

山葡萄种内和种间杂交 $F_1 \sim F_4$ 代果实酸和糖含量的遗传分析

宋润刚^{1*}, 郑永春², 路文鹏¹, 李昌禹¹, 沈育杰¹, 李晓红¹, 张宝香¹,
林兴桂¹

(¹中国农业科学院特产研究所, 吉林左家 132109; ²吉林农业科技学院, 吉林左家 132109)

摘要: 1973~2005年对我国东北地区山葡萄抗寒的种质资源(品种、品系)进行种内杂交,并与果实高糖低酸、不抗寒的欧亚种酿造葡萄品种进行种间杂交、回交和重复杂交(8种杂交模式),共73个组合,杂种苗成活10544株。共分离出低酸高糖3049株,占杂种苗总株数28.9%。8种杂交模式果实总酸含量(低-高)排列顺序是:(山-欧) F_2 × 欧亚种 (山-欧) F_1 × 欧亚种 山葡萄 × 欧亚种 (山-欧) F_1 × (山-欧) F_1 (山-欧) F_2 × (山-欧) F_2 (山-欧) F_2 × 山葡萄 (山-欧) F_1 × 山葡萄 山葡萄 × 山葡萄。果实糖含量(高-低)排列顺序是:(山-欧) F_2 × 欧亚种 (山-欧) F_1 × 欧亚种 (山-欧) F_2 × (山-欧) F_2 (山-欧) F_1 × (山-欧) F_1 山葡萄 × 欧亚种 (山-欧) F_1 × 山葡萄 (山-欧) F_2 × 山葡萄 山葡萄 × 山葡萄。遗传规律是:山葡萄种内和种间杂交后代($F_1 \sim F_4$)果实总酸和糖含量性状分离,表现为连续分布,趋向于高酸和低糖亲本,杂交组合中高酸低糖亲本越多,分离出的高酸低糖单株越多,为多基因控制的数量性状遗传。已从(山-欧) F_1 × 山葡萄、(山-欧) F_1 × (山-欧) F_1 和(山-欧) F_2 × (山-欧) F_2 杂交模式中选育出酿造干红山葡萄酒新品种‘左优红’、品系94-7-75、94-8-168、98-17-121和酿造冰红酒新品系2002-1-135。

关键词: 山葡萄; 杂交; 酸; 糖; 遗传

中图分类号: S 663.1 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2007) 04-0813-10

Heredity Analysis of Total Fruit Acid Content and Sugar Content of Progenies ($F_1 - F_4$) of *Vitis amurensis* Rupr. via Intraspecific or Interspecific Hybridization

SONG Run-gang^{1*}, ZHENG Yong-chun², LU Wen-peng¹, LI Chang-yu¹, SHEN Yu-jie¹, LI Xiao-hong¹, ZHANG Bao-xiang¹, and LIN Xing-gui¹

(¹ Institute of Special Wild Economic Animals and Plants, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zuoqia, Jilin 132109, China;

² Jilin Agricultural College of Science and Technology, Zuoqia, Jilin 132109, China)

Abstract: Ten thousand and five hundred forty-four hybrid plants survived in 73 crossing groups with 8 kinds of crossing models and 3049 plants were separated with low acid content and high sugar content, which is 28.9% among the total hybrid plants by intraspecific hybridization of *Vitis amurensis* Rupr. to cold-resisting resources of *Vitis amurensis* Rupr. (VA) and the interspecific hybridization, back cross and recrossing between VA and *Vitis vinifera* L. (VV) with high sugar content and low acid content in the northeast area of China from 1973 to 2005. The range of total acid content of 8 kinds crossing models (from low to high) was: (VA × VV) F_2 × VV (VA × VV) F_1 × VV (VA × VV) (VA × VV) F_1 × (VA × VV) F_1 (VA × VV) F_2 × (VA × VV) F_2 (VA × VV) F_2 × VA (VA × VV) F_1 × VA (VA × VA) and

收稿日期: 2007-04-10; 修回日期: 2007-06-05

基金项目: 吉林省自然科学基金项目(990214; 20050212)

* E-mail: SRG5463@163.com; Tel: 0432-6513425

the range of fruit sugar contents (from high to low) was: (VV \times VA) F₂ \times VV (VV \times VA) F₁ \times VV (VV \times VA) F₂ \times (VV \times VA) F₂ (VV \times VA) F₁ \times (VV \times VA) F₁ (VA \times VV) (VV \times VA) F₁ \times VA (VV \times VA) F₂ \times VA (VV \times VA). It showed a continuous distribution and tended to the parent with high acid content and low sugar content in the hereditary laws of the separation of total acid content and sugar content of intraspecific hybridization and interspecific hybridization of VA (F₂ - F₄), and the more crossings of those parents were used, the more progenies were separated with high acid content and low sugar content; and the laws showed quantity trait heredity controlled by multi-gene. A new variety named 'Zuo Youhong' and strains of 94-7-75, 94-8-168, 98-17-121 and 2002-1-135 for dry-red grape wine and a new strain for ice-red grape wine were bred from the progenies of crossing models of (VA \times VV) F₁ \times VA, (VA \times VV) F₁ \times (VA \times VV) F₁ and (VA \times VV) F₂ \times (VA \times VV) F₂.

Key words: *Vitis amurensis* Rupr; Crossing; Acid; Sugar; Heredity

我国东北地区冬季严寒, 无霜期短, 有效积温不足, 欧亚种葡萄大多数酿酒品种即使采取下架埋土防寒措施, 浆果仍不能充分成熟 (宋润刚等, 1998a, 1998b)。因此, 东北地区葡萄酒工业受到原料的限制, 长期以来产品结构是单一半汁、低档的甜红山葡萄酒。有关山葡萄种内、种间和鲜食葡萄种内杂交后代果实成熟期遗传的研究, 我国葡萄属野生种抗寒性的研究, 我国葡萄属野生种抗病性的研究, 我国山葡萄产业发展与对策, 山葡萄种内杂交后代的性状遗传和山葡萄种内杂交 F₁代对霜霉病抗性的研究等, 已有很多报道 (贺普超和牛立新, 1989; 贺普超和王跃进, 1991; 林兴桂等, 1993; 宋润刚等, 1998a, 1998b, 2002, 2005a, 2005b; 郭印山等, 2003)。但山葡萄种内和种间杂交后代 (F₁ ~ F₄) 果实总糖和总酸含量的遗传规律, 目前国内外尚未见报道。

作者于 1973 ~ 2005 年, 用低酸高糖抗寒的种质资源山葡萄 (品种、品系) 进行种内杂交, 再与不抗寒的欧亚种葡萄中著名的酿酒品种进行种间杂交、回交和重复杂交, 以使这些种质优良性状组合在一起, 试图摸索出山葡萄种内和种间杂交后代果实总酸和糖含量遗传规律, 为今后杂交育种的亲本合理选配、提高育种效率和选育出在我国东北寒带地区简易防寒或不防寒可露地越冬, 可酿造干红、冰红或干白葡萄酒的新品种奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验于 1973 ~ 2005 年在吉林省左家中国农业科学院特产研究所山葡萄育种试验园进行。本试验园地处东经 126°05', 北纬 44°04', 年平均气温 3.6℃, 常年最低气温 -39.8 ~ -30.6℃, 年无霜期 118 ~ 124 d, 活动积温 2 567.2 ~ 2 779.6℃, 年降水量 635.12 ~ 679.00 mm。日照时数 2 292.2 h。

1.2 试验材料

所用杂交亲本山葡萄 (*Vitis amurensis* Rupr)、欧亚种酿酒葡萄 (*V. vinifera* L.) 和山—欧 F₁代 (*V. amurensis* \times *V. vinifera*) 的果实糖酸含量和分类见表 1。种内和种间所用杂交亲本 (F₁ ~ F₂) 花粉采自本所育种试验园, 欧亚种葡萄酿造品种花粉分别采自张裕 (山东高密县) 和长城葡萄酒公司 (河北怀来) 的酿酒原料基地。

1.3 试验方法

1973 ~ 1998 年应用 8 种杂交模式 (表 2), 分 15 批杂交, 定植 73 个组合 16 629 株杂种实生苗。成活 10 554 株。

杂种圃为山间缓坡地, 篱架栽植, 行距 2.5 m, 株距 0.50 ~ 0.75 m。山葡萄种间杂种苗 (树) 入冬下架简易防寒 (埋土厚 20 cm, 宽 60 cm), 山葡萄种内杂种苗 (树) 不防寒。

表 1 山葡萄种内和种间杂交亲本果实糖酸含量的分类

Table 1 Classification of sugar and acid contents in fruit of intraspecific and interspecific hybridization of *Vitis amurensis* Rupr.

| 亲本类型 Type of parents | 亲本来源 Source of parents | 品种 Variety | 糖含量 Sugar content(%) | 酸含量 Acid content(%) |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 高酸低糖 High acid and low sugar | (VA \times VA) F_1 | 左山一 Zuoshan 1 | 10.8 | 3.34 |
| | | 016 | 13.2 | 3.01 |
| | | 88100 | 12.6 | 2.76 |
| 中糖中酸 Middle acid and sugar | (VA \times VA) F_1 | 左山二 Zuoshan 2 | 16.8 | 1.66 |
| | | 双优 Shuangyou | 14.6 | 2.21 |
| | | 双红 Shuanghong | 15.0 | 2.03 |
| | | 74-1-326 | 16.6 | 1.74 |
| | | 83-3-26 | 16.2 | 1.56 |
| 高酸低糖 High acid and low sugar | (VA \times VV) F_1 | 93-7-21 | 14.6 | 2.26 |
| | | 94-1-29 | 14.4 | 2.37 |
| | | 95-1-69 | 13.6 | 2.24 |
| | | 95-6-213 | 12.4 | 2.97 |
| | | 95-7-25 | 12.8 | 2.91 |
| 中糖中酸 Middle acid and sugar | (VA \times VV) F_1 | 79-26-18 | 17.6 | 1.54 |
| | | 83-6-138 | 17.2 | 1.57 |
| | | 93-1-113 | 15.2 | 1.83 |
| | | 94-4-27 | 16.4 | 2.00 |
| 高酸低糖 High acid and low sugar | (VA \times VV) F_2 | 93-1-36 | 12.4 | 2.46 |
| | | 94-1-56 | 15.3 | 2.11 |
| | | 95-3-99 | 14.6 | 1.97 |
| | | 95-4-58 | 13.8 | 2.00 |
| | | 中糖中酸 Middle acid and sugar | (VA \times VV) F_2 | 92-1-114 |
| 95-1-122 | 17.0 | | | 1.49 |
| 93-6-57 | 17.8 | | | 1.41 |
| 87-8-96 | 20.0 | | | 1.39 |
| 低酸高糖 Low acid and high sugar | (VA \times VV) F_2 | 98-1-52 | 22.0 | 1.37 |
| | | 93-1-56 | 19.0 | 1.42 |
| | | 94-11-105 | 21.2 | 1.31 |
| | | 哈桑 Hasang | 17.8 | 1.52 |
| 低酸高糖 Low acid and high sugar | <i>V. vinifera</i> L. | 小红玫瑰 Red Muscat | 19.0 | 1.02 |
| | | 梅鹿辄 Merlot | 19.8 | 1.10 |
| | | 白诗南 Chenin Blanc | 20.0 | 0.99 |
| | | 赤霞珠 Cabeme Sacclignon | 23.0 | 0.90 |
| | | 白雷司令 White Riesling | 20.0 | 1.10 |
| | | 白玉雯 Ugni Blanc | 21.0 | 1.07 |

注：VA. 山葡萄；VV. 欧亚种葡萄。

Note: VA. *Vitis amurensis* Rupr; VV. *Vitis vinifera* L.

表 2 山葡萄种内和种间杂交组合类型与模式

Table 2 Combination types and modes of intraspecific and interspecific hybridizations of *Vitis amurensis* Rupr.

| 序号 Code | 杂交组合类型 Type of cross combination |
|------------|--|
| 1 | 山葡萄 \times 山葡萄 VA \times VA |
| 2 | 山葡萄 \times 欧亚种 VA \times VV |
| 3 | (山—欧) F_1 \times 山葡萄 (VA \times VV) F_1 \times VA |
| 4 | (山—欧) F_1 \times 欧亚种 (VA \times VV) F_1 \times VV |
| 5 | (山—欧) F_1 \times (山—欧) F_1 (VA \times VV) F_1 \times (VA \times VV) F_1 |
| 6 | (山—欧) F_2 \times 山葡萄 [(VA \times VV) F_2 \times VA] |
| 7 | (山—欧) F_2 \times 欧亚种 [(VA \times VV) F_2 \times VV] |
| 8 | (山—欧) F_2 \times (山—欧) F_2 [(VA \times VV) F_2 \times (VA \times VV) F_2] |

注：VA. 山葡萄；VV. 欧亚种葡萄。

Note: VA. *Vitis amurensis* Rupr; VV. *Vitis vinifera* L.

1.4 调查项目和记载方法

杂种苗(树)果实总酸分5级。1级: 1.0% ~ 1.4%; 2级: 1.41% ~ 1.6%; 3级: 1.61% ~ 2.0%; 4级: 2.1% ~ 2.5%; 5级: 2.51% ~ 3.67%。

果实糖含量(可溶性固形物)分为5级。1级: 20% ~ 23%; 2级: 18.0% ~ 19.9%; 3级: 16.0% ~ 17.9%; 4级: 14.0% ~ 15.9%; 5级: 9.0% ~ 13.9%。

酸碱滴定法测定果实总酸含量,手持折光仪测定果实含糖量,均为3次重复。

统计不同类型杂交组合亲本的亲中值(父母本果实含总酸和糖量相加/2),子代平均值(杂种后代果含总酸、糖量相加/2),子代分布(杂交后代分离出总酸和糖的级数),变异系数 $CV(\%) = S/X \times 100$,极值(杂交后代果实总酸和糖最低和最高值),优势率 $(\%) = (Y - MP) / MP \times 100$ 和组合传递力 $(\%) = Y / MP \times 100$ 。 S 代表标准差; X 代表亲中值; Y 代表子代平均值; MP 代表亲本平均值。

2 结果与分析

2.1 山葡萄 × 山葡萄 (VA × VA)

山葡萄种内杂交(F_1)正反交5个组合824株杂种实生苗(树),果实含酸和含糖量表现为连续分布,属数量性状遗传。

杂种后代果实含酸、含糖倾向于高酸和低糖亲本,杂交组合中高酸、低糖亲本越多,分离出的高酸和低酸单株越多,为多基因控制的数量性状遗传。

5个杂交组合未分离出低含酸和高含糖(1~2级)单株,分离出含酸中等和含糖中等(3级)248株和258株,占这一杂交模式的杂种苗总株数的30.1%和31.3%。其中,中含酸 × 中酸和中糖 × 中糖(83-3-160 × 83-3-26)的正反交组合 F_1 代总株数408株,分离出中等含酸和中等含糖(3级)168株和179株,占杂种苗总株数41.2%和43.9%,高于高酸 × 中酸、低糖 × 中糖(左山一 × 双优、左山一 × 双红)和高含酸 × 高含酸、低含糖 × 低含糖(左山一 × 88100)的16.2%、28.0%和19.8%、30.2%。

5个杂交组合的后代分离出果实含酸小于低亲(低含酸亲本)株数占总株数5.7%,大于高亲(高含酸亲本)占22.3%,变异系数8.47%,极值10.2% ~ 17.4%,优势率2.33%,传递力102.2%。果实含糖小于低亲(低含糖亲本)占13.9%,大于高亲(高含糖亲本)占2.6%,变异系数7.47%,极值9.2% ~ 17.4%,优势率1.87%,传递力103.4%。

2.2 山葡萄与欧亚种品种间及种间杂交

应用7种杂交模式配置68个(正反交)组合,9720株杂种后代($F_1 \sim F_4$)的果实含酸和糖的遗传表现为连续分布,为多基因控制的数量性状遗传,杂种后代含酸倾向于高酸低糖亲本,即杂交组合中高酸低糖亲本越多,分离出的高酸低糖单株越多。

2.2.1 山葡萄 × 欧亚种 (VA × VV)

以山葡萄为母本,欧亚种酿酒葡萄为父本,杂交9个组合,1171株杂种实生苗(树)中,分离出低含酸和高含糖(2级)131株和60株,占这一配置杂交模式的杂种苗总株数的37.9%和7.3%。

其中,中等含酸 × 低含酸(双红 × 赤霞珠、左山二 × 小红玫瑰)总株数167株,分离出低含酸(2级)67株,占杂种苗总株数40.1%,分别高于高含酸 × 低含酸(左山一 × 赤霞珠、88100 × 白雷司令)的3.9%和5.5%。未分离出小于低亲(含酸低亲本)的单株,大于高亲(含酸高亲本)占21.34%;变异系数9.36%,极值1.57% ~ 2.34%,优势率2.65%,传递力102.6%。中等含糖 × 高

含糖 (83-3-160 \times 梅鹿辄、双红 \times 赤霞珠、83-3-160 \times 梅鹿辄和左山二 \times 白诗南) 的杂种苗的总株数为 408 株, 分离出高糖 (2 级) 49 株, 占这 3 个杂交组合总株数的 12.0%, 高于低糖 \times 高糖 (016 \times 白雷司令) 7.2%。中糖 \times 中糖 (双红 \times 哈桑), 未分离出高糖 (2 级) 的单株。小于低亲 (低含糖亲本) 占 20.7%, 未分离出大于高亲 (高含糖亲本) 单株; 变异系数 9.36%, 极值 10.2% ~ 17.4%, 优势率 2.65%, 传递力 102.6%。

2.2.2 (山—欧) $F_1 \times$ 山葡萄 [$(VA \times VV) F_1 \times VV$]

9 个组合 1 196 株杂种实生苗 (树), 分离出低酸和高糖 (1~2 级) 50 株和 41 株。占杂种苗总株数 9.3% 和 6.3%。

其中, 中酸 \times 中酸 (79-26-18 \times 74-1-326) 的正反交分离出低酸 (2 级) 28 株, 占 11.2%, 高于高酸 \times 中酸 (94-1-29 \times 双红)、高酸 \times 高酸 (94-1-29 \times 016) 组合 2.0% 和 7.5%, 小于低亲 (低含酸亲本) 占 9.7%, 大于高亲 (高含酸亲本) 占 15.2%, 变异系数 23.2%, 极值 1.44% ~ 2.39%, 优势率 2.57%, 组合传递力 117.6%。中等含糖 \times 高含糖 (79-26-18 \times 83-3-26、83-6-138 \times 83-3-160) 组合 412 株, F_2 代分离出高含糖 (1~2 级) 41 株; 占 9.3%。低含糖 \times 中等含糖 (93-7-21 \times 双红), 低含糖 \times 低含糖 (93-7-21 \times 016) 的组合未分离出高含糖 (1~2 级) 的单株, 小于低亲 (低含糖亲本) 占 17.3%, 大于高亲 (高含糖亲本) 占 9.5%, 变异系数 12.6%, 极值 13.2% ~ 21.0%, 优势率 - 1.64%, 组合传递力 94.6%。

2.2.3 (山—欧) $F_1 \times$ 欧亚种 [$(VA \times VV) F_1 \times VV$]

10 个组合 1 145 株杂种实生苗 (树), 分离出低含酸和高含糖 (1~2 级) 266 株和 215 株, 占杂种苗总株数 45.7% 和 38.2%。

其中, 中等含酸 \times 低含酸 (93-1-113 \times 梅鹿辄) 杂交组合 202 株, 分离出低酸 (1~2 级) 多达 101 株, 占总株数 50.0%, 分别高于这一杂交模式的中等含酸 \times 中等含酸 (93-1-113 \times 哈桑)、高含酸 \times 低含酸 (95-1-69 \times 赤霞珠) 组合 8.4% 和 5.1%。未分离出小于低亲 (低含酸亲本) 单株, 大于高亲 (高含酸亲本) 占 11.4%, 变异系数 15.5%, 极值 1.21% ~ 2.31%, 优势率 1.4%, 组合传递力 97.3%。中等含糖 \times 高含糖 (95-4-27 \times 赤霞珠) 的 137 株, 分离出高含糖 (1~2 级) 63 株, 占 46.0%, 高于中等含糖 \times 中等含糖正反交 (95-4-27 \times 哈桑), 低含糖 \times 高含糖 (93-7-21 \times 梅鹿辄、93-7-21 \times 白诗南) 组合 8.7% 和 12.7%, 小于低亲 (低含糖亲本) 占 14.9%, 未分离出大于高亲 (高含糖亲本) 单株, 变异系数 6.3%, 极值 13.2% ~ 22.7%, 优势率 - 1.73%, 组合传递力 98.6%。

2.2.4 (山—欧) $F_1 \times$ (山—欧) F_1 [$(VA \times VV) F_1 \times (VA \times VV) F_1$]

杂交 10 个组合 1 742 株杂种实生苗 (树) (表 3), 分离出低含酸和高含糖 (1~2) 级的 212 株和 239 株, 占这一杂交模式杂种苗总株数的 27.9% 和 24.3%。

其中, 中等含酸 \times 中等含酸 (93-1-113 \times 79-26-18) 的正反交组合分离出低酸 (1~2 级) 163 株, 占 32.7%, 高于高含酸 \times 中等含酸、高含酸 \times 高含酸组合 8.8% 和 25.4%。小于低亲 (低含酸亲本) 7.9%, 大于高亲 (高含酸亲本) 19.3%, 变异系数 24.2%, 极值 1.27% ~ 2.01%, 优势率 3.51%, 组合传递力 105.5%。中等含糖 \times 中等含糖 (95-4-27 \times 83-6-138) 正反交 2 个杂交组合分离出高含糖 (1~2 级) 多达 179 株, 占 29.8%, 分别高于这一杂交模式中的低含糖 \times 中等含糖正反交组合、低含糖 \times 低含糖组合 6.5% 和 28.3%, 小于低亲 (低含糖亲本) 占 17.7%, 大于高亲 (高含糖亲本) 占 6.4%, 变异系数 21.6%, 极值 13.2% ~ 21.6%, 优势率 - 1.74%, 组合传递力 99.6%。

表 3 山葡萄种间杂交 F₂ 代果实含酸和糖比较
 Table 3 Comparison of total acid and total sugar in fruit of
 interspecific hybrid (F₂) of *Vitis amurensis* Rupr.

| 组合类型 Combination type | 杂交组合 Cross combination | 子代株数 Plant of F ₁ - F ₄ generation (plant) | 子代含总酸级分布 Series distribution of acid of progenies | | | | | 1, 2级低含酸和高含糖株 The low acid and high sugar plant of 1 and 2 series (%) |
|---|---------------------------|--|--|----|----|-----|----|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 中等含酸 × 中等含酸 The moderate acidiferous × the moderate acidiferous | 93-1-113 × 79-26-18 | 377 | 44 | 78 | 81 | 97 | 77 | 32.4 |
| | 79-26-18 × 93-1-113 | 121 | 16 | 25 | 26 | 35 | 19 | 33.9 |
| 高含酸 × 中等含酸 The high acidiferous × the moderate acidiferous | 95-1-69 × 79-26-18 | 77 | 3 | 18 | 13 | 16 | 17 | 27.3 |
| | 79-26-18 × 95-1-69 | 103 | 0 | 22 | 19 | 22 | 40 | 21.4 |
| 高含酸 × 高含酸 The high acidiferous × the high acidiferous | 95-1-69 × 95-6-213 | 82 | 0 | 6 | 16 | 14 | 46 | 7.3 |
| 中等含糖 × 中等含糖 The moderate sugary × the moderate sugary | 95-4-27 × 83-6-138 | 347 | 19 | 86 | 53 | 102 | 87 | 30.3 |
| | 83-6-138 × 95-4-27 | 253 | 16 | 58 | 39 | 61 | 79 | 29.2 |
| 低含糖 × 中等含糖 The low sugary × the moderate sugary | 95-7-25 × 83-6-138 | 187 | 0 | 44 | 19 | 42 | 82 | 23.5 |
| | 83-6-138 × 95-7-25 | 62 | 0 | 14 | 8 | 16 | 24 | 22.6 |
| 低含糖 × 低含糖 The low sugary × the low sugary | 95-7-25 × 95-1-69 | 133 | 0 | 2 | 19 | 67 | 45 | 1.50 |

2.2.5 (山—欧) F₂ × 山葡萄 [(VA × VV) F₂ × VA]

10个组合 1 170株杂种实生苗 (树), 分离出低含酸高含糖 (1~2级) 101株和 31株, 占杂种苗总株数 18.0%和 5.1%。

其中, 低含酸 × 中等含酸正反交 (98-1-52 × 双红) 的组合分离出低酸 (1~2级) 80株, 占 25.6%, 高于中等含酸 × 中等含酸 (95-1-122 × 双红)、中等含酸 × 高含酸 (92-1-114 × 016) 组合 4.8%和 21.6%。高含酸 × 高含酸 (94-1-56 × 016) 的组合未分离出低酸 (1~2) 级的单株, 小于低亲 (低含酸亲本) 占 2.6%, 大于高亲 (高含酸亲本) 占 13.7%, 变异系数 29.6%, 极值 1.37%~2.39%, 优势率 6.3%, 组合传递力 112.1%。高含糖 × 中等含糖正反交 (93-1-56 × 双红) 组合分离出高含糖 (1~2级) 为 31株, 占 10.5%。中等含糖 × 中等含糖 (92-1-114 × 双优)、低含糖 × 中等含糖 (93-1-36 × 双优) 和低含糖 × 低含糖 (93-1-36 × 88100) 的组合未分离出高含糖 (1~2级) 的单株。小于低亲 (低含糖亲本) 占 25.6%, 大于高亲 (高含糖亲本) 占 4.1%。变异系数 21.36%, 极值 13.2%~21.0%, 优势率 -1.78%, 组合传递力 96.6%。

2.2.6 (山—欧) F₂ × 欧亚种 [(VA × VV) F₂ × VV]

10个组合 1 073株杂种实生苗 (树), 后代分离出低含酸和高含糖 (1~2级) 高达 372株和 187株, 占这一杂交模式杂种苗总株数 57.7%和 43.7%。

其中, 低含酸 × 低含酸 (98-1-52 × 赤霞珠、98-1-52 × 白玉霓) 组合分离出低酸 (1~2级) 多达 159株, 占 70.0%, 高于这一杂交模式中等含酸 × 低含酸、中等含酸 × 中等含酸、高含酸 × 低含酸组合 13.3%、18.2%和 29.7%。未分离出小于低亲 (低含酸亲本) 单株, 大于高亲 (高含酸亲本) 占 12.2%, 变异系数 23.4%, 极值 1.24%~2.09%, 优势率 3.34%, 组合传递力 113.1%。高含糖 × 高含糖 (93-1-56 × 赤霞珠、93-1-56 × 白玉霓、94-11-105 × 赤霞珠) 杂交组合 F₃代分离出高含糖 (1~2级) 多达 128株, 占 49.0%, 分别高于这一杂交模式中等含糖 × 中等含糖、低含糖 × 高含糖组合

11.2%和 18.6%。小于低亲（低含糖亲本）占 15.06%，未分离出大于高亲（高含糖亲本）单株。变异系数 11.3%，极值 13.2% ~ 23.0%，优势率 - 1.58%，组合传递力 98.4%（表 4）。

表 4 山葡萄种间杂交 F_3 代果实含酸和糖比较
Table 4 Comparison of total acid and total sugar in fruit of interspecific crossing (F_3) in *Vitis amurensis* Rupr.

| 组合类型 Combination type | 杂交组合 Cross combination | 子代株数 Plant of $F_1 - F_4$ generation (plant) | 子代含总酸级分布 Series distribution of acid of progenies | | | | | 1,2级低含酸和高含糖株 The low acid and high sugar plant of 1 and 2 series(%) |
|---|--|--|--|----|----|----|----|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 低酸 \times 低酸 The low acidiferous \times the low acidiferous | 98-1-52 \times 赤霞珠 | 69 | 17 | 35 | 6 | 9 | 2 | 75.4 |
| | 98-1-52 \times Cabemet Sauvignon | | | | | | | |
| | 98-1-52 \times 白玉霓 98-1-52 \times Ugni Blanc | 158 | 31 | 76 | 17 | 22 | 12 | 67.7 |
| 中等含酸 \times 低含酸 The moderate acidiferous \times the low acidiferous | 92-1-114 \times 白诗南 | 233 | 45 | 87 | 31 | 47 | 23 | 56.7 |
| | 98-1-114 \times Chenin Blanc | | 9 | 20 | 11 | 9 | 7 | |
| 中等含酸 \times 中等含酸 The moderate acidiferous \times the moderate acidiferous | 92-1-114 \times 哈桑 92-1-114 \times Hasang | 56 | 9 | 20 | 11 | 9 | 7 | 51.8 |
| 高含酸 \times 低含酸 The high acidiferous \times the low acidiferous | 94-1-56 \times 梅鹿辄 94-1-56 \times Merlot | 129 | 20 | 32 | 45 | 10 | 22 | 40.3 |
| 高糖 \times 高糖 The high sugary \times the high sugary | 93-5-56 \times 赤霞珠 | 69 | 19 | 22 | 14 | 14 | 0 | 59.4 |
| | 93-5-56 \times Cabemet Sauvignon | | | | | | | |
| | 93-5-56 \times 白玉霓 93-5-56 \times Ugni Blanc | 34 | 9 | 10 | 6 | 8 | 1 | 55.9 |
| | 94-11-105 \times 赤霞珠 92-11-105 \times Cabemet Sauvignon | 158 | 37 | 31 | 39 | 34 | 17 | 43.0 |
| 中等含糖 \times 中等含糖 The moderate sugary \times the moderate sugary | 92-1-114 \times 哈桑 92-1-114 \times Hasang | 111 | 13 | 29 | 32 | 29 | 8 | 37.8 |
| 低糖 \times 高糖 The low sugary \times the high sugary | 93-1-36 \times 赤霞珠 93-1-36 \times Cabemet Sauvignon | 56 | 3 | 14 | 13 | 17 | 9 | 30.4 |

2.2.7 (山—欧) $F_2 \times$ (山—欧) F_2 [(VA \times VV) $F_2 \times$ (VA \times VV) F_2]

(山—欧) F_2 与 (山—欧) F_2 正反交 F_4 的 10个组合 2 223株杂种实生苗 (树)，后代分离出低含酸和高含糖 (1~2级) 的 317株和 321株，占这一杂交模式杂种苗总株数的 26.2%和 31.7%。

其中，低含酸 \times 低含酸的正反交 (98-1-52 \times 87-8-96) 组合 F_4 代分离出低酸 (1~2级) 多达 164株，占 32.9%，高于中等含酸 \times 中等含酸、中等含酸 \times 高含酸、高含酸 \times 高含酸组合 6.2%、11.9%和 25.4%。小于低亲 (低含酸亲本) 占 8.6%，大于高亲 (高含酸亲本) 占 17.70%，变异系数 25.52%，极值 1.34% ~ 2.45%，优势率 2.24%，组合传递力 102.2%。高含糖 \times 高含糖 (93-1-56 \times 87-8-96) 杂交组合 F_4 代分离出高含糖 (1~2级) 多达 156株，占这个杂交组合总株数的 51.3%，高于中等含糖 \times 高含糖、中等含糖 \times 中等含糖、低含糖 \times 高含糖组合 18.8%、28.0%和 18.5%。低含糖 \times 低含糖 (95-4-58 \times 93-1-36) 的组合未分离出高含糖 (1~2级) 的单株。小于低亲 (低含糖亲本) 占 15.4%，大于高亲 (高含糖亲本) 占 10.6%。变异系数 25.7%，极值 13.2% ~ 22.6%，优势率 - 1.47%，组合传递力 94.4% (表 5)。

表 5 山葡萄种间杂交 F_4 代果实含酸和糖比较
 Table 5 Comparison of total acid and total sugar in fruit of interspecific crossing (F_4) in *Vitis amurensis* Rupr.

| 组合类型 Combination type | 杂交组合 Cross combination | 子代株数 Plant of $F_1 - F_4$ generation (plant) | 子代含总酸级分布 Series distribution of acid of progenies | | | | | 1, 2级低含酸和高含糖株 The low acid and high sugar plant of 1 and 2 series (%) |
|---|--|--|--|----------|-----------|----------|----------|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 低含酸 × 低含酸 The low acidiferous × the low acidiferous | 98-1-52 × 87-8-96 87-8-96 × 98-1-52 | 304 194 | 29 18 | 73 44 | 122 67 | 53 49 | 27 16 | 33.6 32.0 |
| 中等含酸 × 中等含酸 The moderate acidiferous × the moderate acidiferous | 92-1-114 × 93-6-57 | 412 | 29 | 81 | 85 | 127 | 90 | 26.7 |
| 中等含酸 × 高含酸 The moderate acidiferous × the high acidiferous | 92-1-114 × 95-3-99 | 152 | 0 | 32 | 34 | 49 | 37 | 21.1 |
| 高含酸 × 高含酸 The high acidiferous × the high acidiferous | 94-1-56 × 95-3-99 | 147 | 0 | 11 | 22 | 63 | 51 | 7.5 |
| 高含糖 × 高含糖 The high sugary × the high sugary | 93-1-56 × 87-8-96 | 304 | 66 | 90 | 79 | 69 | 0 | 51.3 |
| 中等含糖 × 高含糖 The moderate sugary × the high sugary | 92-1-114 × 93-1-56 | 77 | 3 | 22 | 19 | 16 | 17 | 32.5 |
| 中等含糖 × 中等含糖 The moderate sugary × the moderate sugary | 92-1-114 × 95-1-122 | 412 | 15 | 81 | 127 | 103 | 86 | 23.3 |
| 低含糖 × 高含糖 The low sugary × the high sugary | 93-1-36 × 87-8-96 | 134 | 11 | 33 | 31 | 26 | 33 | 32.8 |
| 低含糖 × 低含糖 The low sugary × the low sugary | 95-4-58 × 93-1-36 | 87 | 0 | 0 | 26 | 22 | 39 | 0 |

3 讨论

山葡萄种内和种间杂交应用 8 种杂交模式, 73 个组合 10 544 株杂种 ($F_1 \sim F_4$) 苗 (树) 共分离出低酸高糖的植株 3 049 株, 占杂种苗总株数 28.9%。其中, 38 个不同含酸量组合 5 468 株, 分离出低酸 (1~2 级) 1 697 株, 占杂种苗总数的 31.0%, 35 个不同含糖量组合 5 076 株, 分离出果实高含糖 (1~2 级) 1 352 株, 占杂种苗总数的 26.6%。果实总酸含量 (低 高) 排列顺序是: (山—欧) F_2 × 欧亚种 (山—欧) F_1 × 欧亚种 山葡萄 × 欧亚种 (山—欧) F_1 × (山—欧) F_1 (山—欧) F_2 × (山—欧) F_2 (山—欧) F_2 × 山葡萄 (山—欧) F_1 × 山葡萄 山葡萄 × 山葡萄。果实糖含量 (高 低) 排列顺序是: (山—欧) F_2 × 欧亚种 (山—欧) F_1 × 欧亚种 (山—欧) F_2 × (山—欧) F_2 (山—欧) F_1 × (山—欧) F_1 山葡萄 × 欧亚种 (山—欧) F_1 × 山葡萄 (山—欧) F_2 × 山葡萄 山葡萄 × 山葡萄。

此项研究证明: 山葡萄种内和种间杂交育种, 其杂交技术要求高且操作复杂, 周期长, 耗资巨大, 选育出在寒地能露地越冬可酿造干红和干白山葡萄酒的新品种难度较大。因此, 杂交的模式和亲本的选择极为重要。选用山—欧 $F_1 \sim F_2$ 为杂交亲本, 必须选择抗病、果实穗粒大、含酸低、含糖高、早熟或极早熟的品种、品系或类型。(山—欧) F_1 × 欧亚种、(山—欧) F_2 × 欧亚种、山葡萄 × 欧亚

种的 3 种杂交模式虽然分离出低酸、高糖单株是 8 种杂交模式中最高的，但抗寒力大幅度下降（用欧亚种酿酒葡萄重复杂交一次，其抗寒力下降 50%），杂种后代在寒地越冬需下架埋土防寒，用于建立酿酒原料基地无价值。从这 3 种杂交模式中选育出在东北寒地早熟、高糖低酸可酿造干红山葡萄酒可露地越冬的新品种不可能实现，只能用于作为种间杂交育种过渡材料，可根据育种目标从中选出优良单株做杂交育种亲本。山葡萄 \times 山葡萄的种内杂交模式中未分离出低酸高糖（1~2 级）的单株，这也说明从山葡萄种内杂交选育出低酸高糖可酿造干红山葡萄酒新品种是不可能实现的。（山—欧） F_1 \times 山葡萄和（山—欧） F_2 \times 山葡萄是山葡萄种间杂交后代分离出低含酸高含糖单株较少和抗寒力最高的育种杂交模式，从这两种杂交模式中选出新的优良单株的酒质有较强的山葡萄典型性，但存在果实总酸含量偏高，酒的口味不细腻和香气略不足等缺点。

已从（山—欧） F_1 \times 山葡萄这一杂交模式中选育出早熟、穗粒大、果实总酸低、糖高、可酿造干红葡萄酒新品种‘左红一’（王军和宋润刚，1997）和‘左优红’（宋润刚等，2005b），这两个品种在 1996 和 2005 年通过吉林省农作物品种审定委员会审定。（山—欧） F_1 \times （山—欧） F_1 ，（山—欧） F_2 \times （山—欧） F_2 的杂交后选育出优良株系试酿干红和干白葡萄酒具有独特果香和酒香。在重复杂交及第 1 次杂交（做两个 F_1 杂交时）应用亲本之一（父本或母本），可选择白色或蓝黑色果皮，果实低酸，含糖高酿酒品质好的欧亚种葡萄酿酒优良品种（赤霞珠、梅鹿辄、白诗南、白雷司令和霞多丽等），这些品种在寒地生产栽培表现果实不能成熟，根据育种目标进行第 2 次杂交（山—欧） F_1 \times （山—欧） F_1 或第 3 次杂交（山—欧） F_2 \times （山—欧） F_2 ，使抗寒山葡萄与不抗寒欧亚种著名酿酒品种的优良性状组合在一起，可从 $F_2 \sim F_4$ 代中选育出既不象欧亚种，也不同于山葡萄的早熟，丰产，浆果酿酒酒质好，在东北寒带地区能露地越冬，可酿造干红或干白葡萄酒的新品种。已从这两个杂交模式中选育出穗粒大，果实低酸含糖，出汁率高，可露地越冬，酿造干红和干白葡萄酒新品系 94-7-75（在当地 9 月 10 日果实成熟，果穗平均 131.2 g，果粒平均 1.39 g，果实含糖 19.6%，总酸 1.341%，出汁率 63.6%），94-8-168（9 月 15 日果实成熟，果穗平均 159.8 g，果粒平均 1.56 g，果实含糖 19.9%，总酸 1.392%，出汁率 67.2%），98-17-121（9 月 13 日果实成熟，果穗平均 155.4 g，果粒平均 1.51 g，果实含糖 21.2%，总酸 1.31%，出汁率 67.3%）和酿造冰红酒新品系 2002-1-135（9 月 19 日果实成熟，2006 年 11 月 6 日室内测试树挂自然浓缩冰冻果实果穗平均 116.2 g，果粒平均 1.09 g，果实含糖 26.4%，总酸 1.15%，出汁率 19.2%）。

山葡萄穗粒小，果实含糖低，总酸和单宁高，酿造的半汁酒口感粗糙，香气不足，这些劣质性状在杂交后代呈显性遗传（宋润刚等，1998b）。山葡萄种内及种间杂交后代果实含总酸和糖的遗传规律和作用方式报道极少。何宁和赵宝璋（1981）认为，山葡萄与欧亚种或美洲种葡萄进行杂交（ $F_1 \sim F_2$ ），果实含糖量不但超双亲，而且表现为“特殊杂种优势”，这一结论与本试验结果截然不同，这可能与试验地点的气候条件有关，采用欧亚种亲本、山葡萄亲本和杂交代数均不同（本试验为 $F_1 \sim F_4$ ），杂交后代果实测定的样品并非取自同一地点。因此，对这一性状遗传分析结论有待商榷，在今后抗寒育种中有待深入研究明确。根据作者的研究结果和前面分析，我们认为山葡萄种内和种间杂交（ $F_1 \sim F_4$ ）后代果实含总酸和糖表现为连续分布，为多基因控制的数量性状遗传，趋向于高酸低糖亲本，即杂交组合中高酸低糖亲本越多，分离出的高酸低糖单株越多。选育出早熟，低酸高糖，穗粒大，高产，抗寒，可酿造干红、冰红或干白葡萄酒的新品种是寒地育种家的愿望。在 30 多年的抗寒育种中，已选育和保存大量新的种质，并进入定向选种时期。在 -39.8 ~ -30.6 的东北寒冷地区，用山葡萄做抗寒亲本与不抗寒的欧亚种著名酿造品种进行种间杂交和重复杂交，从其杂交后代选育出抗寒，早熟，果实含糖高总酸低，可露地越冬，可酿造干红、冰红和干白葡萄酒新品种和品系已获得成功，此项研究证明在寒地育种的技术路线是可行的。

References

- Guo Yin-shan, Guo Xiu-wu, Li Yi-hui. 2003. Inheritance trend in maturity season of grape crossed progenies. *Journal of Fruit Science*, 20 (2): 152 - 154. (in Chinese)
- 郭印山, 郭修武, 李轶晖. 2003. 葡萄杂交后代果实成熟期的遗传倾向. *果树学报*, 20 (2): 152 - 154.
- He Ning, Zhao Bao-zhang. 1981. Character interspecific of offsprings in the intraspecific hybridization of *Vitis amurensis* Rupr. *Acta Horticulturae Sinica*, 8 (1): 1 - 5. (in Chinese)
- 何 宁, 赵宝璋. 1981. 葡萄种间杂交性状遗传. *园艺学报*, 8 (1): 1 - 5.
- He Pu-chao, Niu Li-xin. 1989. Study on cold resistance of wild grape variety in China. *Acta Horticulturae Sinica*, 16 (2): 81 - 83. (in Chinese)
- 贺普超, 牛立新. 1989. 我国葡萄属野生种抗寒性的研究. *园艺学报*, 16 (2): 81 - 83.
- He Pu-chao, Wang Yue-jin. 1991. Study on disease resistance of wild grape variety in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 24 (3): 50 - 52. (in Chinese)
- 贺普超, 王跃进. 1991. 中国葡萄野生种抗病性的研究. *中国农业科学*, 24 (3): 50 - 52.
- Lin Xing-gui, Yin Li-rong, Shen Yu-jie. 1993. Character inheritance of offsprings in the intraspecific hybridization of *Vitis amurensis* Rupr. *Acta Horticulturae Sinica*, 20 (3): 209 - 211. (in Chinese)
- 林兴桂, 尹立荣, 沈育杰. 1993. 山葡萄种内杂交后代遗传规律的研究. *园艺学报*, 20 (3): 209 - 211.
- Song Run-gang, Li Chang-yu, Lu Wen-peng. 2002. Industrial development and countermeasure *Vitis amurensis* Rupr. in China. *Sino-Overseas Grapevine Wine*, (4): 6 - 8. (in Chinese)
- 宋润刚, 李昌禹, 路文鹏. 2002. 我国山葡萄产业发展及对策. *中外葡萄与葡萄酒*, (4): 6 - 8.
- Song Run-gang, Lu Wen-peng, Li Chang-yu, Wang Jun, Shen Yu-jie. 1998a. Inheritance of resistance to *Plasmopara viticola* in intraspecific cross of *Vitis amurensis* Rupr. *Acta Horticulturae Sinica*, 25 (2): 117 - 122. (in Chinese)
- 宋润刚, 路文鹏, 李昌禹, 王 军, 沈育杰. 1998a. 山葡萄种内杂交 F₁对霜霉病抗性遗传的研究. *园艺学报*, 25 (2): 117 - 122.
- Song Run-gang, Lu Wen-peng, Wang Jun. 1998b. Ways for selection of brewing grape varieties from *Vitis amurensis* Rupr. interspecific hybridization and its effect. *Scientia Agricultura Sinica*, 31 (5): 48 - 55. (in Chinese)
- 宋润刚, 路文鹏, 王 军. 1998b. 山葡萄种间杂交选育酿造葡萄品种的途径及其效果. *中国农业科学*, 31 (5): 48 - 55.
- Song Run-gang, Lu Wen-peng, Li Chang-yu, Lin Xing-gui, Shen Yu-jie, Li Xiao-hong. 2005a. Heredity analysis of fruit matuye period in progenies from and intraspecific and interspecific hibridization *Vitis amurensis* Rupr. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (2), 212 - 217. (in Chinese)
- 宋润刚, 路文鹏, 李昌禹, 林兴桂, 沈育杰, 李晓红. 2005a. 山葡萄种内和种间杂交后代果实成熟期遗传分析. *园艺学报*, 32 (2): 212 - 217.
- Song Run-gang, Lu Wen-peng, Guo Tai-jun, Liu Jing-kuan, Shen Yu-jie, Lin Xing-gui, Li Xiao-hong, Guo Zhen-gui. 2005b. New dry-red brewing grape 'Zuoyouhong'. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (4): 757. (in China)
- 宋润刚, 路文鹏, 郭太君, 刘景宽, 沈育杰, 林兴桂, 李晓红, 郭振贵. 2005b. 酿造干红葡萄酒新品种 '左优红'. *园艺学报*, 32 (4): 757.
- Wang Jun, Song Run-gang. 1997. First breeding report of new dry-red brewing grape variety—Zuohongyi. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 5 (6): 131. (in Chinese)
- 王 军, 宋润刚. 1997. 酿造干红葡萄酒新品种 '左红一'选育研究. *西北农业学报*, 5 (6): 131.