

# 8个葡萄品种抗寒性及生理指标相关性分析

王雅琳<sup>1,2,3</sup>, 孙萍<sup>2,3</sup>, 李唯<sup>2,3</sup>

(1. 兰州职业技术学院生物工程系, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 以4个酿酒葡萄品种(北醇、梅鹿辄184、黑比诺222、品丽珠)及4种砧木(贝达、SO<sub>4</sub>、Ln33、LDP294)为试验材料, 考察不同低温处理(0、-7、-15、-20、-30、-70℃)对CAT活性、POD活性、PPO活性、SOD活性、MDA含量、可溶性糖含量及Pro含量等生理指标的影响, 并通过隶属函数法、生理指标的相关性及主成分分析对酿酒葡萄的抗寒性进行综合性评价。结果表明: 经隶属函数统计分析, 8个酿酒葡萄及砧木品种的综合抗寒性从高到低依次为贝达、Ln33、LDP294、北醇、SO<sub>4</sub>、黑比诺222、梅鹿辄184、品丽珠。对7个抗寒性指标的相关性分析显示, 在葡萄抗寒性鉴定中, 不能单独依赖某个或某两个指标对葡萄抗寒性进行评价; 各测定指标主成分分析显示, CAT活性、POD活性、PPO活性及MDA含量具有绝对值较大的特征向量, 贡献率达48.66%。

**关键词:** 酿酒葡萄; 生理指标; 隶属函数; 抗寒性比较; 相关性分析

**中图分类号:** S663.1; Q142 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)08-0034-07

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.009)

## Correlation Analysis Between Cold Resistance and Physiological Indexes of 8 Wine Grape Cultivars

WANG Yalin<sup>1,2,3</sup>, SUN Ping<sup>2,3</sup>, LI Wei<sup>2,3</sup>

(1. Department of Bioengineering, Lanzhou Vocational Technical College, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** Effect of different low temperature (0, -7, -15, -20, -30, -70 °C) on physiological indexes (Activity of CAT, POD, PPO, SOD and the content of MDA, sugar, soluble Pro) is studied on the 8 different Cultivas of wine grape (54-4-271, Merlot 184, Pinot Noir 222, Cabernet Franc) and rootstock (Beta, SO<sub>4</sub>, Ln33, LDP294), comprehensive evaluation of cold tolerance is treated by the methods of subordinate function, correlation analysis of physiological indexes and principal component analysis. The result shows that the ability of cold resistance from high to low as follows Beta, LDP294, Ln33, SO<sub>4</sub>, Pinot Noir 222, 54-4-271, Cabernet Franc, Merlot 184. The correlation analysis of 7 different physiological indexes indicated that the cold resistance could not be evaluated by relying on one or two physiological indexes. Principal component analysis of 7 different physiological indexes stated that the activities of CAT, POD, PPO and the content of MDA had absolute value of a larger feature vector; the contribution rate reached 48.66%.

**Key words:** Wine grape; Physiological indexes; Subordinate function; Comparison of cold resistance; Correlation analysis

葡萄 (*Vitis vinifera* L.)为葡萄科葡萄属植物, 是世界最古老的植物之一<sup>[1]</sup>。葡萄果实中含有白藜芦醇、齐墩果酸、β-谷甾醇、黄酮、鞣质、SOD, 多种维生素、氨基酸、类固醇等多种活性物

质, 具有增强免疫、抵抗疾病等多方面的医疗保健功能<sup>[2]</sup>。目前我国葡萄栽培面积 55.2 万 hm<sup>2</sup>, 总产量达 843 万 t, 葡萄面积年均增加 2 万 hm<sup>2</sup>。酿酒葡萄种植面积已达 0.933 万 hm<sup>2</sup>, 年产量在 12

收稿日期: 2017-04-07

基金项目: 国家自然科学基金 (31360298); 甘肃省干旱生境作物学——省部共建国家重点实验室开放基金 (GSCS-2012-07)部分内容。

作者简介: 王雅琳(1984—), 女, 天津武清人, 助教, 硕士, 主要从事植物生理学、植物细胞工程学的教学和科研工作。联系电话: (0)13919808946。E-mail: 281887741@qq.com。

通信作者: 李唯(1955—), 男, 甘肃陇南人, 教授, 博士, 长期从事植物生理学、植物细胞工程学的教学和科研工作。E-mail: liwei@gsau.edu.cn。

万 t 左右<sup>[3]</sup>。李华等<sup>[4]</sup>通过气候研究确定了河西走廊地区、白银中部地区、兰州周边县区为酿酒葡萄的最佳产区。但是,在这些适宜酿酒葡萄生长的干旱、半干旱产区,其生长发育还受到低温冻害的影响。由于植物的抗寒性与自身遗传特性有直接关系<sup>[5-6]</sup>,因此,在酿酒葡萄种植及选育过程中,选择适合区域种植的砧木及营养系品种,对于提高酿酒葡萄的抗寒性、增加产量等方面显得尤为重要<sup>[7]</sup>。

前人对酿酒葡萄抗寒性及葡萄砧木抗旱性研究较多<sup>[8-9]</sup>,而对西北干旱地区酿酒葡萄及砧木抗逆性生理指标测定及相关性分析方面尚未报道。我们在前人对酿酒葡萄抗逆性生理指标研究的基础上,采用生产中较为广泛种植的酿酒葡萄及砧木品种,通过测定其 CAT 活性、POD 活性、SOD 活性、PPO 活性、MDA 含量、可溶性糖含量和 Pro 含量的变化,一方面比较酿酒葡萄及砧木品种的抗寒性,另一方面分析测定指标的相关性及贡献率,旨在为酿酒葡萄及砧木抗寒性品种选育提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验时间及地点

试验于 2014 年 8 月在甘肃省干旱生境作物学重点实验室进行。

### 1.2 材料

供试材料为生产中主要栽培的 4 个酿酒葡萄品种,分别为北醇、梅鹿辄 184、黑比诺 222、品丽珠,4 个葡萄砧木品种为贝达、SO<sub>4</sub>、Ln33、LDP294。均采自榆中县连搭乡酿酒葡萄试验基地。

### 1.3 方法

**1.3.1 试材处理** 先用蒸馏水将叶片冲洗干净,再用吸水纸拭干,每份叶片用自封袋分装,放在超低温冰箱,降温至目的温度后保持 1 h,之后逐步升温至 0 ℃,温度升降速率均为 1 ℃/min。取出后在室温下放置 1 h 待测。

**1.3.2 指标测定** 测定时随机取样,剪去叶柄叶脉,称取叶片,每个生理生化指标测定重复 3 次<sup>[10]</sup>。温度处理为 0 ℃(对照)、-7 ℃、-15 ℃、-20 ℃、-30 ℃、-70 ℃。采用紫外分光光度法测定 CAT 活性<sup>[11]</sup>,采用愈创木酚法测定 POD 活性<sup>[11]</sup>,采用四氮唑蓝光还原法测定 SOD 活性<sup>[11]</sup>,采用可见分光光度法测定 PPO 活性<sup>[11]</sup>,采用蒽酮

法测定可溶性糖含量<sup>[12]</sup>,采用茚三酮比色法测定脯氨酸含量<sup>[12]</sup>,采用硫代巴比妥酸法测定 MDA 含量<sup>[13]</sup>。每个指标测定均随机取样,重复 3 次。

**1.3.3 统计分析** 采用周广生等<sup>[14]</sup>的方法对原始数据进行标准化处理,经过 Microsoft office Excel 2007 转换以后,用 SPSS13.0 进行方差分析、生理生化指标的相关性及主成分分析。用隶属函数法综合分析不同酿酒葡萄及砧木品种间抗寒性的差异<sup>[15]</sup>,各生理指标顺序排名用 R 表示,平均顺序排名用 AR 表示。计算公式如下。

$$\text{抗寒系数} = (\text{处理测定值} / \text{对照测定值}) \times 100\% \quad (1)$$

当指标与抗性呈正相关时可通过隶属函数计算,公式如下:

$$X(u) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

当指标与抗性呈负相关时可通过反隶属函数计算,公式如下:

$$X(u) = 1 - [(X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})] \quad (3)$$

公式中, X 指某品种的某指标测定值; X<sub>max</sub> 指某指标不同品种测定值中的最大值; X<sub>min</sub> 指某指标不同品种测定值中的最小值。

## 2 结果与分析

### 2.1 生理指标及排序

从表 1-7 的数据可以看出,砧木品种变化趋势大于营养系。为了进一步研究相关规律,对不同品种各生理指标的测定值进行标准化处理,并取平均值进行隶属函数值分析,得到 8 个不同酿酒葡萄及砧木品种抗寒性从强到弱的排序为贝达、Ln33、LDP294、北醇、SO<sub>4</sub>、黑比诺 222、梅鹿辄 184、品丽珠(图 1)。数据结果显示,每个生理指标的平均排名和抗寒性总排名有所不同,其中以

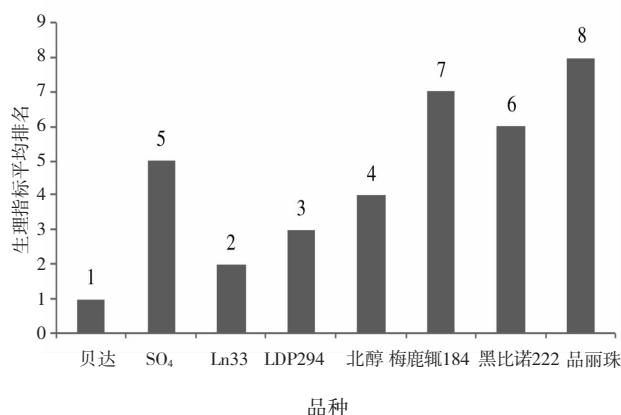


图 1 8 个葡萄品种低温处理生理指标平均排名

表 1 8 个葡萄品种低温处理后的 CAT 活性<sup>①</sup>

品种	U/(min·g FW)						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	0.90 ± 0.28 c	1.40 ± 0.79 bc	5.67 ± 3.42 ab	2.00 ± 1.52 bc	1.82 ± 0.62 abc	4.33 ± 1.77 a	1
SO <sub>4</sub>	2.15 ± 0.14 c	1.65 ± 0.62 b	3.03 ± 0.28 bc	1.90 ± 0.38 bc	2.22 ± 0.25 abc	1.16 ± 0.76 b	4
Ln33	2.13 ± 0.79 c	2.82 ± 0.63 a	2.39 ± 0.71 c	4.79 ± 0.57 a	3.12 ± 2.10 a	2.71 ± 0.65 ab	3
LDP294	1.32 ± 0.29 c	1.16 ± 0.94 bc	1.25 ± 1.41 c	2.14 ± 0.38 bc	2.56 ± 0.94 ab	3.88 ± 2.72 ab	2
北醇	3.46 ± 0.65 bc	3.04 ± 0.51 a	5.92 ± 2.67 ab	1.16 ± 0.38 c	1.15 ± 0.14 bc	2.14 ± 0.51 ab	5
梅鹿辄184	7.94 ± 3.65 a	0.57 ± 0.37 c	3.08 ± 0.76 bc	2.72 ± 0.89 b	0.66 ± 0.38 c	2.95 ± 1.47 ab	8
黑比诺222	5.57 ± 1.42 ab	0.82 ± 0.14 bc	7.00 ± 0.00 a	0.82 ± 0.28 c	0.83 ± 0.52 bc	2.16 ± 0.63 ab	6
品丽珠	3.46 ± 1.24 bc	0.50 ± 0.25 bc	0.99 ± 0.25 c	1.73 ± 0.49 bc	1.31 ± 0.99 bc	2.22 ± 1.13 ab	7

① 低温处理下 8 个不同酿酒葡萄及砧木品种的 CAT 活性多重比较结果, 采用 S-N-K 法检验, 小写字母表示 0.05 显著水平。表 2~8 同。

表 2 8 个葡萄品种低温处理 POD 活性

品种	U/(min·g FW)						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	37.74 ± 2.07 b	104.72 ± 10.04 a	109.32 ± 8.62 a	42.15 ± 15.48 b	291.29 ± 2.06 a	9.10 ± 2.66 c	1
SO <sub>4</sub>	31.27 ± 5.14 b	20.55 ± 16.04 c	33.06 ± 2.62 bc	23.96 ± 9.38 c	29.49 ± 0.98 b	40.27 ± 12.39 a	5
Ln33	17.37 ± 9.93 c	5.83 ± 3.82 d	42.53 ± 3.47 b	17.52 ± 4.76 c	25.55 ± 0.98 c	16.65 ± 8.03 bc	3
LDP294	38.63 ± 2.28 b	29.70 ± 3.89 c	114.82 ± 11.44 a	43.76 ± 5.99 b	17.91 ± 2.99 d	34.87 ± 13.18 ab	2
北醇	34.49 ± 8.78 cb	34.08 ± 3.81 c	22.17 ± 6.64 cd	76.34 ± 1.01 a	2.97 ± 0.00 f	34.04 ± 5.27 ab	4
梅鹿辄 184	28.04 ± 2.87 b	26.28 ± 0.89 c	12.28 ± 4.03 d	23.81 ± 3.76 c	11.43 ± 0.30 e	10.96 ± 1.14 c	7
黑比诺 222	32.27 ± 2.00 b	22.19 ± 13.05 c	34.87 ± 22.14 bc	21.42 ± 11.68 c	5.30 ± 1.52 f	38.60 ± 27.14 ab	6
品丽珠	72.46 ± 7.55 a	70.75 ± 1.42 b	20.77 ± 0.72 cd	16.80 ± 0.38 c	20.46 ± 2.86 d	10.66 ± 2.97 c	8

表 3 8 个葡萄品种低温处理后的 PPO 活性

品种	U/(min·g FW)						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	9.83 ± 1.70 f	4.62 ± 0.57 e	6.22 ± 0.57 e	8.19 ± 0.57 g	80.20 ± 0.57 b	8.90 ± 2.62 de	1
SO <sub>4</sub>	30.27 ± 0.57 e	11.79 ± 0.98 d	2.33 ± 0.58 f	40.07 ± 1.51 c	20.46 ± 2.86 e	5.94 ± 0.99 ef	6
Ln33	50.10 ± 6.06 b	40.30 ± 4.90 b	37.33 ± 2.64 b	6.42 ± 0.99 g	29.29 ± 2.06 a	23.65 ± 6.63 b	5
LDP294	4.27 ± 0.57 g	6.23 ± 1.50 e	1.65 ± 0.57 f	10.49 ± 0.57 f	5.30 ± 1.52 f	2.99 ± 1.00 f	2
北醇	36.21 ± 0.57 d	51.84 ± 1.00 a	24.83 ± 0.99 c	78.18 ± 2.05 b	7.58 ± 2.49 f	35.78 ± 0.99 a	3
梅鹿辄 184	62.17 ± 0.58 c	13.64 ± 1.52 d	39.20 ± 0.57 a	25.63 ± 0.58 d	24.57 ± 0.00 d	15.81 ± 0.99 c	8
黑比诺 222	13.24 ± 0.57 f	11.57 ± 1.51 d	8.61 ± 0.57 d	11.14 ± 0.57 e	5.97 ± 0.00 f	5.65 ± 1.52 ef	4
品丽珠	96.24 ± 1.53 a	31.64 ± 6.17 c	23.22 ± 0.57 c	92.04 ± 0.00 a	29.49 ± 0.98 c	12.96 ± 1.00 cd	7

表 4 8 个葡萄品种低温处理后的 SOD 活性

品种	U/g FW						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	63.50 ± 0.15 ab	56.42 ± 0.45 b	59.94 ± 0.39 b	57.67 ± 0.30 c	61.15 ± 0.32 a	57.86 ± 0.73 c	2
SO <sub>4</sub>	59.25 ± 0.46 d	53.46 ± 0.43 c	56.71 ± 0.30 c	43.39 ± 0.52 e	48.84 ± 0.19 d	61.14 ± 0.88 ab	3
Ln33	59.49 ± 0.62 d	57.83 ± 0.08 a	61.36 ± 0.51 a	59.83 ± 0.43 b	43.13 ± 0.81 e	62.81 ± 1.22 a	1
LDP294	64.22 ± 0.62 a	52.76 ± 0.65 c	50.20 ± 0.41 d	34.52 ± 0.75 f	57.31 ± 0.11 b	61.83 ± 0.61 ab	6
北醇	61.16 ± 0.50 c	47.90 ± 1.29 d	58.94 ± 0.41 b	55.92 ± 0.46 d	42.90 ± 0.79 e	54.61 ± 0.88 d	4
梅鹿辄 184	61.73 ± 0.53 c	55.29 ± 0.55 b	29.43 ± 0.68 f	43.80 ± 0.52 e	37.11 ± 0.31 f	60.33 ± 0.63 b	8
黑比诺 222	63.02 ± 0.55 b	30.89 ± 0.58 e	49.40 ± 1.00 d	57.25 ± 0.24 c	47.83 ± 0.26 d	56.64 ± 1.31 c	7
品丽珠	63.87 ± 0.28 ab	55.91 ± 0.47 b	33.18 ± 0.88 e	61.49 ± 0.26 a	52.11 ± 0.25 c	61.63 ± 0.66 ab	5

表 5 8 个葡萄品种低温处理的 MDA 含量

品种	nmol/g FW						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	106.60 ± 13.37 a	30.70 ± 1.84 d	86.61 ± 2.19 b	105.25 ± 19.89 a	82.39 ± 0.92 a	76.11 ± 3.37 b	8
SO <sub>4</sub>	27.05 ± 0.55 d	25.06 ± 0.32 e	29.79 ± 1.38 e	32.12 ± 0.06 j	46.21 ± 3.42 d	28.99 ± 0.17 e	6
Ln33	42.34 ± 2.81 bc	42.13 ± 0.31 a	43.86 ± 0.45 c	48.01 ± 4.36 b	41.51 ± 9.28 de	97.79 ± 4.99 a	5
LDP294	45.35 ± 1.35 b	35.69 ± 0.94 c	32.89 ± 1.56 de	47.74 ± 4.95 b	35.60 ± 2.16 e	30.74 ± 2.31 e	7
北醇	34.78 ± 1.84 cd	43.53 ± 1.06 a	38.44 ± 1.18 cd	46.81 ± 0.31 bc	68.06 ± 7.66 c	32.62 ± 2.88 e	3
梅鹿辄 184	35.12 ± 1.80 cd	40.99 ± 3.64 ab	94.94 ± 12.15 a	41.62 ± 2.84 bc	71.50 ± 5.89 bc	52.31 ± 1.08 d	1
黑比诺 222	40.39 ± 5.45 bc	37.92 ± 1.48 bc	42.76 ± 1.22 c	42.70 ± 2.77 bc	67.68 ± 2.95 c	76.30 ± 1.92 b	3
品丽珠	36.76 ± 1.44 bcd	38.11 ± 1.80 bc	38.66 ± 1.75 cd	43.44 ± 5.57 bc	77.71 ± 3.66 ab	60.43 ± 6.36 c	2

表 6 8 个葡萄品种低温处理的可溶性糖含量

品种	mg/g FW						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	28.82 ± 0.55 b	27.91 ± 0.22 c	35.93 ± 0.82 a	24.53 ± 0.39 de	38.25 ± 0.72 a	26.32 ± 0.67 b	1
SO <sub>4</sub>	25.41 ± 0.52 cd	25.35 ± 0.60 d	24.70 ± 0.50 e	26.13 ± 0.16 c	30.08 ± 0.37 cd	22.03 ± 0.48 d	3
Ln33	28.65 ± 0.70 b	29.71 ± 0.12 b	30.23 ± 0.12 c	24.53 ± 0.50 de	31.85 ± 1.50 bc	28.60 ± 0.26 a	4
LDP294	35.51 ± 1.34 a	40.84 ± 0.72 a	32.64 ± 0.39 b	31.84 ± 1.37 a	38.55 ± 0.78 a	26.84 ± 0.52 b	5
北醇	25.30 ± 0.54 d	22.02 ± 1.50 e	22.72 ± 0.41 f	24.07 ± 0.25 ef	21.38 ± 2.91 f	24.01 ± 0.20 c	8
梅鹿辄 184	26.20 ± 0.42 cd	25.08 ± 0.43 d	24.83 ± 0.37 e	25.60 ± 0.45 cd	26.87 ± 0.20 e	22.73 ± 1.24 d	7
黑比诺 222	29.63 ± 0.43 b	30.43 ± 0.15 b	35.78 ± 1.55 a	27.75 ± 0.86 b	32.83 ± 0.37 b	29.30 ± 0.33 a	2
品丽珠	26.62 ± 0.55 c	26.26 ± 0.41 d	26.79 ± 0.46 d	23.32 ± 0.18 f	27.99 ± 0.11 de	23.88 ± 0.28 c	6

表 7 8 个葡萄品种低温处理的 Pro 含量

品种	μg/g FW						排序
	0 °C	-7 °C	-15 °C	-20 °C	-30 °C	-70 °C	
贝达	29.29 ± 1.11 d	31.19 ± 0.98 e	65.99 ± 3.29 a	42.01 ± 0.63 c	49.40 ± 0.69 b	30.26 ± 0.69 e	1
SO <sub>4</sub>	40.96 ± 1.30 a	38.81 ± 0.55 bc	50.13 ± 1.04 b	78.62 ± 1.23 a	68.27 ± 1.66 a	63.21 ± 0.57 a	2
Ln33	19.32 ± 0.42 f	24.01 ± 0.87 f	15.45 ± 0.54 f	25.14 ± 0.16 f	32.97 ± 0.96 d	42.56 ± 0.84 d	3
LDP294	34.46 ± 0.55 c	42.42 ± 0.73 a	43.55 ± 0.69 c	41.65 ± 0.55 c	35.46 ± 0.88 c	28.80 ± 1.35 e	5
北醇	29.98 ± 0.42 d	38.18 ± 0.83 c	35.56 ± 1.03 d	55.24 ± 0.57 b	26.16 ± 1.23 e	45.71 ± 1.30 c	4
梅鹿辄 184	24.06 ± 0.42 e	22.47 ± 0.57 g	21.42 ± 0.83 e	22.80 ± 0.69 g	17.25 ± 1.03 g	14.04 ± 1.11 g	8
黑比诺 222	37.67 ± 0.69 b	40.17 ± 1.03 b	35.61 ± 0.55 d	38.21 ± 0.27 d	22.26 ± 0.69 f	50.34 ± 1.10 b	6
品丽珠	35.10 ± 1.09 c	36.14 ± 0.57 d	36.21 ± 0.57 d	36.90 ± 1.04 e	25.94 ± 0.69 e	19.23 ± 1.50 f	7

SOD活性、Pro含量和可溶性糖含量差异较大,说明不是所有与抗性有关的生理指标都可以准确的分析植物对来自外来环境的胁迫所做出的反应。换句话说,在众多的生理指标中可能只有一个或两个生理指标适合在干旱生境下检测植物的抗寒性。

## 2.2 相关性分析

对7个抗寒性指标进行相关性分析的结果(表8)可知,MDA含量与其他指标成负相关,与SOD活性差异不显著,Pro含量与SOD活性差异极显著,可溶性糖与各指标差异均不显著。由于众变量之间存在一定的相关性,使得观测数据所反映的信息存在重叠现象。故不能单独依赖上述某个或某两个指标对葡萄抗寒性进行评价,而采用主成分分析,在原始组合中利用新转换组合的较少综合指标,能够较好地反映葡萄的抗寒性。

## 2.3 主成分分析

为了筛选抗寒性生理生化指标,对各测定指标进行了主成分分析,从分析结果(表9)可以看出,第1主成分中的CAT活性、POD活性、PPO活性及MDA含量具有绝对值较大的特征向量,贡献率达48.66%;第2主成分中的SOD活性及Pro含量具有绝对值较大的特征向量,贡献率达29.59%;第3主成分可溶性糖具有绝对值较大的特征向量,贡献率达16.265%。第1、第2和第3

主成分累积贡献率达94%以上,已经对大多数数据给出了充分的概括。以上结果显示,在筛选酿酒葡萄抗寒性品种过程中,可首先选择测定主成分贡献率较大的生理生化指标。

## 3 结论与讨论

通过考察不同低温处理(0、-7、-15、-20、-30、-70℃)对CAT活性、POD活性、PPO活性、SOD活性、MDA含量、可溶性糖含量及Pro含量等生理指标的影响,并通过隶属函数法、生理指标的相关性及主成分分析,对酿酒葡萄抗寒性进行综合性评价,结果表明,经隶属函数统计分析,8个酿酒葡萄及砧木品种的综合抗寒性从高到低依次为贝达、Ln33、LDP294、北醇、SO<sub>4</sub>、黑比诺222、梅鹿辄184、品丽珠。对7个抗寒性指标相关性分析显示,在葡萄抗寒性鉴定中,不能单独依赖某个或某两个指标对葡萄抗寒性进行评价。各测定指标主成分分析显示,CAT活性、POD活性、PPO活性及MDA含量具有绝对值较大的特征向量,贡献率达48.66%。

低温胁迫可以引起植物体内各种生理生化反应,如生理脱水、细胞硬化、抑制光合作用、呼吸紊乱、代谢异常等,这些都可以导致蛋白质性质和功能的改变<sup>[16]</sup>。植物对外许多应激反应的一个中心主题是ROS的累计和ROS诱导细胞氧化还原状态的变化<sup>[17]</sup>。对于植物抗寒性其他生理方面

表8 8个酿酒葡萄品种抗寒性指标相关系数<sup>①</sup>

指标	CAT活性	POD活性	PPO活性	SOD活性	MDA含量	可溶性糖含量	Pro含量
CAT	1.000						
POD	0.975**	1.000					
PPO	0.896**	0.920**	1.000				
SOD	0.607	0.547	0.332	1.000			
MDA	-0.863**	-0.792**	-0.840**	-0.454	1.000		
可溶性糖	0.471	0.513	0.278	0.301	-0.378	1.000	
Pro含量	0.659*	0.650*	0.502	0.878**	-0.572	0.281	1.000

① \*表示  $P < 0.05$  的显著水平; \*\*表示  $P < 0.01$  的显著水平。

表9 主成分分析结果

主成分	CAT活性	POD活性	PPO活性	SOD活性	MDA含量	可溶性糖含量	Pro含量	贡献率	累计贡献率
1	0.864	0.860	0.974	0.205	-0.863	0.215	0.372	48.660	48.660
2	0.394	0.347	0.138	0.947	-0.268	0.131	0.889	29.590	78.250
3	0.252	0.299	0.049	0.144	-0.152	0.966	0.076	16.265	94.515

的研究,很多学者研究认为,植物在逆境条件下会促使 ROS 的过度积累,从而导致一系列的信号传导和生理生化反应,最终导致细胞代谢的紊乱。POD 是 ROS 产生的重要位点。在细胞中,  $O_2$  可以直接通过光呼吸的乙醇酸氧化酶<sup>[18]</sup>或其他酶系统如黄嘌呤氧化酶或以上的 POD 中形成  $H_2O_2$ <sup>[19]</sup>。SOD 作为在生物体内作为一种抗氧化剂,能迅速将强氧化物质  $O_2^-$  转变为  $O_2$ , 维持细胞内代谢的正常运转<sup>[20]</sup>, 王奇燕等<sup>[21]</sup>研究表明,提高酿酒葡萄叶片保护酶 SOD 的活性可增强植株的抗旱性。代谢材料 CAT、POD 和 SOD 能清除或平衡 ROS, 在逆境下 PPO 也通常参与其中<sup>[22]</sup>, 其他次生材料如 MDA、可溶性糖和游离脯氨酸抵抗逆境的能力都有所记录<sup>[23-25]</sup>。

Saladin 等<sup>[26]</sup>认为在水分胁迫下,可溶性糖含量作为植物渗透调节物质,其增加可以降低植物体内的渗透势,利于植物体在干旱逆境中维持体内正常的所需水分,提高植物的抗寒性。孟凤等<sup>[27]</sup>认为脯氨酸是植物逆境胁迫的产物,逆境环境会引起植物体内脯氨酸含量增加。惠竹梅等<sup>[28]</sup>通过对酿酒葡萄水分胁迫的生理指标测定表明,葡萄叶片中游离脯氨酸含量随着胁迫程度的增加呈明显上升趋势。本研究运用模糊数学隶属函数排名显示各品种的综合抗寒性从高到低的排名是:贝达、Ln33、LDP294、北醇、 $SO_4$ 、黑比诺 222、梅鹿辄 184、品丽珠。同时通过相关性分析及主成分分析可知,植物抗寒性是受多种因素控制的综合性状,不同品种的抗寒机制可能不同。评价葡萄抗寒性还需要从多方面进行综合评定,以全面分析不同材料的抗寒机制,确定不同类型的抗寒种质资源,为其抗寒育种奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 贺普超, 罗国光. 葡萄学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 8-9.
- [2] 刘涛, 马龙, 堵年生. 葡萄的生物学作用研究进展[J]. 自然杂志, 2002, 24(2): 81-86.
- [3] 郑秉隆. 甘肃酿酒葡萄种植 14 万亩[N]. 中国特产报, 2011-4-13(10).
- [4] 李华, 颜雨, 宋华红, 等. 甘肃省气候区划及酿酒葡萄品种区划指标[J]. 科技导报, 2010, 28(7): 68-72.
- [5] ZHU J K. Salt and drought stress signal transduction in plants[J]. Annu Rev. Plant Biol., 2002, 53: 247-273.
- [6] 周万海, 曹孜义, 李胜. 三个酿酒葡萄品种嫁接在 520A 砧木上的表现[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(3): 330-333.
- [7] 单永生. 甘肃张掖地区酿酒葡萄品种比较试验[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 2(1): 45-48.
- [8] 林玉友, 庞占荣, 蒋春光, 等. 不同酿酒葡萄品种抗寒性调查分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2011(1): 42-45.
- [9] 陈绍莉, 郭修武. 葡萄砧木的抗旱性鉴定与研究[J]. 中国果树, 2009(1): 38-42.
- [10] 石雪晖, 王淑英, 吴艳纯, 等. 葡萄叶片中生理生化物质含量与嫁接亲和力关系的研究[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 24-25.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 167-169.
- [12] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 127-128.
- [13] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 131-135.
- [14] 周广生, 梅方竹, 周竹青, 等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1378-1382.
- [15] 冯祥元, 于柱英, 种培芳. 不同种源地云杉的苗期抗旱性评价[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 2(1): 95-102.
- [16] ZHU J K. Cell signaling under salt, water and cold stresses[J]. Plant Biol., 2001, 4: 401-406.
- [17] FOYER CH, NOCTOR G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling[J]. New Phytologist, 2000, 146: 359-388.
- [18] FOYER CH, BLOOM AJ, QUEVAL G, et al. Photorespiratory metabolism: genes, mutants, energetics, and redox signaling[J]. Annual Review of Plant Biology, 2009, 60: 455-484.
- [19] DEL RÍO L A, SANDALIO L M, CORPAS F J, et al. Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. production, scavenging, and role in cell signaling[J]. Plant Physiology, 2006, 141(2): 330-335.
- [20] ALSCHER RG, ERTURK N, HEATH L S. Role of superoxide dismutases(SODs) in controlling oxidative stress in plants[J]. J. Exp. Bot., 2002, 53(372): 1331-41.
- [21] 王奇燕, 张振文, 宋晓菊, 等. AM 菌剂对赤霞珠扦插苗生长及抗旱性的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(11): 191-196.
- [22] MAYER A M. Polyphenol oxidases in plants and fungi:

# 功能性材料对玉米和大豆吸收土壤重金属的影响

郭思岩, 景生鹏

(甘肃省国土资源规划研究院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 通过室内盆栽实验, 研究了粉煤灰、沸石、腐殖酸和保水剂等功能性材料对玉米、大豆吸收重金属 Pb、Cd 的影响。结果表明, 供试功能性材料能有效降低玉米、大豆对重金属污染土壤中重金属 Pb、Cd 的吸收, 复合材料效果优于单个材料, 复合材料以粉煤灰+保水剂+腐殖酸+沸石、粉煤灰+保水剂+腐殖酸为最佳。

**关键词:** 功能性材料; 重金属; Pb; Cd; 玉米; 大豆; 影响; 研究

**中图分类号:** X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)08-0040-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.010)

## Study on the Effects of Functional Materials on Heavy Metal in Corn and Soybean

GUO Siyan, JING Shengpeng

(Gansu Institute of Land Resources Planning and Research, Lanzhou Gansu 730000, China)

**Abstract:** In this study, the effects of functional materials such as fly ash, zeolite, humic acid and water retaining agent on the absorption of heavy metals Pb and Cd in maize and soybean are studied by pot experiments. The result shows that the tested functional materials can effectively reduce the absorption of corn, soybean on heavy metals in Pb contaminated soil and Cd, the effect is better than that of single composite materials, composite materials with fly ash + water retention agent + humic acid + zeolite, fly ash + water retention agent + humic acid is the best insurance agent.

**Key words:** Functional materials; Heavy metals; Pb; Cd; Corn; Soybean; Effects; study

在我国西北地区, 由于土质疏松风沙大, 造成大量的土壤沙化, 同时土壤中金属污染加剧,

而且这种趋势还在不断的加大<sup>[1]</sup>。这给我国农业生态可持续发展造成严重的影响, 大大制约了西

收稿日期: 2017-06-15

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项“西北干旱区窑洞和地坑院村庄土地复垦整理技术集成与示范项目”(201111015-02)。

作者简介: 郭思岩(1980—), 女, 山西夏县人, 工程师, 主要从事国土资源规划工作。联系电话: (0)13649319028。E-mail: gslzgsy@126.com。

- going places [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67 (21): 2318-2331.
- [23] DEL RIO D, STEWART A J, PELLEGRINI N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress [J]. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 2005, 15(4): 316-28.
- [24] NAYER M, REZA H. Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties [J]. *World Applied Sciences Journal*, 2008, 3 (3): 448-453.
- [25] LEHNINGER A, NELSON D, COX M M. Principles of biochemistry [M]. New York: W. H. Freeman. 2000.
- [26] SALADIN G, CLEMENT C, MAGNE C. Stress effects of flumioxazin herbicide on grapevine (*Vitis vinifera* L.) grown in vitro [J]. *Plant Cell Rep.*, 2003, 21: 1221-1227.
- [27] 孟凤, 郁松林, 郑强卿, 等. 外源甜菜碱对葡萄幼苗抗高温胁迫能力的影响 [J]. *果树学报*, 2008, 25(4): 581-584.
- [28] 惠竹梅, 房玉林, 郭玉枝, 等. 水分胁迫对葡萄幼苗4种主要生理指标的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(3): 146-149.

(本文责编: 杨杰)