

郑强卿,李鹏程,陈奇凌,等. 自然降温条件下不同产地酸枣抗性生理指标综合评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(15):154-158.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.036

自然降温条件下不同产地酸枣抗性生理指标综合评价

郑强卿,李鹏程,陈奇凌,王晶晶

(新疆农垦科学院,新疆石河子 832000)

摘要:比较不同产地酸枣的抗寒能力差异,为筛选优良的枣树砧木和选育新品种提供理论依据。在自然降温条件下,对不同产地 15 种酸枣 1 年生枝条生理生化指标进行测定,将测定值换算成抗寒系数,再将抗寒系数换算成隶属函数值,取各指标隶属度平均值对酸枣抗寒性强弱进行综合评定。在不同产地的 15 个酸枣类型中,属于抗寒类型的有 2 个,占 13.3%,中抗类型的有 6 个,占 40%,低抗类型的有 4 个,占 26.7%,其中无抗寒能力的只有 3 个,占 20%。酸枣渗透调节物质和抗氧化酶各指标的隶属值与可溶糖含量、脯氨酸含量呈显著相关,与超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称 SOD)活性和丙二醛含量呈极显著相关。丙二醛含量和 SOD 活性无论在任何条件下均可作为植株抗寒性强弱评价或鉴定的指标。陕西清涧铁莲沟和袁家沟的酸枣具备较强的抗寒能力,其次是陕西米脂张岔村和河北省内丘县。

关键词:酸枣;抗寒;生理指标;综合评价

中图分类号: S665.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0154-05

枣(*Ziziphus jujube* Mill)是原产我国的特有果树和主要经济林树种,新疆是我国新兴的优质干枣生产基地。枣树在新疆丰富的果树资源中所占比例最高、面积最大,是经济优势最凸显的树种。但在新疆红枣产业快速发展过程中,尚未形成系统的栽培技术理论体系,如种植面积大、品种单一、抗逆性差等问题,是红枣产业可持续发展的制约因素。枣树抗逆能力强弱除与品种自身生物学特性相关之外,还与砧木酸枣

(*Ziziphus spinosus* Hu)的个体间差异和良种程度有关。尤其在冬季漫长且气候严寒的新疆,选育抗寒的优良砧木品系和枣树品种对新疆红枣产业的健康发展具有重要意义。果树在遭受低温胁迫时,最直接最直观的表现就是自身生理生化变化^[1]。研究结果表明,丙二醛(malondialdehyde,简称 MDA)含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量等指标虽不能直接判断植物的抗寒性强弱,但均与抗寒性有密切的关系^[2-4]。果树砧木抗寒性研究大多集中在苹果^[5-6]、葡萄^[7]、樱桃^[8]、山楂^[9]上,枣树砧木酸枣的抗寒性亦有部分报道^[10],是通过人工模拟低温对酸枣生长量以及部分生理指标进行对比研究。在新疆北部石河子市冬季漫长、气温较低的环境下,通过测试分析自然降温过程中酸枣当年生枝条生理生化指标,研究不同产地酸枣抗寒能力的强弱。通过研究不同产地酸枣当年生枝条的渗透调节物质含量、过氧

收稿日期:2018-05-03

基金项目:新疆生产建设兵团师域发展创新支持计划(编号:2017BA040)。

作者简介:郑强卿(1980—),男,甘肃会宁人,硕士,副研究员,研究方向为果树栽培与生理。E-mail:zhengqq369@163.com。

通信作者:陈奇凌,研究员,研究方向为林木栽培与生理生态。E-mail:Cql619@163.com。

[9]刘旭,杨晓畅,陶怡,等. 葡萄霜霉病拮抗细菌的筛选、鉴定及发酵条件优化[J]. 果树学报,2015,32(4):681-688.

[10]张国军,徐海英,闫爱玲. 部分葡萄品种葡萄霜霉病田间调查[J]. 中国果树,2005(4):49-50.

[11]毕秋艳,马志强,韩秀英,等. 葡萄霜霉病菌对甲霜灵抗药性治理及其田间抗药菌株遗传稳定性分析[J]. 植物病理学报,2014,44(3):302-308.

[12]张艳艳,张剑侠,王跃进. 中国野生葡萄抗霜霉病基因 RAPD 标记的筛选[J]. 果树学报,2008,25(6):816-820.

[13]万怡震. 中国葡萄属野生种抗病性及抗病基因 RAPD 标记作图研究[D]. 西安:西北农林科技大学,2003:5-6.

[14]吕秀兰. 葡萄品种遗传多样性和霜霉病抗性鉴定的生化与分子生物学研究[D]. 成都:四川农业大学,2005:4-12.

[15]刘天明,李华,张振文. 鲜食葡萄品种对霜霉病的抗性抗病机理研究[J]. 植物保护学报,2001,28(2):118-122.

[16]刘新秀,金恭玺,李虎,等. 葡萄种质资源抗霜霉病鉴定[J]. 新疆农业科学,2013,50(5):857-863.

[17]任秀艳,辛惠普,马汇泉. 水稻感染污点病菌后三种酶活性的变化[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(4):116-118.

[18]袁庆华,桂枝,张文淑. 苜蓿抗感褐斑病品种内超氧化物歧化酶、过氧化物酶和多酚氧化酶活性的比较[J]. 草业学报,2002,11(2):100-104.

[19]周博如,刘太国,杨微,等. 不同抗性的大豆品种感染细菌性疫病后 POD、PPO 变化的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):183-186.

[20]王戈,杨焕文,赵正雄,等. 烟草品种防御酶活性对黑胫病菌响应差异[J]. 云南农业大学学报,2012,27(3):321-326.

[21]王桥美,范静华,果志华,等. 烟草黑胫病菌毒素对烟草防御性相关酶的诱导作用[J]. 云南农业大学学报,2011,26(1):20-25.

[22]房保海,张广民,迟长风,等. 烟草低头黑病菌毒素对烟草丙二醛含量和某些防御酶的动态影响[J]. 植物病理学报,2004,34(1):27-31.

[23]徐鹏,李浩然,曹志艳,等. 玉米抵御鞘腐病菌侵染的生理机制[J]. 植物保护学报,2013,40(3):261-265.

化物含量、抗氧化酶活性及过氧化物酶活性等指标在自然降温过程中的变化规律,探讨其与抗寒性的关系,旨在筛选出优良的枣树砧木,为培育高抗寒的枣树品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2012 年在新疆农垦科学院林园研究所试验基地进行,该基地位于 $43^{\circ}20' \sim 45^{\circ}20'N$, $84^{\circ}45' \sim 86^{\circ}40'E$ 之间的新疆石河子市 312 国道旁,属典型的温带大陆性气候,冬季长而严寒,夏季短而炎热,无霜期为 168 ~ 171 d。年平均气温为 $7.5 \sim 8.2^{\circ}C$,最高气温出现在 7 月,平均气温在 $25.1 \sim 26.1^{\circ}C$ 。年降水量为 125.0 ~ 207.7 mm,一年中降水较多的月份出现在 7、5、6、4 月,降水量为 13.0 ~ 20.0 mm。

1.2 试验材料与设计

于 2011 年 9 月,分别在河北省易县(HB1)、内邱县(HB2)、陕西省佳县(SX11)、米脂凉水沟(SX10)、米脂吕家界(SX9)、米脂张岔村(SX8)、清涧任家洼(SX7)、清涧陈家坪(SX6)、清涧县(SX5)、清涧袁家沟(SX4)、清涧铁莲沟(SX3)、清涧合口(SX2)、清涧陈家河(SX1)及河南省鹤壁市形盆村(HN1)、下槽村(HN2)等地共采集 15 种不同产地果实全红的酸枣种子,于 2012 年开春在新疆农垦科学院试验园通过播种建立试验区。

不同类型酸枣经过 11、12、1 月 3 个月的 $-27 \sim -8^{\circ}C$ 低温胁迫之后,对其生理指标进行测试分析。在每种不同的砧木上选取 4 ~ 6 个枝条,分别剪取 20 ~ 30 cm 长的枝段,用水冲洗 10 s,然后用蒸馏水冲洗干净,用滤纸吸干,用石蜡封剪口后用聚乙烯袋包裹,带回实验室测定。

1.3 测试方法

生理指标脯氨酸含量、过氧化物酶(peroxidase,简称 POD)活性、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称 SOD)活性的测定参照李合生的方法^[11],丙二醛含量和过氧化氢酶活性的测定参照刘萍的方法^[12],其中过氧化氢酶活性的测定为紫外吸收法。可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法,可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2010 进行统计分析、制图,用 SPSS 17.0 软件中的 LSD、Duncan's 检验对差异显著指标进行方差分析。本试验以 12 月 5 日即第 1 次采样后测得的理化指标作为对照组,以 1 月 3 日最低温度出现时,即第 2 次测得的指标作为胁迫组,分别计算胁迫组和对照组各性状的平均值,参

考周广生等的方法^[13-14],首先用公式(1)将原始数据进行转换,求得各理化指标性状的抗寒系数(a)。采用隶属函数值法综合评价该 15 种酸枣实生苗的抗寒性强弱,即将各指标的抗寒系数换算成隶属函数值,取各指标隶属度的平均值作为抗寒性强弱的综合评定标准。

$$a = \frac{\text{处理测定值}}{\text{对照测定值}} \times 100\% \quad (1)$$

将整理后的数据用模糊数学隶属度公式^[13]进行定量转换,再将各指标隶属函数值取平均值进行相互比较。隶属函数公式为

$$U(X_i) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

如果某一指标与评判结果为负相关,则用反隶属函数进行定量转换。

计算公式为

$$U(X_i) = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中: $U(X_i)$ 为隶属函数值; X_i 为无性系某项指标测定值; $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 为所有参试无性系中某一指标的最大值和最小值。

参照廖景容等的方法^[15]。按照平均隶属度将抗寒性分为 5 级:0.70 ~ 1.00 为高抗(high resistance,简称 HR),定为 I 级;0.60 ~ 0.69 为抗(resistance,简称 R),定为 II 级;0.40 ~ 0.59 为中抗(mid. dle Resistance,简称 MR),定为 III 级;0.30 ~ 0.39 为低抗(lower resistance,简称 LR),定为 IV 级;0 ~ 0.29 为不抗(susceptible,简称 S),定为 V 级。

2 结果与分析

2.1 不同产地酸枣枝条渗透调节物质、膜脂过氧化物含量的变化

随着外界环境自然温度的不断降低,不同类型酸枣枝条的渗透调节物质、膜脂过氧化物含量均发生了变化。可溶性糖含量除 SX1、SX11 有所降低外其他均增加(图 1),增幅最大,为 80.49%,其次是 HN2,为 77.55%,位居第 3 的是 SX2 为 63.20%。可溶性蛋白含量随温度降低既有增加又有降低(图 2),HB1、HB2 与 SX4 均明显提高,分别提高 46.11%、32.06% 和 12.51%,其他均降低,降低幅度最小的 SX9 降低 3.36%,其次是 SX11 降幅为 4.28%,位居第 3 的 SX8 降幅为 8.08%。另外,脯氨酸含量均有大幅度提高(图 3),SX8 提高幅度最大的 SX8 为 203.45%,其次是 SX3、SX1,分别为 149.12%、104.79%,提高幅度最小的是 HB1,为 28.04%。

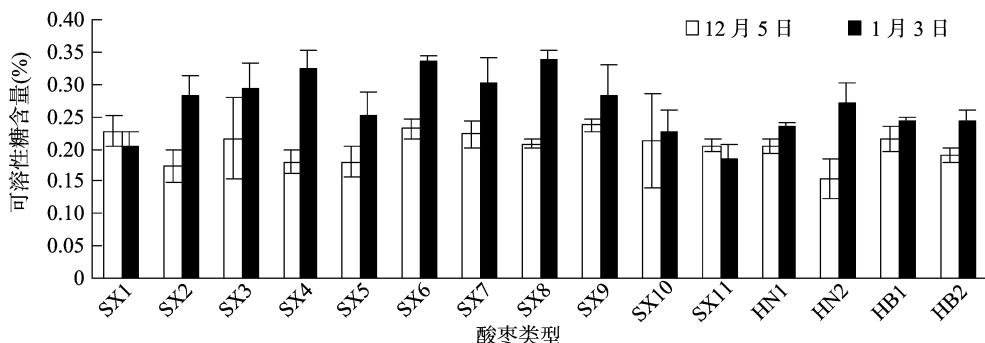


图1 可溶性糖含量变化

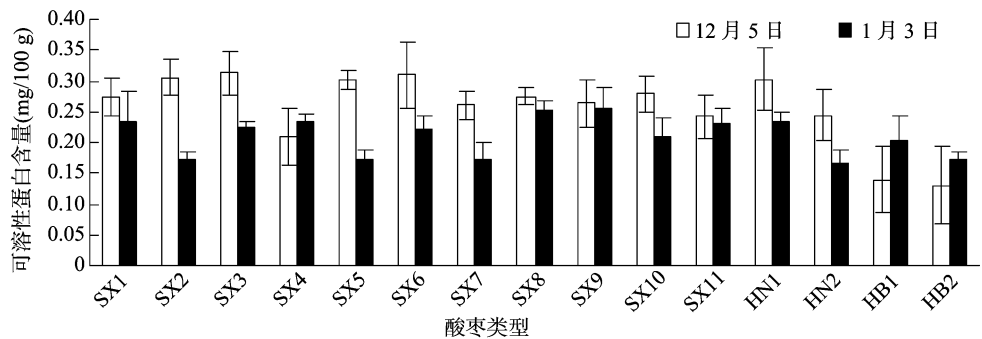


图2 可溶性蛋白含量变化

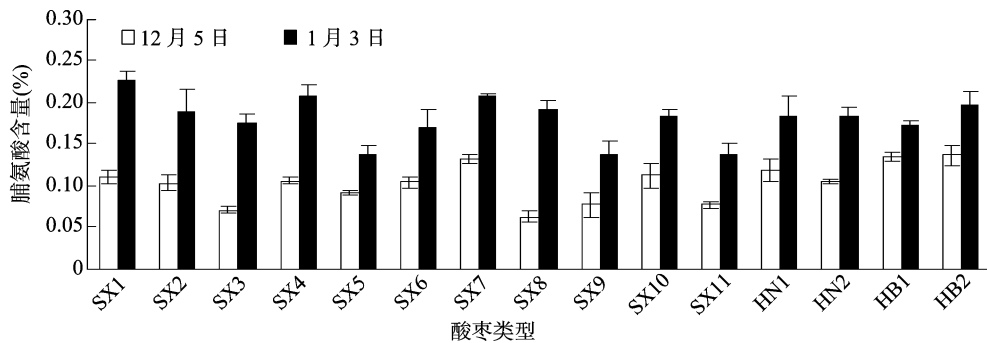


图3 脯氨酸含量变化

丙二醛含量既有减少又有上升(图4),SX1、SX2、SX6 和 HB1 均减少,提高幅度最大的是 SX3,为 92.85%,其次,SX9、HN2,分别为 50.54%、40.29%。

2.2 不同酸枣枝条中抗氧化物酶活性的变化

在自然条件下,供试不同类型酸枣随着外界环境温度的不断降低,SOD 活性均成下降趋势(图5),下降幅度最小的是 SX5,为 0.71%,其次是 SX3,为 1.04%,位居第3 的是 SX7,

为 4.78%。1月3日 HB2 的过氧化物酶活性量较 12月5日 提高 13.71%,其他均呈下降趋势(图6),下降幅度最小的是 SX1,为 14.33%,其次是 SX5,为 31.34%,位居第3 的是 SX3 为 37.87%。

2.3 不同类型酸枣枝条抗寒能力综合评价及相关性分析
由表 1 可知,SX3 和 SX4 的平均隶属度分别为 0.65、0.63,属于抗性酸枣类型;SX7、SX5、SX9、HN2、HB2 以及 SX8

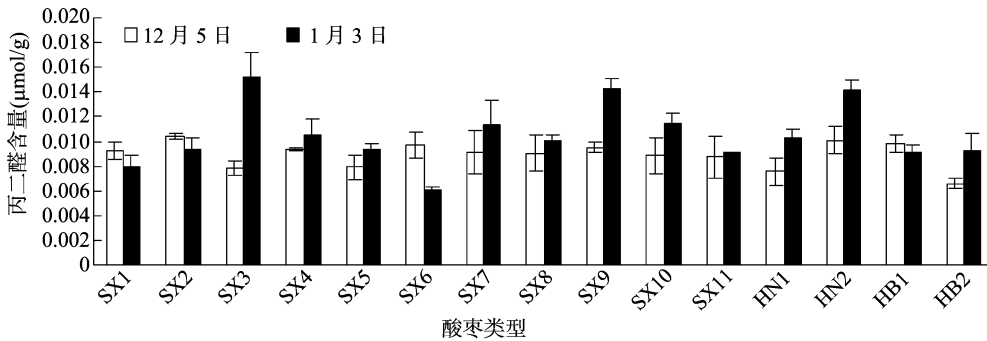


图4 丙二醛含量变化

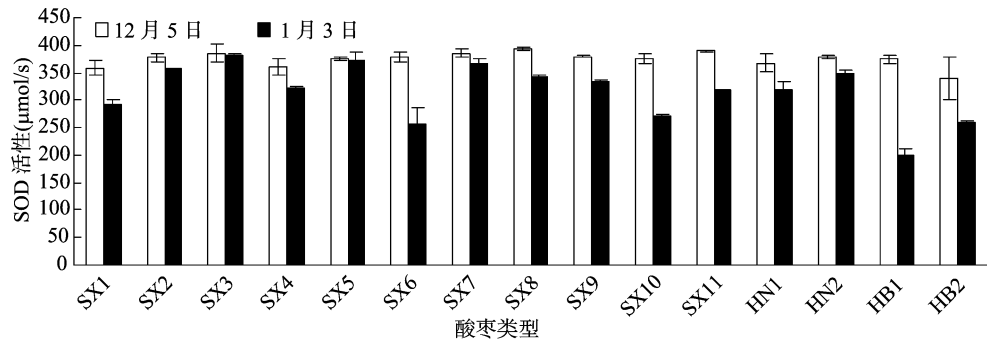


图5 超氧化物歧化酶活性变化

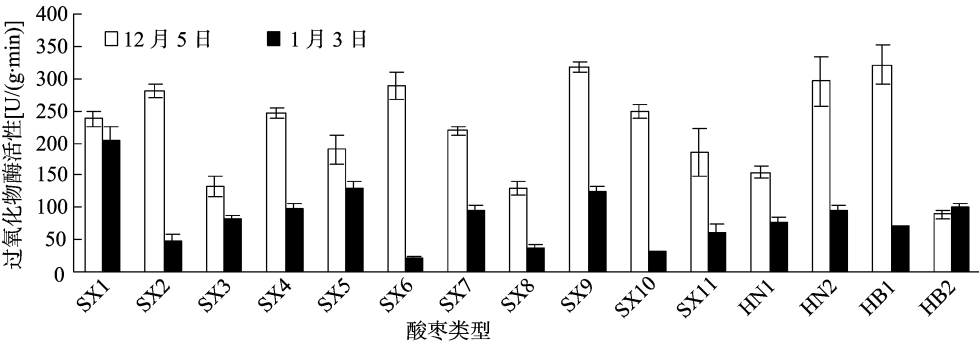


图6 过氧化物酶活性变化

表 1 不同类型酸枣抗寒能力综合评价

酸枣类型	抗寒系数						平均隶属度	抗寒类型	位次
	可溶性糖含量	可溶性蛋白含量	脯氨酸含量	SOD 活性	POD 活性	MDA 活性			
SX1	0.900	0.847	2.048	0.816	0.857	0.856	0.38	LR	10
SX2	1.632	0.565	1.830	0.944	0.172	0.899	0.39	LR	9
SX3	1.361	0.721	2.491	0.990	0.621	1.928	0.65	R	1
SX4	1.805	1.125	1.940	0.889	0.394	1.131	0.63	R	2
SX5	1.399	0.576	1.508	0.993	0.687	1.182	0.45	MR	7
SX6	1.449	0.721	1.625	0.680	0.076	0.630	0.19	S	13
SX7	1.361	0.664	1.568	0.952	0.432	1.243	0.42	MR	8
SX8	1.625	0.919	3.035	0.870	0.295	1.111	0.58	MR	3
SX9	1.195	0.966	1.773	0.882	0.391	1.505	0.46	MR	6
SX10	1.068	0.752	1.633	0.721	0.123	1.298	0.26	S	12
SX11	0.904	0.957	1.779	0.817	0.324	1.039	0.32	LR	11
HN1	1.148	0.774	1.558	0.869	0.505	1.361	0.39	LR	9
HN2	1.775	0.677	1.747	0.920	0.319	1.403	0.50	MR	5
HB1	1.123	1.461	1.280	0.535	0.222	0.924	0.27	S	12
HB2	1.278	1.321	1.452	0.762	1.137	1.399	0.56	MR	4

的平均隶属度均在 0.42 ~ 0.58 之间,均为中抗性类型; SX11、SX1、SX2 以及 HN1 平均隶属度均在 0.32 ~ 0.39 之间,均为低抗性酸枣类型; SX6、SX10、HB1 的平均隶属度为 0.19 ~ 0.27,属于不抗酸枣类型。以酸枣生理生化指标隶属度的平均值和对应指标的抗寒系数进行相关性分析,结果(表 2)显示,抗寒指标的隶属值与可溶糖含量、脯氨酸含量呈

显著相关,与 SOD 活性和丙二醛含量呈极显著相关,与可溶性蛋白含量和 POD 活性均为不相关或者相关不显著。以酸枣各项指标的抗寒系数作为因变量,以抗性系数相应的隶属值为自变量,采用逐步回归分析法所建立的回归方程为 $y = -1.002 + 0.132x_1 + 0.352x_2 + 0.076x_3 + 0.798x_4 + 0.116x_6$, 决定系数 $r^2 = 0.966$ 。

表 2 酸枣抗寒系数与生理指标平均隶属度的相关性

指标	相关系数						y
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
x_1	1.000						
x_2	-0.220	1.000					
x_3	0.290	-0.170	1.000				
x_4	0.400	-0.65 **	0.390	1.000			
x_5	-0.220	0.220	-0.030	0.240	1.000		
x_6	0.050	-0.060	0.200	0.480	0.350	1.000	
y	0.51 *	0.080	0.55 *	0.63 **	0.490	0.64 **	1.000

注: x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 分别为可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量,y 为抗性系数。* * 代表极显著相关($P < 0.01$); * 表示显著相关($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

林木抗寒性是林木在对低温寒冷环境的长期适应中,通

过自身的遗传变异和自然选择获得的一种抗寒能力^[16]。结果表明,在自然降温条件下不同产地酸枣随着外界环境温度的不断降低,可溶性糖(除 SX1、SX11 外)、脯氨酸含量不同程

度地增加,这与吴正保等在榛子、灰枣、核桃和扁桃上的研究结果^[16-19]一致。研究中,低温胁迫过程中部分产地的酸枣可溶性蛋白含量明显上升,但也有一部分在减少,这与邱乾栋等的研究结果^[20]不一致,一方面可能与酸枣承受的最低温度有关,另一方面可能由于随温度降低枝条中膜脂过氧化程度加剧,丙二醛含量增加,蛋白合成受阻、含量降低;另外可能由于取样的次数较少,未能准确反映可溶性蛋白含量与低温胁迫的关系,这有待进一步验证。

研究中,随着外界环境温度的不断降低,73%酸枣的丙二醛含量增强,提高幅度最大的是 SX3,为 92.85%。SOD、POD 活性大多呈下降趋势,下降幅度最小的分别为 SX5 和 SX1,就保护酶本身的特性而言,SOD 和 POD 均能清除活性氧自由基,以减少对膜的伤害,且在低温胁迫下其活性均会增强^[20],但本试验结果相反,仅能推测采样时的外界温度已经成为酸枣二次枝所能承受的临界温度,但仍需进一步研究证明。

林木经历逆境胁迫锻炼时,其自身的渗透调节物质和防御系统均会受到一定的破坏,用单一指标很难客观真实地反映其本质^[21-22]。本研究运用隶属函数法综合评价筛选抗寒酸枣类型,结果表明,在不同产地的 15 个酸枣类型中,属于抗寒类型的有 2 个,占 13.3%,中抗类型的有 6 个,占 40%,低抗类型的有 4 个,占 26.7%,而无抗寒能力的只有 3 个,占 20%。另外经过酸枣抗寒系数与生理指标平均隶属度的相关性研究可知,在酸枣渗透调节物质和抗氧化物酶的生理指标中,抗寒指标的隶属值与可溶糖含量、脯氨酸含量呈显著相关,与 SOD 活性和丙二醛含量呈极显著相关,与可溶性蛋白含量和 POD 活性均为不相关或者相关不显著,丙二醛含量和 SOD 活性无论在任何条件下均可作为植株抗寒性强弱评价或鉴定的指标。

本试验在年度气温最低的时节,对不同类型酸枣进行了自然抗寒试验,通过对自然降温条件下酸枣当年生二次枝生理生化指标的测定以及运用隶属函数法综合评价参试酸枣抗寒能力,结果表明,在 15 个不同产地酸枣中,抗寒性由强到弱依次为 SX3 > SX4 > SX8 > HB2 > HN2 > SX9 > SX5 > SX7 > HN1 = SX2 > SX1 > SX11 > SX10 = HB1 > SX6,其中具备Ⅱ级抗寒能力的有 SX3(平均隶属度 0.65)和 SX4(平均隶属度 0.63)。属于Ⅲ级中抗寒能力的有 6 个,其中(平均隶属度 0.58)和 HB2(平均隶属度 0.56)抗寒能力相对较强。这一结果能为培育适宜本土的枣树新品种和推进红枣产业的健康持续发展提供参考依据。

参考文献:

[1] 李支成. 果树生理生化状况与抗寒性的关系研究进展[J]. 安徽

农学通报,2012,18(11):90-91.

- [2] 杨凤翔,金 芳,颜 霞. 不同草莓品种抗寒性综合评价[J]. 果树学报,2010,27(3):368-372.
- [3] 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.
- [4] 许 宏,王孝娣,邹英宁,等. 葡萄砧木及酿酒品种抗寒性比较[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2003(6):20-23.
- [5] 杨凤秋,陈东孜,赵永波,等. 苹果矮化砧木抗寒性比较研究[J]. 河北农业科学,2011,15(4):8-9.
- [6] 殷雨丽,李晓燕,刘修丽,等. 几种苹果矮化砧木的抗寒性研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2011,28(3):198-200,204.
- [7] 白 茹,高登涛,刘怀锋,等. 引入石河子地区的葡萄砧木抗寒性研究[J]. 新疆农业科学,2015,52(2):210-216.
- [8] 车玉红,杨 波,龚 鹏. 新疆引进甜樱桃品种及其砧木的田间抗寒性研究[J]. 北方园艺,2011(18):54-56.
- [9] 曹泽文,徐 瑾,刘 燕. 嫁接砧木对‘猩红’平滑山楂抗寒性的影响[J]. 西北林学院学报,2015(1):116-119.
- [10] 徐 龙,唐 燕,王新建. 不同酸枣实生苗抗寒性差异比较[J]. 河南农业科学,2012,41(10):136-141.
- [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,2000:164-195.
- [12] 刘 萍,李明军. 植物生理学实验技术[M]. 北京:科学出版社,2007:115-143.
- [13] 周广生,崔克辉,靳德明,等. 发根力作为栽培稻品种苗期抗旱性鉴定指标的研究[J]. 中国农业科学,2005,38(12):2571-2576.
- [14] 高建社,王 军,周永学,等. 5 个杨树无性系抗旱性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(2):112-116.
- [15] 廖景容,郑中阳,张卫星,等. 玉米不同杂交组合抗旱性、丰产性的研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(1):7-10.
- [16] 吴正保,史彦江,宋锋惠,等. 平欧杂交榛子抗寒生理研究初报[J]. 新疆农业科学,2008,45(3):490-493.
- [17] 潘 俨,车凤斌,郑素慧,等. 新疆灰枣一年生枣头枝抗寒力测定分析[J]. 新疆农业科学,2012,49(2):223-229.
- [18] 潘 俨,车凤斌,郑素慧,等. 温 185 核桃一年生枝条的抗寒力测定分析[J]. 新疆农业科学,2012,49(3):454-460.
- [19] 龚 鹏,李秀霞,李增萍,等. 低温胁迫对扁桃枝条细胞膜系统和渗透调节物质的影响[J]. 新疆农业科学,2007,44(5):561-566.
- [20] 邱乾栋,吕晓贞,臧德奎,等. 植物抗寒生理研究进展[J]. 山东农业科学,2009(8):53-57.
- [21] 蒋 媛,位 杰,林彩霞,等. 6 个香梨品种的低温半致死温度比较及耐寒性评价[J]. 江苏农业学报,2017,33(6):1358-1363.
- [22] 郑强卿,李鹏程,陈奇凌,等. 干旱胁迫下不同产地酸枣抗性生理指标综合评价[J]. 新疆农业科学,2017,54(4):618-625.