

冯英慧,悦 冲,樊保国. 山西省部分毛桃品种的抗寒性评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(4):139–142.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.04.035

山西省部分毛桃品种的抗寒性评价

冯英慧,悦 冲,樊保国

(山西师范大学生命科学学院,山西临汾 041000)

摘要:以山西省 10 个毛桃品种的 1 年生休眠枝条为材料,设置不同的低温和处理时间进行人工低温处理,通过生长恢复试验,观察各品种低温胁迫后枝芽萌发情况,测定低温胁迫后枝条相对电导率、丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、可溶性蛋白质、可溶性糖、脯氨酸含量。采用主成分分析法对各项指标进行分析,结合隶属函数法,对 10 个毛桃品种的抗寒性进行综合评价。结果表明,相对电导率、SOD、可溶性蛋白质、脯氨酸和 MDA 含量与毛桃抗寒性关系密切,可以作为桃树抗寒性评价的重要参考指标;10 毛桃品种抗寒性的强弱顺序为大久保 > 岗山白 > 75614 > 21010 > 早金 > 锦玉 > 9618 > 华玉 > 晚蜜 > 天王,这一结果与生长恢复法得到的评价结果基本一致。

关键词:毛桃;抗寒性;生理指标;主成分分析;隶属函数法;综合评价

中图分类号: S662.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)04-0139-04

桃(*Prunus persica* L.)为蔷薇科李亚属的一种落叶乔木,原产我国西北高原,至今已有 3 000 多年的栽培历史,是世界上栽培最为广泛的果树树种之一^[1]。在山西省内桃树栽培范围广,栽培历史悠久,品种繁多,据不完全统计,目前山西省桃树栽植面积 3.6 万 hm²,产量约 5.5 万 t,其中晋中、太原是山西省桃集中产区。另外还有晋南、晋东南、临汾盆地等主要栽培区,太原以北也有栽培,但由于气候因素,种植比重较小。抗寒性是反映果树对环境适应性的重要指标之一,也是限制果树种植地区范围的重要因素之一。因此,选育抗寒性桃树品种,对于指导桃树适地适栽及扩大栽培范围具有重要的意义。

桃树的枝条、花芽在北方冬季易受到严寒的危害,导致损伤甚至死亡。桃树抗寒性研究已有不少报道^[2-7],但是大多是通过田间调查来鉴定桃树抗寒性^[2-3,5-6],据调查冻害大约每 10 年发生 1 次,用这种方法鉴定桃树品种抗寒性大概需要 10 年的时间。因此,笔者在前人对桃树抗寒性研究的基础上,选择了在山西省桃树生产中有一定栽培面积和发展前景的 10 个品种作为供试品种,测定其休眠枝条多个生理生化指标。利用主成分分析法和隶属函数法对多个抗寒性生理指标

进行了综合评价,并对 10 个毛桃品种的抗寒性进行排序,同时与生长恢复试验结果进行比较,以便能更全面地比较品种间的抗寒性差异,以期获得桃树品种抗寒性鉴定的有效方法,为桃树抗寒资源的筛选与应用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料于 2015 年 12 月 24 日在山西省农业科学院果树研究所桃树示范园选取,选取的 10 个毛桃品种树龄均在 10~15 年,其中早金、锦玉、21010 是早熟品种,大久保、75614、岗山白是中熟品种,晚蜜、天王、华玉、9618 是晚熟品种。随机剪取各品种无病虫害的带休眠芽 1 年生健壮枝条,每品种剪取 20 根,迅速装入塑封袋密封,做好标记后带回实验室。

1.2 试验处理

将枝条用自来水冲洗(注意冲洗过程中保护休眠芽不受损伤),以洗净枝条表面的灰尘和杂质,然后用干净纱布将枝条擦干(在擦洗过程中应保证休眠芽完好无损)。擦干水分后,将每个品种分成 9 份,塑封袋包裹,做好标记。1 份作为对照材料不做冷冻处理,其余 8 份放于超低温冰箱中,分别以 -3 ℃/h 的速度降至预定温度,分别设置 -10、-15、-20、-25、-30、-35 ℃处理;结合实际,考虑到 -20 ℃以上或以下低温可能持续的时间,所以在达到所需温度后,-10、-15、-20 ℃分别维持 72 h,-25、-30、-35 ℃分别维持 24 h,对 -20 ℃低温处理,分别在 24、48、72 h 后各取出 1 次。将低温处理结束后取出的样品放置于 -4 ℃冰箱中解冻 24 h,再放

收稿日期:2016-07-26

基金项目:山西省科技攻关计划(编号:20140311017-7)。

作者简介:冯英慧(1989—),女,山西朔州人,硕士研究生,从事植物生理生态方面的研究。E-mail:1092203493@qq.com。

通信作者:樊保国,硕士,副教授,主要从事果树生理研究。E-mail:fbg2012@163.com。

[19]张士功,高吉寅,宋景芝. 水杨酸对小麦种子萌发和幼苗生长过程中盐害的缓解效应[J]. 中国农业科学,1998,31(4):90-91.

[20]侯彩霞,汤章城. 细胞相容性物质的生理功能及其作用机制[J]. 植物生理学报,1999,35(1):1-7.

[21]秦峰梅,张红香,武 伟,等. 盐胁迫对黄花苜蓿发芽及幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2010,19(4):71-78.

[22]Krishnamurthy R. Amelioration of salinity effect in salt tolerant rice

(*Oryza sativa* L.) by foliar application of putrescine[J]. Plant & Cell Physiology,1991,32(5):699-703.

[23]陈双燕,韩建国,王赞文,等. 蛭石引发对结缕草种子发芽率和发芽速度的影响[J]. 草地学报,2007,15(3):254-258.

[24]Shan C J. Effect of soil drought on physiological characteristics of winter wheat Luomai 9133 during jointing stage[J]. Journal of Triticeae Crops,2007,27(5):880-883.

于室温中恢复 12 h 然后进行各项指标的测定。测定时每个处理均重复 3 次。

1.3 试验方法

1.3.1 生理指标的测定 相对电导率的测定^[8]:将低温处理后的枝条切成小薄片(避开芽眼)称取 3 份,每份 0.3 g,分别置于刻度试管中,加 20 mL 去离子水,加塞在室温下静置 12 h 后,用电导仪测定浸提液的电导率 S_1 ,以代表植物组织电解质外渗值。然后将试管在沸水浴中煮沸 30 min,取出静置 12 h 后,再次测定植物组织全部被破坏后浸提液的电导率 S_2 ,以代表植物组织原生质膜被破坏后所渗出的电解质的总含量,每处理重复 3 次。计算公式:电解质外渗率 = $S_1/S_2 \times 100\%$ 。

采用硫代巴比妥酸 TBA 显色法^[9]测定丙二醛(MDA)含量,用萘酚比色法^[10]测可溶性糖含量,可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[10],以酸性茚三酮法^[9]测游离脯氨酸含量,用氮蓝四唑法测定 SOD 活性^[11],以愈创木酚法^[9]测定 POD 活性。

1.3.2 恢复生长法^[12] 将各低温处理后的枝条置于 25 ℃ 智能光照培养箱中,水培 20 d,每天观察记录枝段成活数(枝段能发生愈伤组织、生根、发芽或保持绿色),累计发芽数。待发芽数恒定后,计算成活芽百分率,作为材料恢复生长能力的指标。

1.4 数据处理

试验数据用 Excel 2003 进行计算和作图,用 SPSS 17.0 进行相关性分析以及主成分分析。

1.5 综合评价方法

参照柳新红等对翅荚木^[13]、唐婉等对紫薇属植物^[14]和王琳等对扁桃品种^[15]进行抗寒性综合评价的方法。

1.5.1 主成分的确定 不同指标对抗寒性的影响力度不同,因此对所测指标进行主成分分析,以特征值 $\lambda > 1$ 为标准确定主成分个数。

1.5.2 权重的确定 根据各指标负荷量(F)与贡献率(Y),计算出各指标在各主成分中的分值($F \times Y$),以确定权重

(W_i),从而确定各指标对抗寒性作用所占比重。计算公式如下:

$$D_i = \sum_{j=1}^n (F_{ij} \times Y_{ij});$$

$$W_i = D_i / \sum D_i。$$

式中: D_i 表示某指标对抗寒性作用大小, F_{ij} 表示该指标在第 j 个主成分上的负荷量, Y_{ij} 表示第 j 个主成分的贡献值。

1.5.3 隶属函数值得确定 指标与抗寒性呈正相关,公式为:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

指标与抗寒性呈负相关,公式为:

$$Z_{ij}(\text{反}) = 1 - (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

式中: Z_{ij} 表示第 i 个品种第 j 项指标的抗寒性隶属函数值, X_{ij} 表示第 i 个品种第 j 项指标的测定值, X_{\max} 、 X_{\min} 表示所以参试品种中第 j 项指标的最大和最小测定值。

1.5.4 综合评价指数 将各指标权重(W_i)与各指标隶属度值(Z_{ij})相乘,计算出各毛桃品种抗寒性综合指数(I),公式为: $I = \sum (W_i \times Z_{ij})$ 。根据抗寒性综合指数大小确定抗寒性大小。

2 结果与分析

2.1 恢复生长情况

树木枝条在遭受冻害后的萌芽率是估计受冻害程度最直观的方法^[13],因此恢复生长法的结果通常用来验证其他抗寒性研究方法适用性和准确性。研究发现,经不同低温处理后,各毛桃品种均受到不同程度的伤害,枝条萌芽率均随着温度的降低和处理时间的延长逐渐下降。其中,在 -20 ℃ 处理 72 h 后,各品种发芽率降低明显,除大久保和 21010 外,其他各品种均降到 50% 以下,说明这几个毛桃品种适宜在 -20 ℃ 低温持续 72 h 以下的地区栽植。在 -25 ℃ 处理后,21010、大久保、岗山白和 75614 这几个品种发芽率在 35% 以上,耐寒性较强;-30 ℃ 处理后,天王、华玉、晚蜜这 3 个品种的发芽率为 0,耐寒性较弱(表 1)。

表 1 不同温度处理下毛桃枝条的萌芽率

品种	发芽率(%)								
	CK	-10 ℃	-15 ℃	-20 ℃ (24 h)	-20 ℃ (48 h)	-20 ℃ (72 h)	-25 ℃	-30 ℃	-35 ℃
早金	83.33	89.45	77.78	70.00	66.67	43.75	32.85	16.67	0.00
锦玉	80.00	70.58	78.57	66.67	55.56	40.00	32.50	28.57	0.00
21010	87.50	63.64	73.91	72.50	61.54	50.00	41.58	26.67	0.00
大久保	80.00	70.59	72.73	64.55	50.00	53.75	55.56	41.18	0.00
75614	81.82	76.92	73.33	67.14	50.00	35.29	35.00	26.32	0.00
岗山白	82.35	85.71	78.57	61.11	48.46	40.00	37.50	28.57	0.00
晚蜜	83.33	63.64	60.87	55.56	44.44	20.00	0.00	0.00	0.00
天王	80.00	58.82	63.64	56.15	41.17	35.00	22.22	0.00	0.00
华玉	75.00	84.61	60.00	58.82	44.44	35.29	18.75	0.00	0.00
9618	80.00	70.58	78.57	57.89	44.44	40.00	32.50	21.43	0.00

2.2 生理指标相关关系分析

研究发现,相对电导率与 MDA 含量呈极显著正相关,与 SOD 活性、3 种渗透调节物质含量之间呈极显著负相关,说明抗寒性强的品种,细胞膜受损程度轻,丙二醛积累较少,电解质外渗率相对较低,保护酶 SOD 活性高,渗透调节物质的含

量高。2 种保护酶活性之间、3 种渗透调节物质含量之间都呈极显著正相关。可溶性蛋白质和脯氨酸含量与其他各指标都呈极显著正相关或负相关(表 2)。可见各指标间存在一定的相关性,从而使其所提供的抗寒性信息有一定的重叠现象,所以不能依赖某一个指标对品种的抗寒性进行评价。

表 2 低温胁迫处理后毛桃品种枝条生理指标相关系数矩阵

指标	相关系数						
	相对电导率	MDA 含量	POD 活性	SOD 活性	可溶性蛋白质含量	可溶性糖含量	脯氨酸含量
相对电导率	1.000						
MDA 含量	0.900 **	1.000					
SOD 活性	-0.011	-0.001	1.000				
POD 活性	-0.222 **	-0.232 *	0.633 **	1.000			
可溶性蛋白质含量	-0.668 **	-0.620 **	0.402 **	0.541 **	1.000		
可溶性糖含量	-0.466 **	-0.519 **	-0.066	-0.053	0.247 **	1.000	
脯氨酸含量	-0.682 **	-0.666 **	0.361 **	0.298 **	0.573 **	0.500 **	1.000

注：“**”表示在 0.01 水平上显著相关；“*”表示在 0.05 水平上显著相关。

2.3 抗寒性综合评价

2.3.1 主成分分析 对低温处理后毛桃休眠枝的各项生理生化指标进行主成分分析,得到其特征值和贡献率(表 3)。特征值是指主成分的影响力度大小,一般以 1 为标准,因为特征值小于 1 说明该成分还不如一个基本变量的影响力大,根据此标准,只能提取前 2 个主成分。第 1 主成分的特征值为 3.6,贡献率为 51.426%,第 2 主成分的特征值为 1.528,贡献率为 21.829%,2 个主成分的累积贡献率为 73.255%,说明这 2 个主成分已经把不同品种的毛桃抗寒性 73.255% 的信

息反映出来。按照上式(1)、(2),确定权重(W_i)。结果发现,第 1 主成分主要反映相对电导率、MDA 含量和脯氨酸含量与抗寒性关系,第 2 主成分主要反映 SOD 活性、POD 活性、可溶性蛋白质含量和可溶性糖含量这 4 个指标抗寒性信息。根据抗寒指标权重大小得知,与参试毛桃品种抗寒性关系最大的指标是可溶性蛋白质含量,以下依次是 SOD 活性、脯氨酸含量、相对电导率和 MDA 含量(表 4)。

表 3 各成分的特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征向量		
	特征根	贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	3.600	51.426	51.426
2	1.528	21.829	73.255
3	0.709	10.133	83.388
4	0.497	7.094	90.482
5	0.340	4.860	95.342
6	0.226	0.323	98.568
7	0.100	1.432	100.00

表 4 抗寒指标的负荷量和权重

指标	负荷量		$F_1 \times Y_1 + F_2 \times Y_2$	权重
	第 1 主成分	第 2 主成分		
相对电导率	0.254	-0.087	0.111 6	0.153 2
MDA 含量	0.247	-0.081	0.109 3	0.150 0
SOD 活性	0.087	0.551	0.165 0	0.226 4
POD 活性	-0.160	0.334	-0.009 3	-0.012 9
可溶性蛋白质含量	0.193	0.367	0.179 4	0.246 1
可溶性糖含量	0.177	-0.266	0.032 9	0.045 2
脯氨酸含量	0.224	0.113	0.139 8	0.191 9

2.3.2 抗寒指标隶属度 按照上式(3)、(4)计算各品种各项生理指标的隶属函数值(表 5)。

表 5 低温胁迫后毛桃品种枝条的各生理指标的隶属函数值

品种	隶属函数值						
	相对电导率	MDA 含量	POD 活性	SOD 活性	可溶性蛋白质含量	可溶性糖含量	脯氨酸含量
早金	0.573 9	0.554 1	0.581 6	0.518 1	0.574 8	0.329 6	0.571 2
锦玉	0.705 4	0.502 4	0.362 9	0.233 1	0.352 4	0.446 0	0.334 4
21010	0.682 2	0.675 3	0.628 5	0.599 5	0.648 8	0.340 1	0.357 2
大久保	0.842 9	0.560 3	0.778 3	0.602 2	0.689 5	0.600 6	0.353 1
75614	0.868 7	0.589 9	0.567 5	0.585 0	0.337 0	0.310 5	0.526 7
岗山白	0.509 6	0.677 8	0.353 0	0.415 9	0.328 8	0.742 0	0.555 9
晚蜜	0.344 5	0.433 1	0.103 3	0.496 9	0.433 1	0.674 8	0.575 5
天王	0.423 4	0.241 0	0.448 2	0.440 8	0.348 4	0.409 9	0.289 1
华玉	0.361 5	0.299 5	0.755 8	0.692 9	0.649 6	0.624 4	0.297 6
9618	0.455 7	0.430 8	0.415 1	0.416 0	0.286 5	0.499 0	0.681 6

2.3.3 抗寒性综合指数值 根据抗寒性综合指数的大小,参试毛桃品种的抗寒能力从强到弱依次为:大久保 > 岗山白 > 75614 > 21010 > 早金 > 锦玉 > 9618 > 华玉 > 晚蜜 > 天王(表 6)。

3 结论

低温胁迫会引起植物体内发生一系列生理生化反应,单一指标对各品种抗寒性强弱反应不甚一致。采用主成分分析

法将彼此错综复杂的 7 个生理指标进行综合分析,选取了 2 个主成分并计算各成分的贡献率,根据主成分的负荷量,计算各指标对抗寒性作用的大小,确定权重。结果表明,可溶性蛋白质含量、SOD 活性、脯氨酸含量、相对电导率和 MDA 含量可以作为桃树抗寒性评价的重要参考指标。根据各个指标权重和每个品种的隶属函数,进行抗寒性综合评价得出 10 个毛桃品种抗寒性的强弱顺序为:大久保 > 岗山白 > 75614 > 21010 > 早金 > 锦玉 > 9618 > 华玉 > 晚蜜 > 天王。

表 6 各桃品种抗寒性综合指数

品种	抗寒性指数							综合指数	排序
	相对电导率	MDA 含量	POD 活性	SOD 活性	可溶性 蛋白质含量	可溶性糖 含量	脯氨酸 含量		
早金	0.087 9	0.083 1	0.131 7	-0.006 7	0.026 0	0.081 1	0.109 6	0.512 8	5
锦玉	0.055 4	0.044 9	0.171 1	-0.008 9	0.029 4	0.153 7	0.057 1	0.502 7	6
21010	0.104 5	0.101 3	0.142 3	-0.007 7	0.029 3	0.083 7	0.068 5	0.522 0	4
大久保	0.129 1	0.084 1	0.176 2	-0.007 7	0.031 2	0.147 8	0.067 8	0.628 4	1
75614	0.133 1	0.088 5	0.128 5	-0.007 5	0.015 2	0.076 4	0.101 1	0.535 3	3
岗山白	0.078 1	0.101 7	0.079 9	-0.005 3	0.014 9	0.182 6	0.106 7	0.558 5	2
晚蜜	0.052 8	0.065 0	0.023 4	-0.006 4	0.019 6	0.166 1	0.110 4	0.430 8	9
天王	0.064 9	0.036 2	0.101 5	-0.005 7	0.015 8	0.100 9	0.055 5	0.368 9	10
华玉	0.108 0	0.075 4	0.082 2	-0.003 0	0.015 9	0.109 8	0.064 2	0.452 5	8
9618	0.069 8	0.064 6	0.094 0	-0.005 3	0.013 0	0.122 8	0.130 8	0.489 6	7

根据生长恢复法试验得到的 10 个品种的抗寒性强弱与综合评价结果基本一致。利用主成分分析法和隶属函数法不仅能够快速鉴定品种抗寒性,同时还克服了采用单一因素进行评价的缺陷。由于植物抗寒性受多个因素的影响,衡量植物对低温耐受性的指标也较多,指标间关系复杂,生理生化指标一般情况下受环境因素的影响较大。另外,由于树龄不同,树体贮藏或消耗营养物质的情况也不同,也会影响树体的抗寒性。因此,要科学评价桃树的抗寒性还应从多个方面综合考虑,才能全面、科学评价其抗寒能力,从而为利用不同类型抗寒种质资源提供可靠依据。

参考文献:

[1]郑开文. 北方果树[M]. 北京:科学普及出版社,1986:149-150.
[2]于润生. 桃树冻害调查研究[J]. 果树科学,1988(3):127-129.
[3]汪祖华. 桃品种[M]. 北京:农业出版社,1990:310.
[4]刘天明,张振文,李 华,等. 桃品种耐寒性研究[J]. 果树科学, 1998,15(2):107-111.
[5]宋西民. 桃树冻害调查及应对措施[J]. 落叶果树,2003,35(5): 50-50.
[6]赵剑波,陈青华,郭继英,等. 桃种质资源冻害情况调查报告[J].

北方园艺,2010(20):49-50.
[7]张海旺,陈海江,张学英,等. 桃树脱锻炼期间电阻抗参数与抗寒性关系研究[J]. 北方园艺,2014(6):11-14.
[8]郝建军,康宗利,于 洋,等. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:100-101.
[9]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
[10]邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:111-161.
[11]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
[12]郑 元,杨途熙,魏安智,等. 低温胁迫对仁用杏几个抗寒生理指标的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008, 36(1):163-167.
[13]柳新红,何小勇,苏冬梅,等. 翅茱木种源抗寒性综合评价体系的构建与应用[J]. 林业科学,2007,43(10):45-50.
[14]唐 婉,胡 杏,徐 婉,等. 几种紫薇属植物的抗寒性评价[J]. 西北农业学报,2012,21(9):121-126.
[15]王 琳,王梦雪,廖晓军,等. 新疆莎车县扁桃品种抗寒性主成分分析[J]. 经济林研究,2014,32(2):38-41.

(上接第 134 页)

[12]赵 崇,王铁良,山口智冶,等. 辽沈Ⅳ型日光温室墙体保温性能试验研究[J]. 节能技术,2005,23(5):390-391,429.
[13]韦泽秀,梁银丽,周茂娟,等. 水肥组合对日光温室黄瓜叶片生长和产量的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(3):69-74.
[14]Cho Y Y,Oh S,Oh M M,et al. Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value[J]. Scientia Horticulturae,2007,111(4):330-334.
[15]方栋平,张富仓,李 静,等. 灌水量和滴灌施肥方式对温室黄瓜产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):1735-1742.
[16]王 伟,蔡焕杰,王 健,等. 水分亏缺对冬小麦株高、叶绿素相对含量及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2009,28(1):41-44.
[17]那冬晨,王文斗,杨丽静,等. 水分胁迫对华北景天叶片结构和叶绿素含量的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(26):15902-

15903,15912.
[18]师素恩,马宝焯. 抗蒸腾剂在苹果试管苗移栽中的应用研究[J]. 河北农业大学学报,1994,17(3):1-4.
[19]石 斌. 不同库源关系对油茶光合作用及同化物分配的影响[Z]. 2015.
[20]苏文锋,苏振声,林玲玲,等. 干旱胁迫下抗蒸腾剂对叶子花生理特性的影响[J]. 浙江农业学报,2015,27(12):2122-2128.
[21]师长海,孔少华,翟红梅,等. 喷施抗蒸腾剂对冬小麦旗叶蒸腾效率的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(5):1091-1095.
[22]Russo V M,Diaz-Perez J C. Kaolin-based particle film has no effect on physiological measurements, disease incidence or yield in peppers[J]. HortScience,2005,40(1):98-101.
[23]Tambussi E,Bort J,Araus J. Water use efficiency in C₃ cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects[J]. Annals of Applied Biology,2007,150(3):307-321.