

葡萄种间杂种的抗寒性评价

张剑侠, 吴行昶, 杨亚州

(西北农林科技大学 园艺学院, 旱区作物逆境生物学国家重点实验室,
农业部西北园艺植物种质资源利用重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以葡萄种间杂交 3 个组合的亲本及其 123 株 F_1 代、1 个种间杂种(品种)及其 8 株自交后代为试材, 通过人工低温胁迫处理一年生休眠枝条, 测定了冻害指数、电解质外渗率、可溶性糖 3 项指标的变化, 并采用隶属函数法综合评价了各株系的抗寒性。结果表明:“玫瑰香”(Vitis vinifera)×“黑龙江实生”(V. amurensis)、“红地球”(V. vinifera)×“双优”(V. amurensis)2 个组合 F_1 代的抗寒性均介于双亲之间; 欧山杂种(品种)“北醇”自交后代出现了抗性分离, 表现为不同程度的抗寒;“燕山-1”(V. yeshanensis)×“河岸-3”(V. ripia) F_1 代 116 株出现了抗性分离, 存在超亲遗传, 筛选出高抗寒杂种 28 株, 但总体上抗寒性遗传倾向于抗寒性弱的方向。

关键词:葡萄; 种间杂种; 抗寒性; 评价

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)13-0001-06

冻害是我国葡萄栽培中的一个普遍问题^[1], 抗寒品种和砧木品种选育是葡萄育种的重要研究课题。利用野生葡萄资源的抗寒性进行杂交是葡萄抗寒育种的主要手段, 而对杂种后代进行抗寒性评价是抗寒育种的一个重要环节。由于抗寒性是葡萄长期适应低温胁迫的过程中经自然选择而逐步发展和形成的一种形态和生理生化特征, 因此可以根据葡萄的某个或某些性状表现及生化成分的不同间接鉴定其抗寒性^[2]。在对葡萄进行抗寒性评价方面, 仅靠单一生理生化指标评价往往存在较大的误差, 采用几项指标的综合评价会更为真实、可靠。模糊数学的方法是利用不同指标的平均隶属度对植物抗寒性进行综合评价, 从而获得其综合抗寒性。作为一种有效的评价方法, 已在一些植物的抗寒性研究中得到应用^[3-5], 在葡萄资源的抗寒性^[6]、抗旱性^[7]评价方面也有报道。

该研究是在前期对葡萄种质资源、引进制汁品种进行抗寒性综合评价的基础上^[8-9], 对抗寒育种中获得的葡萄杂种后代通过人工低温胁迫处理 1 年生休眠枝条, 测定各杂种的冻害指数、电导率和可溶性糖的变化, 并利用隶属函数法^[10]综合评价其抗寒性, 以筛选出抗寒性

强的杂种单株, 为进一步选育抗寒葡萄品种和砧木品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为西北农林科技大学葡萄种质资源圃中保存的 3 个种间杂交组合、1 个欧山杂种“北醇”自交组合的亲本与后代(表 1)。以高抗寒的山葡萄株系“黑龙江实生”、抗寒的欧山杂种“北醇”及不抗寒的欧洲葡萄品种“玫瑰香”、“红地球”为对照。

1.2 试验方法

1.2.1 材料的处理 参照牛立新等^[11]的方法, 略有改动。冬季剪取粗细均匀、成熟度和生长势一致的 1 年生葡萄枝条, 用自来水冲洗表面尘土, 再用蒸馏水多次冲洗, 然后用石蜡封闭枝条的两端, 4℃保存。

1.2.2 最佳处理温度的选择 参照前期研究获得的最佳冷冻处理温度-24℃^[8], 对各杂交组合亲本及其后代进行抗寒指标的测定。

1.3 项目测定

细胞质膜的相对透性: 参照牛立新等^[11]、贺普超等^[12]的方法, 采用 DDS-11 型电导仪直接测定葡萄枝条的相对电导率(Relative electric conductivity, REC), 并对葡萄枝条进行组织褐变观察和冻害指数(Cold index, CI)

统计。冻害指数(%) = $\sum_{i=1}^{10} ni \times i / (10 \sum ni) \times 100\%$ 。式中, i 为调查冻害级数, ni 为冻害级数为 i 的段数。

渗透调节物质: 采用蒽酮比色法^[13]测定可溶性糖含

第一作者简介:张剑侠(1964-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为葡萄种质资源遗传育种与生物技术, 现主要从事果树育种学的教学与科研工作。E-mail: zhangjx666@126.com.

基金项目:国家科技支撑计划子课题资助项目(2013BAD02B04-06); 西北农林科技大学唐仲英作物育种基金资助项目(2012-97)。

收稿日期:2014-03-13

量(Soluble sugar,SS)。

1.4 数据分析

采用隶属函数法综合各项指标进行葡萄品种或株系的抗寒性评价^[10]。公式为: $U_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}}$ (正相关), $U_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}}$ (负相关), 其中, 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 表示某个品种或株系; j 表示某项指标。 $\bar{U}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$ 。根据公式计算出的隶属函数值, 用每个株系的 3 项指标隶属函数值的平均数作为其平均隶属度。以山葡萄株系“黑龙江实生”作为高抗寒对照, 按照平均隶属度(Subordinative level, SL)将葡萄的抗寒性分为 5 级: 0.70~1.00 为高抗(High resistance, HR), 1 级; 0.60~0.69 为抗(Resistance, R), 2 级; 0.40~0.59 为中抗(Middle resistance, MR), 3 级; 0.30~0.39 为低抗(Lower resistance, LR), 4 级; 0~0.29 为不抗(Susceptible, S), 5 级。

2 结果与分析

由表 1 的 4 个杂交或自交组合共 131 株后代的 3 个

抗寒性相关指标综合评价结果可以看出, “玫瑰香”×“黑龙江实生”、“红地球”×“双优”2 个组合, 均是不抗寒的欧亚品种与高抗寒的山葡萄株系杂交, 杂交 F_1 代分别为 3 株和 4 株, 后代的抗寒性均介于双亲之间, 虽然抗寒性出现分离, 但不存在超亲遗传。在“北醇”自交组合中, 亲本“北醇”为中等抗寒(平均隶属度 0.58), 其自交后代 8 株出现了遗传分离, 后代平均隶属度分布在 0.38~0.67, 有 2 株表现为抗寒, 5 株中等抗寒, 1 株低抗。由于这 3 个组合的后代数量较少, 因此仅能看出大概的遗传趋势。

在“燕山-1”×“河岸-3”组合中, 亲本“燕山-1”和“河岸-3”均表现高抗寒, 在二者杂交的 116 株 F_1 代中出现了抗寒性分离, 杂种均表现为不同程度的抗寒, 未出现不抗寒单株, 其中高抗寒 28 株, 抗寒 62 株, 中等抗寒 21 株, 低抗寒 5 株; 大于亲中值(平均隶属度 0.76)的有 7 株(YH 5、YH 6、YH 16、YH 19、YH 41、YT 19、YT 55), 占 6%, 其余 109 株小于亲中值, 占 94%; 超过高值亲本“河岸-3”(平均隶属度 0.80)的有 3 株(YH 5、YH 19、YH 41), 低于低值亲本“燕山-1”(平均隶属度 0.72)的 104 株, 说明抗寒性遗传既存在有基因的加性效应, 也存在有基因间的互作, 抗寒性遗传总体上偏向于抗寒性弱的方向。

表 1

种间杂交后代抗寒性鉴定结果

Table 1

Identification results of cold resistance in interspecific cross progenies

杂交组合 Combination	亲本及后代 Parent and progeny	冻害指数 Cold index/%	相对电导率 Relative electric conductivity/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	平均隶属度 Subordinative level	抗寒水平 Cold-resistance level
玫瑰香×“黑龙江实生” “Muscat Hamburg” × “Heilongjiang Seedling”	玫瑰香 “Muscat Hamburg”	86	87.14	8.62	0.21	S
	“黑龙江实生” “Heilongjiang Seedling”	15	54.26	10.34	0.76	HR
	00-1-5	76	75.69	9.86	0.45	MR
	00-1-7	62	68.03	9.78	0.52	MR
“红地球”×“双优” “Red Globe” × “Shuangyou”	00-1-10	77	72.19	9.32	0.43	MR
	“红地球” “Red Globe”	93	89.52	8.41	0.19	S
	“双优” “Shuangyou”	13	58.19	11.24	0.76	HR
	RS-1	79	75.60	8.78	0.54	MR
	RS-2	85	78.03	10.37	0.62	R
	RS-3	84	78.19	9.83	0.40	MR
	RS-4	76	75.69	8.86	0.38	LR
	“北醇” “Beichun”	42	64.15	9.84	0.58	MR
“北醇”自交 “Beichun selfing”	BZ-1	40	63.09	8.32	0.50	MR
	BZ-2	39	57.25	9.83	0.67	R
	BZ-3	44	53.15	8.87	0.62	R
	BZ-4	44	63.09	8.45	0.47	MR
	BZ-5	40	57.27	9.79	0.59	MR
	BZ-6	49	74.15	8.97	0.38	LR
	BZ-7	42	63.09	9.34	0.51	MR
	BZ-8	41	67.25	9.82	0.44	MR
“燕山-1”×“河岸-3” “Yanshan-1” × “V. riparia Beaumont”	“燕山-1” “Yanshan-1”	11	56.34	10.83	0.72	HR
	“河岸-3” “V. riparia Beaumont”	10	55.19	10.89	0.80	HR
	YH 1	27	59.28	10.30	0.67	R

续表 1

杂交组合 Combination	亲本及后代 Parent and progeny	冻害指数 Cold index/%	相对电导率 Relative electric conductivity/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	平均隶属度 Subordinative level	抗寒水平 Cold-resistance level
“燕山-1”×“河岸-3” “Yanshan-1”× “V. riparia Beaumont”	YH 2	45	71.24	9.05	0.46	MR
	YH 3	34	63.54	9.72	0.62	R
	YH 4	27	60.10	9.98	0.61	R
	YH 5	8	46.19	11.81	0.85	HR
	YH 6	19	54.18	11.03	0.78	HR
	YH 7	39	68.78	9.08	0.44	MR
	YH 8	18	58.49	10.62	0.69	R
	YH 9	29	58.92	10.83	0.71	HR
	YH 11	26	60.77	9.90	0.66	R
	YH 12	28	61.23	9.89	0.60	R
	YH 13	27	60.79	9.89	0.65	R
	YH 14	25	55.79	10.23	0.70	HR
	YH 15	28	58.68	10.70	0.69	R
	YH 16	12	53.78	10.89	0.78	HR
	YH 17	22	56.46	10.03	0.69	R
	YH 18	31	62.45	9.78	0.63	R
	YH 19	11	55.30	11.80	0.83	HR
	YH 20	36	63.89	9.46	0.58	MR
	YH 22	29	60.14	9.98	0.64	R
	YH 24	36	74.16	9.84	0.53	MR
	YH 25	25	59.19	10.03	0.67	R
	YH 26	34	63.48	9.86	0.57	MR
	YH 27	25	58.40	10.75	0.65	R
	YH 28	29	59.56	10.19	0.63	R
	YH 30	39	64.47	9.78	0.62	R
	YH 31	35	66.42	9.65	0.59	MR
	YH 32	29	60.32	10.01	0.71	HR
	YH 35	20	57.12	10.39	0.67	R
	YH 36	28	59.18	10.35	0.65	R
	YH 37	36	64.20	9.86	0.56	MR
	YH 38	38	62.41	9.89	0.64	R
	YH 39	19	56.53	10.57	0.70	HR
	YH 40	43	69.25	9.77	0.58	MR
	YH 41	9	50.17	11.88	0.84	HR
	YH 42	17	58.20	10.82	0.71	HR
	YH 43	28	60.18	9.99	0.63	R
	YH 44	19	57.12	10.76	0.71	HR
	YH 45	39	74.58	8.81	0.45	MR
	YH 46	24	56.42	10.23	0.64	R
	YH 47	27	57.19	10.33	0.71	HR
	YH 48	32	60.18	9.89	0.63	R
	YH 49	26	58.19	10.83	0.71	HR
	YH 50	28	61.25	10.01	0.68	R
	YH 51	26	58.36	10.21	0.69	R
	YH 52	12	57.10	10.76	0.71	HR
	YH 53	20	58.20	10.12	0.69	R
	YH 55	33	64.78	9.35	0.57	MR
	YH 56	38	65.47	9.48	0.61	R
	YH 57	33	63.75	9.85	0.64	R
	YH 58	23	57.26	10.74	0.70	HR
	YH 59	31	62.49	9.90	0.61	R
	YH 60	23	56.31	10.34	0.71	HR
	YH 61	19	55.44	10.46	0.73	HR
	YH 62	18	57.86	10.01	0.69	R
	YH 63	29	60.20	9.88	0.65	R
	YT 1	24	57.12	10.15	0.68	R
	YT 2	32	64.34	9.83	0.65	R

续表 1

杂交组合 Combination	亲本及后代 Parent and progeny	冻害指数 Cold index/%	相对电导率 Relative electric conductivity/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	平均隶属度 Subordinative level	抗寒水平 Cold-resistance level
“燕山-1”×“河岸-3” ‘Yanshan-1’× ‘V. riparia Beaumont’	YT 3	34	63.30	9.85	0.64	R
	YT 6	34	62.18	9.94	0.66	R
	YT 10	26	58.75	10.46	0.67	R
	YT 11	14	54.10	10.20	0.73	HR
	YT 12	26	58.29	10.29	0.64	R
	YT 13	29	62.42	9.75	0.62	R
	YT 14	36	65.25	9.85	0.59	MR
	YT 15	20	56.13	10.31	0.65	R
	YT 16	27	58.16	10.31	0.68	R
	YT 17	37	65.29	9.65	0.61	R
	YT 19	11	53.24	11.07	0.78	HR
	YT 20	48	78.85	8.81	0.36	LR
	YT 21	45	76.48	8.80	0.38	LR
	YT 22	27	60.25	9.87	0.66	R
	YT 23	25	60.16	9.83	0.60	R
	YT 24	24	59.28	10.45	0.67	R
	YT 26	25	59.45	10.74	0.69	R
	YT 27	33	65.25	9.78	0.60	R
	YT 28	24	59.24	10.07	0.68	R
	YT 29	37	67.18	9.62	0.53	MR
	YT 30	34	64.17	9.86	0.59	MR
	YT 31	28	59.87	10.17	0.70	HR
	YT 32	33	63.49	9.81	0.62	R
	YT 34	19	58.22	10.78	0.70	HR
	YT 35	31	62.47	9.96	0.64	R
	YT 36	28	61.53	9.79	0.64	R
	YT 37	23	57.66	10.27	0.64	R
	YT 38	26	58.18	10.13	0.69	R
	YT 39	38	68.75	9.76	0.51	MR
	YT 40	45	76.33	8.78	0.37	LR
	YT 41	47	75.19	8.84	0.38	LR
	YT 45	19	58.79	10.53	0.68	R
	YT 46	24	58.26	10.84	0.72	HR
	YT 47	30	65.48	9.86	0.62	R
	YT 49	18	55.86	10.75	0.72	HR
	YT 50	23	56.44	10.36	0.68	R
	YT 51	34	65.10	9.64	0.61	R
	YT 52	21	56.18	10.14	0.63	R
	YT 53	38	70.79	9.01	0.46	MR
	YT 54	22	56.44	10.65	0.70	HR
	YT 55	10	53.10	11.34	0.79	HR
	YT 56	42	76.85	8.80	0.40	MR
	YT 57	19	57.46	10.45	0.71	HR
	YT 58	32	60.19	9.85	0.63	R
	YT 59	30	63.45	9.84	0.62	R
	YT 61	43	72.52	9.03	0.42	MR
	YT 62	36	66.33	9.31	0.51	MR
	YT 63	36	70.04	9.25	0.55	MR
	YT 64	20	54.19	10.60	0.71	HR
	YT 65	34	65.18	9.59	0.58	MR
	YT 66	42	76.11	8.89	0.35	LR
	YT 67	28	60.32	9.91	0.64	R
	YT 68	22	57.32	10.01	0.69	R
	YT 69	29	61.21	9.71	0.61	R
	YT 70	18	57.11	10.34	0.69	R
	YT 71	20	57.23	10.79	0.71	HR
	YT 72	23	58.47	10.64	0.66	R

3 讨论

3.1 关于葡萄抗寒性遗传

葡萄的抗寒性受植株本身结构与外界条件综合制约,是受多基因控制的数量性状。Filippenko 等^[14]根据抗寒性强的山葡萄与抗寒性弱的欧亚种葡萄杂交一代

至多代抗寒性的遗传规律认为,杂种的抗寒程度是由其基因型中来自于最初亲本染色体所占的比例所决定。何宁等^[15]研究认为,欧山杂种一代(F_1)抗寒力的平均级低于山葡萄而略高于亲中值,具有较大的变异率。该研究中,2个欧山杂交组合“玫瑰香”×“黑龙江实生”、“红

地球”×“双优”后代的抗寒性均介于双亲之间。欧山杂种“北醇”8株自交后代中出现了抗性分离,有2株超过亲本1个抗性级别,有1株低于亲本1个抗性级别。自交实质上是基因重组和基因纯化的过程,由此推测每条染色体上抗寒基因的贡献率可能是不同的。“燕山-1”和“河岸-3”均表现为高抗寒,在二者杂交的116株F₁代中出现了抗性分离,但绝大多数的抗寒性表现为中抗以上,仅5株(4.3%)表现为抵抗,未出现不抗寒单株,抗寒性表现为数量性状遗传的特征。其中,有3个单株的平均隶属度超过了高值亲本“河岸-3”,说明存在有微效基因的加性效应,有104株低于低值亲本“燕山-1”,说明存在有基因间互作。抗寒性遗传总体上偏向于抗寒性弱的方向。这与何宁等^[15]的结论不完全一致,可能是由于所用的研究材料不同。

3.2 关于葡萄抗寒性的鉴定

葡萄抗寒性鉴定方法,通常有田间自然鉴定法、低温冷冻法、组织变褐法、电导法和生长法^[16]。大量研究表明,一些生理生化指标的变化都与葡萄的抗寒性相关。除了可溶性蛋白质、游离氨基酸、脂肪、丙二醛、过氧化物酶等物质外,碳水化合物是一个重要的指标。碳水化合物主要通过提高细胞的保水能力、降低细胞的冰点温度和诱导抗寒基因的表达,来保护细胞膜、原生质体和细胞器的形态结构和功能,提高植物的抗寒性^[17-22]。抗寒性强的品种在低温逆境下,淀粉积累早且数量多,颗粒紧实致密;抗寒性弱的品种则淀粉积累晚,颗粒疏松而且数量少^[21-22]。低温胁迫时葡萄内多糖被水解,主要以可溶性糖的形式存在。可溶性糖作为细胞内保护物质,其含量变化与植物抗寒性呈正相关^[23]。葡萄在抗寒锻炼时,可溶性糖含量会增加^[24]。可溶性糖还可以作为能源代谢底物,促进ABA的积累,诱导蛋白质和脂肪的合成,来提高抗寒性^[19-20]。因此,可以通过测定可溶性糖的变化间接鉴定葡萄的抗寒性。

贺普超等^[12]采用生长法、组织变褐法和电导法对我国葡萄属野生种抗寒性进行了研究,3种方法获得的结果基本一致,从整体上将野生种划分为不同的抗性类型。张文娥等^[25]通过测定葡萄枝条的电导率、萌芽率及失水率,利用隶属函数法对葡萄种间杂交和自交组合后代的抗寒性进行了分析,结果表明,杂交后代的抗寒性平均值小于亲中值,自交后代的抗寒性依亲本抗寒性强弱不同高于或弱于亲本。该研究采用组织变褐法、电导法分别测定了冻害指数和电解质渗出率,并测定了可溶性糖含量,利用隶属函数法综合评价了各株系的抗寒性,所测定的杂交亲本山葡萄、燕山葡萄属于高抗寒类型,欧亚种品种属于不抗寒类型,这与贺普超等^[12]的研究结果相一致。对于杂交组合后代,抗寒性总体上介于双亲之间且偏向于抗寒性弱的方向,这与张文娥等^[25]的结果相吻合。在“燕山-1”×“河岸-3”组合后代中存在超亲遗

传,超过高值亲本或亲中值的杂种正是育种所期望获得的高抗寒材料。研究的下一步工作是对高抗寒单株进行嫁接亲和力和区域试验,以选育抗寒砧木新品种。

参考文献

- [1] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [2] 高爱农,姜淑荣,赵锡温,等. 苹果品种抗寒性测定方法的研究[J]. 果树科学,2000,17(1):17-21.
- [3] 史清华,高建社,王军,等. 5个杨树无性系抗寒性的测定与评价[J]. 西北植物学报,2003,23(11):1937-1941.
- [4] 关立,张志民,祁国宾. 灰色多维综合隶属度评估方法在小麦品种评价中的应用[J]. 河南农业大学学报,2006,40(2):117-121.
- [5] 曾宪海,安锋,蔡明道,等. 高渗胁迫后橡胶树萌发籽苗抗旱性主成分及隶属函数分析[J]. 中国农学通报,2010,26(1):260-264.
- [6] 张文娥,王飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007,24(6):849-853.
- [7] 王跃进,杨亚洲,张剑侠,等. 中国葡萄属野生种及其种间F₁代抗旱性鉴定初探[J]. 园艺学报,2004,31(6):711-714.
- [8] Zhang J, Wu X, Niu R, et al. Cold-resistance evaluation in 25 wild grape species[J]. Vitis, 2012, 51(4):153-160.
- [9] 张剑侠,吴行昶,杨亚州,等. 引进美国制汁葡萄品种抗寒性的综合评价[J]. 北方园艺,2011(24):1-4.
- [10] 许桂芳,张朝阳,向佐湘. 利用隶属函数法对4种珍珠菜属植物的抗寒性综合评价[J]. 西北林学院学报,2009,24(3):24-26.
- [11] 牛立新,贺普超. 用电导法不同计量单位鉴定葡萄抗寒性的研究[J]. 果树科学,1989,6(3):159-164.
- [12] 贺普超,牛立新. 我国葡萄属野生种抗寒性的研究[J]. 园艺学报,1989,16(2):81-88.
- [13] 王孝宣,李树德,东惠茹,等. 番茄品种耐寒性与ABA和可溶性糖含量的关系[J]. 园艺学报,1998,25(1):56-60.
- [14] Filippenko I M, Shtin L T. Results of breeding and genetical studies of grape[J]. Byul Nauch Inform Tsentr Genet Lab, 1980(35):24-27.
- [15] 何宁,赵宝璋,方玉凤,等. 葡萄种间杂交抗寒育种的性状遗传[J]. 园艺学报,1981(1):1-7.
- [16] 贺普超,罗国光. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [17] Puvisac, Yelenosk Y G. Sugar and protein accumulation of grape fruit and leaves during cold hardening of young trees[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1982(2):222-226.
- [18] Gu S L, Ding P H, Howard S. Effect of temperature and exposure time on cold hardiness of primary buds during the dormant season in 'Cocord', 'Norton', 'Vignoles' and 'Stvincent', grapevines[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2002, 77(5):518-523.
- [19] 尹立荣. 葡萄枝条结构、淀粉、还原糖及脂类变化与抗寒性的关系[J]. 内蒙古农牧学院学报,1994,15(4):1-7.
- [20] 王淑杰,王家民,李亚东,等. 可溶性全蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究[J]. 北方园艺,1996(2):13-14.
- [21] 王丽雪,李荣富,马兰青,等. 葡萄枝条中淀粉、还原糖及脂类物质变化与抗寒性的关系[J]. 内蒙古农牧学院学报,1994,15(4):1-6.
- [22] 王丽雪,张福仁,李荣富,等. 葡萄枝条中淀粉粒形态结构与抗寒性的关系[J]. 园艺学报,2000,27(2):85-89.
- [23] 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学通讯,1987(3):49-55.
- [24] 艾琳,张萍,胡成志. 低温胁迫对葡萄根系膜系统和可溶性糖及脯氨酸含量的影响[J]. 新疆农业大学学报,2004,27(4):47-50.
- [25] 张文娥,王飞,潘学军. 葡萄种间杂交和自交后代抗寒性分析[J]. 西北农业学报,2009,18(4):290-294.