, B16, A11, A34, A15, A44, A43, A13, A16, A27, A45, A4, A17, A37, A36, A31, B26, A40, A12, A18, A50, A23, A28, A5, A48, A22, A1 和 A32 的韧皮部低温放热温度隶属函数值低于贝达,说明这些株系韧皮部抗寒能力性好于贝达;A13, B24, A17, B16, A11, B29, A14, B26, A15, B11, A34, A35, B3, B30, A38, A16, A22, A27, A5, A21, A37, A40, A18, A36, B1, B5, A45, A12, B28, A4, B9, A19, A52, A32, A31, A44, A7, A23, A48, A1, B19, B4, A43, B31, A6, B2, A50 和 A28 的木质部低温放热温度隶属函数值低于贝达,说明这些株系的木质部抗寒性好于贝达(表 1)。

筛选出 A 系列杂交砧木中综合低温放热温度隶属函数值,韧皮部低温放热温度隶属函数值,木质

部低温放热温度隶属函数值 3 个指标均低于贝达的株系为 A1, A4, A5, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A22, A23, A27, A28, A31, A32, A34, A35, A36, A37, A38, A40, A43, A44, A45 和 A50。同样找出 B 系列中 3 个指标均低于贝达的株系为 B16, B24 和 B26,并进一步比对这些株系的抗葡萄根瘤蚜性能,最终筛选出抗寒性强且对葡萄根瘤蚜抗性强的株系 A 系列 15 个, B 系列株系 2 个。其中 A14, A16, A18, A22, A23, A28, A34, A35, A38, A44 和 A50 及 B24 和 B26 对葡萄根瘤蚜抗性级别为 0, A11, A15, A17 和 A27 对葡萄根瘤蚜抗性级别为 1。

3 讨论

国外抗性葡萄砧木育种已经有一百多年的历史 (Song and Granett, 1990),抗性葡萄砧木育种的起因是由于葡萄上的专性寄生害虫葡萄根瘤蚜

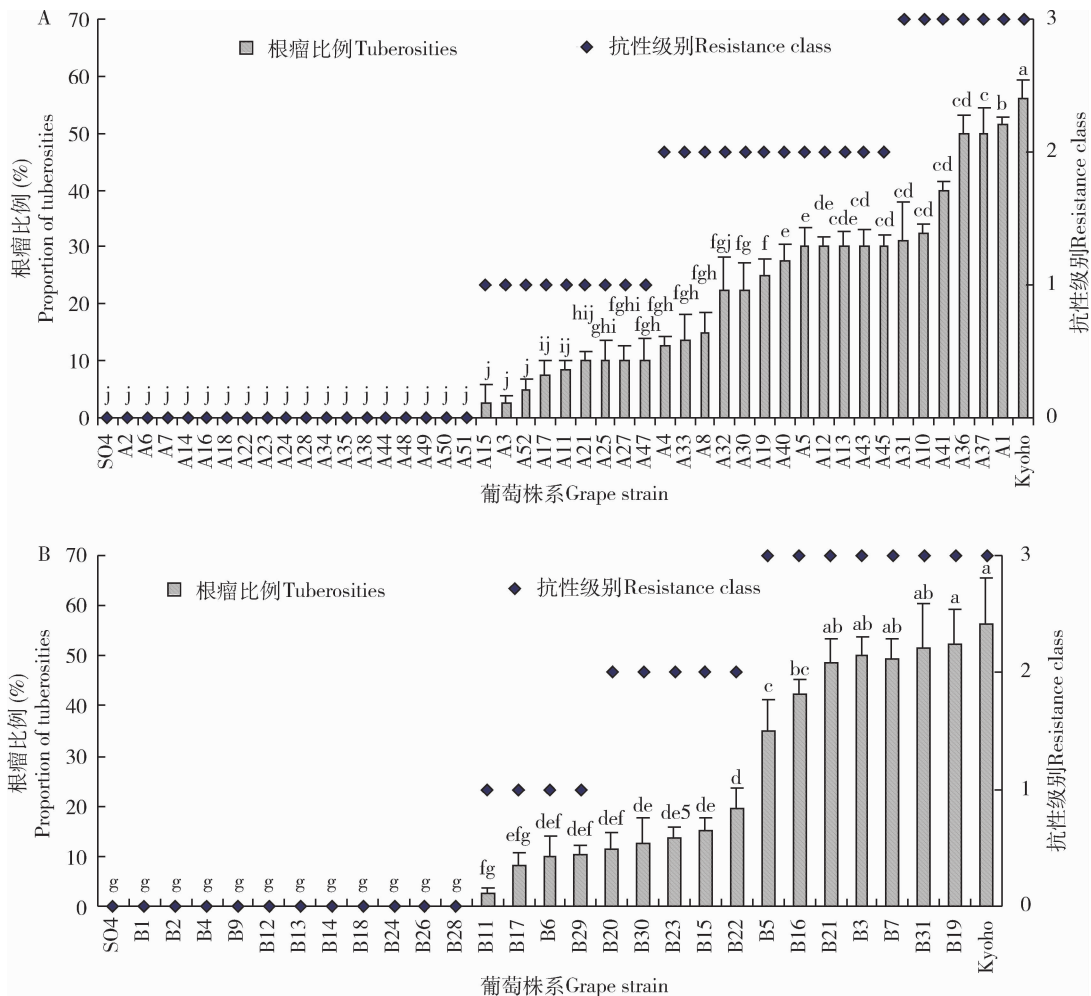


图3 不同葡萄株系根瘤比例及抗性分级

Fig. 3 Proportions of tuberosities and the classification of grape resistance of different grape strains

D. vitifoliae。由于葡萄根瘤蚜对欧洲葡萄造成了毁灭性危害,不得已才开始进行抗葡萄根瘤蚜葡萄砧木育种,因此,国外葡萄砧木育种的首要目标是抗葡萄根瘤蚜,澳大利亚维多利亚州 DEDJTR (Department of Economic Development, Jobs, Transport and Resources) 具有葡萄根瘤蚜抗性性能检测资质,常年接收育种单位送来的材料进行检测, CISRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) 培育出的葡萄苗木首先要送往该部门进行抗葡萄根瘤蚜性能鉴定,可见澳大利亚对于抗葡萄根瘤蚜性能的重视程度。我国目前形势与一百多年前的欧洲类似,面临着葡萄根瘤蚜扩散传播危害的风险。本实验采用国外引进葡萄砧木 SO4 具有较强抗根瘤蚜能力,因此杂交后代中筛选到抗根瘤蚜能力强的株系希望较大,筛选到 18 个抗根瘤蚜能力与 SO4 相当的株系。国外育种目标除抗葡萄根瘤蚜外,最重要的生态逆境抗性目标为抗干旱,而

我国面临的主要生态逆境是冬季冻害,为解决根系的冻害问题,生产上普遍采用抗寒葡萄砧木贝达嫁接,但贝达抗葡萄根瘤蚜能力较差(杜远鹏等, 2008),而目前生产上应用的抗葡萄根瘤蚜葡萄砧木的抗寒性普遍低于贝达,本实验供试葡萄砧木杂交亲本之一为抗寒性强的左山 1 号,国内外诸多学者选用山葡萄作为亲本,杂交出抗寒性强的栽培品种,如米丘林培育的小铁蛋、布杜尔、俄罗斯康可、北极、米丘林小无核等品种(贺普超和罗国光, 1994); 中国农业科学院特产研究所长期致力于山葡萄的选育种,推出了一系列山葡萄品种及山欧杂种,如左山 1 号、公酿 1 号、公酿 2 号、熊岳白、左优红、北冰红、雪兰红(宋润刚等, 2012)。中国科学院植物研究所也选育出抗寒性强的北醇、北玫、北红等山欧杂种栽培品种(范培格等, 2010, 2015), 但将山葡萄作为葡萄砧木育种资源的还较少见,仅有山河系列推出(袁军伟, 2013), 但未见其有关抗葡萄根瘤蚜性能

表 1 葡萄根系低温放热分析 (LTE) 各指标隶属函数值及其抗寒性综合评价

Table 1 Subordination function values of various indices in low temperature exotherms (LTE) analysis of roots of different grape strains and comprehensive assessment of their cold hardiness

葡萄株系 Grape strains	隶属函数值 Subordination function value										均值 Mean value
	P20	P40	P50	P60	P80	X20	X40	X50	X60	X80	
A14	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.14	0.19	0.30	0.08
A13	0.33	0.26	0.23	0.20	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
A11	0.22	0.14	0.11	0.08	0.03	0.07	0.12	0.14	0.16	0.21	0.13
A35	0.00	0.01	0.04	0.06	0.13	0.17	0.23	0.26	0.29	0.36	0.15
A38	0.02	0.02	0.05	0.07	0.13	0.12	0.23	0.28	0.34	0.47	0.17
A17	0.37	0.29	0.26	0.24	0.18	0.05	0.09	0.10	0.13	0.17	0.19
A34	0.16	0.13	0.13	0.13	0.14	0.11	0.20	0.24	0.30	0.41	0.19
A15	0.31	0.23	0.20	0.17	0.11	0.13	0.19	0.22	0.25	0.33	0.21
A16	0.28	0.24	0.23	0.23	0.22	0.13	0.23	0.28	0.34	0.47	0.26
A27	0.30	0.25	0.24	0.23	0.20	0.18	0.27	0.31	0.35	0.45	0.28
A37	0.23	0.24	0.26	0.28	0.33	0.22	0.32	0.37	0.42	0.54	0.32
A45	0.25	0.24	0.25	0.26	0.29	0.22	0.34	0.41	0.47	0.63	0.34
A36	0.18	0.22	0.26	0.31	0.40	0.30	0.37	0.40	0.43	0.50	0.34
A22	0.42	0.39	0.40	0.40	0.40	0.19	0.26	0.29	0.33	0.41	0.35
A4	0.19	0.22	0.26	0.29	0.37	0.29	0.39	0.44	0.49	0.60	0.35
A44	0.18	0.19	0.22	0.24	0.30	0.23	0.39	0.47	0.56	0.77	0.36
A40	0.39	0.35	0.35	0.34	0.33	0.22	0.33	0.38	0.43	0.56	0.37
A5	0.38	0.38	0.39	0.40	0.42	0.23	0.31	0.35	0.39	0.48	0.37
A18	0.40	0.36	0.36	0.35	0.34	0.22	0.33	0.39	0.45	0.58	0.38
A43	0.13	0.17	0.22	0.26	0.36	0.31	0.47	0.54	0.62	0.81	0.39
A12	0.39	0.36	0.36	0.35	0.35	0.23	0.35	0.41	0.47	0.62	0.39
A31	0.27	0.29	0.31	0.33	0.38	0.26	0.40	0.47	0.54	0.71	0.40
A21	0.55	0.48	0.46	0.43	0.38	0.21	0.31	0.36	0.42	0.55	0.42
A23	0.34	0.35	0.37	0.40	0.45	0.29	0.42	0.48	0.55	0.70	0.44
A32	0.40	0.39	0.40	0.41	0.43	0.26	0.40	0.46	0.54	0.70	0.44
A48	0.44	0.40	0.39	0.38	0.37	0.32	0.45	0.51	0.57	0.72	0.45
A1	0.38	0.38	0.40	0.41	0.45	0.30	0.44	0.51	0.58	0.75	0.46
A19	0.50	0.48	0.49	0.49	0.50	0.28	0.39	0.44	0.50	0.63	0.47
A50	0.34	0.34	0.36	0.38	0.41	0.37	0.51	0.57	0.64	0.80	0.47
A28	0.33	0.35	0.38	0.41	0.47	0.35	0.50	0.57	0.65	0.83	0.48
A52	0.43	0.47	0.51	0.54	0.62	0.37	0.43	0.45	0.48	0.53	0.48
A7	0.45	0.47	0.50	0.52	0.58	0.32	0.43	0.48	0.54	0.66	0.50
贝达 Beta	0.53	0.47	0.44	0.42	0.37	0.17	0.43	0.57	0.73	1.08	0.52
A24	0.54	0.54	0.55	0.56	0.58	0.47	0.61	0.67	0.73	0.88	0.61
A30	0.32	0.40	0.46	0.52	0.65	0.53	0.73	0.82	0.92	1.15	0.65
A2	0.63	0.61	0.61	0.60	0.60	0.44	0.63	0.72	0.81	1.03	0.67
A6	0.81	0.79	0.78	0.76	0.74	0.44	0.54	0.57	0.61	0.70	0.67
A10	0.71	0.74	0.76	0.78	0.82	0.53	0.61	0.62	0.64	0.68	0.69
A51	0.60	0.63	0.66	0.69	0.74	0.54	0.70	0.77	0.85	1.02	0.72
A3	0.80	0.76	0.75	0.73	0.70	0.40	0.60	0.70	0.80	1.04	0.73
A47	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.61	0.77	0.83	0.90	1.06	0.73
A25	0.63	0.69	0.73	0.77	0.86	0.54	0.72	0.80	0.88	1.07	0.77
A41	0.58	0.60	0.62	0.65	0.70	0.67	0.84	0.91	0.98	1.14	0.77
A33	0.59	0.64	0.67	0.71	0.79	0.63	0.84	0.93	1.03	1.26	0.81
A49	0.74	0.76	0.78	0.80	0.85	0.57	0.77	0.86	0.96	1.18	0.83
A8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99

续表 1 Table 1 continued

葡萄株系 Grape strains	隶属函数值 Subordination function value										均值 Mean value
	P20	P40	P50	P60	P80	X20	X40	X50	X60	X80	
B24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B16	0.01	0.06	0.10	0.13	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11
B26	0.19	0.27	0.32	0.37	0.50	0.26	0.23	0.22	0.20	0.17	0.27
B11	0.51	0.49	0.48	0.47	0.44	0.17	0.22	0.25	0.27	0.33	0.36
B3	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51	0.20	0.24	0.26	0.28	0.33	0.38
B29	0.66	0.66	0.67	0.67	0.67	0.22	0.17	0.14	0.11	0.06	0.40
B30	0.53	0.55	0.56	0.57	0.60	0.24	0.26	0.28	0.29	0.32	0.42
B9	0.37	0.49	0.57	0.65	0.83	0.47	0.45	0.45	0.44	0.42	0.51
贝达 Beta	0.53	0.47	0.44	0.42	0.37	0.17	0.43	0.57	0.73	1.08	0.52
B19	0.48	0.58	0.64	0.70	0.85	0.48	0.51	0.52	0.53	0.55	0.58
B5	0.73	0.79	0.82	0.86	0.95	0.43	0.41	0.41	0.40	0.38	0.62
B4	0.61	0.66	0.69	0.72	0.80	0.55	0.54	0.54	0.54	0.53	0.62
B12	0.39	0.52	0.59	0.67	0.86	0.56	0.61	0.63	0.66	0.71	0.62
B2	0.48	0.59	0.66	0.73	0.90	0.49	0.55	0.58	0.60	0.66	0.62
B31	0.51	0.62	0.68	0.75	0.91	0.50	0.55	0.57	0.59	0.64	0.63
B13	0.52	0.66	0.75	0.84	1.05	0.64	0.62	0.61	0.59	0.57	0.69
B1	0.52	0.81	0.98	1.16	1.60	0.41	0.40	0.40	0.40	0.39	0.71
B28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.71
B22	0.52	0.65	0.73	0.82	1.03	0.58	0.64	0.67	0.70	0.76	0.71
B25	0.63	0.71	0.76	0.81	0.93	0.57	0.64	0.67	0.71	0.79	0.72
B15	0.73	0.82	0.87	0.93	1.06	0.56	0.62	0.65	0.69	0.75	0.77
B7	0.70	0.81	0.87	0.94	1.10	0.61	0.65	0.68	0.70	0.74	0.78
B21	0.84	0.93	0.99	1.04	1.18	0.61	0.64	0.66	0.68	0.72	0.83
B6	0.72	0.84	0.91	0.99	1.17	0.65	0.72	0.75	0.79	0.86	0.84
B18	0.48	0.68	0.79	0.92	1.22	0.90	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85
B17	0.66	0.79	0.87	0.96	1.16	0.73	0.80	0.83	0.87	0.94	0.86
B20	0.89	0.99	1.05	1.12	1.28	0.72	0.79	0.83	0.86	0.94	0.95
B14	0.86	1.00	1.09	1.18	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05

P20, P40, P60, P80: 分别表示韧皮部 20%, 40%, 60% 和 80% 被冻死的温度 Temperatures at which 20%, 40%, 60% and 80% of phloem was injured, respectively; X20, X40, X60, X80: 分别表示木皮部 20%, 40%, 60% 和 80% 被冻死的温度 Temperatures at which 20%, 40%, 60% and 80% of xylem was injured, respectively.

的介绍。因此,本实验采用差热分析方法综合考虑了韧皮部、木质部的隶属函数值及综合隶属函数值,最终筛选出 3 个隶属函数值均低于贝达的 A 系列葡萄砧木株系 27 个和 B 系列砧木葡萄株系 3 个,并进一步结合抗葡萄根瘤蚜性能筛选得到了抗葡萄根瘤蚜且抗寒性强的候选葡萄砧木 A 系列株系 15 个和 B 系列株系 2 个。这些葡萄砧木根系抗寒性超过贝达,又具有较强抗葡萄根瘤蚜能力,这为生产提供了较好的抗寒抗葡萄根瘤蚜葡萄砧木候选材料。

参考文献 (References)

Boubals D, 1966. étude de la distribution et des causes de la resistance au phylloxera radicole chez les vitacees. *Annales de l'*

Amélioration des Plantes, 16: 145 - 184.

- Chen WZ, Yan FQ, Wang WJ, Wang XR, Li KW, 2012. Investigation of grapevine cold injury and prevention measures in Zhangjiakou area. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, (5): 42 - 45. [陈文朝, 闫凤岐, 王伟军, 王秀荣, 李克文, 2012. 张家口地区葡萄冻害调查及预防措施. *中外葡萄与葡萄酒*, (5): 42 - 45]
- Du YP, Wang ZS, Sun QH, Zhai H, Wang ZY, 2008. Evaluation on grape phylloxera resistance in several grape varieties and rootstocks. *Acta Entomologica Sinica*, 51(1): 33 - 39. [杜远鹏, 王兆顺, 孙庆华, 翟衡, 王忠跃, 2008. 部分葡萄品种和砧木抗葡萄根瘤蚜性能鉴定. *昆虫学报*, 51(1): 33 - 39]
- Fan PG, Li SC, Wang LJ, Yang MR, Wu BH, Duan W, Li LS, Zhong JY, Zhang YZ, Wen LZ, Zhang FQ, Luo FM, Li SH, 2010. Breeding of new variety 'Beimei' and 'Beihong'. *China Fruits*, (4): 5 - 8. [范培格, 黎盛臣, 王利军, 杨美容, 吴本宏, 段伟, 李连生, 钟静懿, 张映祝, 文丽珠, 张凤琴, 罗方梅, 李绍华, 2010. 葡萄酿酒新品种北红和北玫的选育. *中国果树*,

- (4): 5-8]
- Fan PG, Wang LJ, Wu BH, Duan W, Yang MR, Li SC, Liang ZC, Xin HP, Kuang YF, Guo YY, Liao XF, Li QJ, Li SH, 2015. New wine grape variety 'Beixin'. *Acta Horticulturae Sinica*, 42(2): 395-396. [范培格, 王利军, 吴本宏, 段伟, 杨美蓉, 黎盛臣, 梁振昌, 辛海平, 匡阳甫, 郭黎黎, 廖宣峰, 李前隽, 李绍华, 2015. 酿酒葡萄新品种'北馨'. 园艺学报, 42(2): 395-396]
- Gao Z, Zhai H, Sun LL, Ma YC, Du YP, 2014. Evaluation of root and bud cold hardiness of wine grape varieties based on temperature-injury relation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(4): 983-990. [高振, 翟衡, 孙鲁龙, 马艳春, 杜远鹏, 2014. 基于温度-伤害度关系分析酿酒葡萄根系及芽抗寒性. 应用生态学报, 25(4): 983-990]
- Granett J, Goheen AC, Lider LA, White JJ, 1987. Evaluation of grape rootstocks for resistance to type A and type B grape phylloxera. *Am. J. Enol. Vitic.*, 38(4): 298-300.
- Guo XW, 1994. Evaluation method on grape root cold hardiness. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, (4): 26-29. [郭修武, 1994. 葡萄根系抗寒性鉴定方法研究. 中外葡萄与葡萄酒, (4): 26-29]
- He PC, Luo GG, 1994. *Viticulture*. China Agriculture Press, Beijing. [贺普超, 罗国光, 1994. 葡萄学. 北京: 中国农业出版社]
- He W, Ai J, Fan ST, Yang YM, Wang ZX, Zhao Y, Qiao YZ, Zhang YF, Li XY, 2015. Study on evaluation method for cold resistance of grape cultivars and rootstock. *Journal of Fruit Science*, 32(6): 1135-1142. [何伟, 艾军, 范书田, 杨义明, 王振兴, 赵滢, 乔永在, 张亚凤, 李晓燕, 2015. 葡萄品种及砧木抗寒性评价方法研究. 果树学报, 32(6): 1135-1142]
- Shen HL, Zou LR, Chen L, Wen JH, 2012. The investigation report of grapevine cold injury in Jilin province. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, (6): 39-41. [申海林, 邹利人, 陈蕾, 温景辉, 2012. 年吉林省葡萄冻害调查报告. 中外葡萄与葡萄酒, (6): 39-41]
- Shen YJ, Shi GW, Xu H, Ge YX, 1992. Research and utilization of *Vitis amurensis* Rupr. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, (3): 29-32. [沈育杰, 史贵文, 徐浩, 葛玉香, 1992. 我国山葡萄种质资源研究与利用. 特产研究, (3): 29-32]
- Song GC, Granett J, 1990. Grape phylloxera (Homoptera: Phylloxeridae) biotypes in France. *J. Econ. Entomol.*, 83(2): 489-493.
- Song RG, Lu WP, Zhang QT, Li XH, Yang YM, Fan ST, Ai J, Shen YJ, Lin XG, 2012. Breeding of new wine grape variety 'Xuelanhong'. *China Fruits*, (5): 1-5. [宋润刚, 路文鹏, 张庆田, 李晓红, 杨义明, 范书田, 艾军, 沈育杰, 林兴桂, 2012. 山葡萄新品种"雪兰红"选育研究. 中国果树, (5): 1-5]
- Ye J, Zheng JZ, Tang GL, 2006. Infestation of phylloxera was found in Shanghai. *Plant Quarantine*, (2): 98. [叶军, 郑建中, 唐国良, 2006. 上海地区发现葡萄根瘤蚜危害. 植物检疫, (2): 98]
- Yuan JW, Guo ZJ, Ma AH, Liu CJ, Han B, Zhao SJ, 2013. Cold resistance identification and comprehensive evaluation of grape rootstocks. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 29(4): 99-103. [袁军伟, 郭紫娟, 马爱红, 刘长江, 韩斌, 赵胜建, 2013. 葡萄砧木抗寒性的鉴定与综合评价. 中国农学通报, 29(4): 99-103]
- Zang KM, Chi SQ, Ha YL, 2013. Cold injury analysis in Penglai during the winter in 2010 to spring in 2011. *Journal of Shandong Meteorology*, 135(3): 30-33. [臧克民, 迟淑芹, 哈艳丽, 2013. 2010-2011年冬春季蓬莱葡萄冻害的特征分析. 山东气象, 135(3): 30-33]
- Zhang KD, 2013. Investigation of grapevine cold injury and prevention measures in Huailai. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, (3): 39-40. [张克东, 2013. 怀来产区葡萄冻害发生与防寒对策. 中外葡萄与葡萄酒, (3): 39-40]

(责任编辑: 赵利辉)