

李桂荣,连艳会,程珊珊,等. 低温胁迫对山葡萄等6个葡萄品种抗寒性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):130-134.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.08.029

低温胁迫对山葡萄等6个葡萄品种抗寒性的影响

李桂荣,连艳会,程珊珊,全 冉,扈惠灵

(河南科技学院园艺园林学院,河南新乡 453003)

摘要:对山葡萄、贝达、北醇、无核白、奥迪亚无核、京可晶这6个葡萄品种的1年生休眠枝条进行不同低温胁迫,测定枝条的相对电导率、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、过氧化物酶(POD)活性及可溶性蛋白、可溶性糖、丙二醛、游离脯氨酸含量,并用恢复生长法测定枝条扦插生根率,分析其理化指标变化趋势,应用 Logistic 方程建立回归曲线模型,拟合其半致死温度(LT₅₀)。结果表明,随胁迫温度的降低,各葡萄枝条 SOD、POD 活性及游离脯氨酸含量整体呈先升后降趋势,CAT 活性呈先升后降再升趋势,相对电导率及可溶性蛋白、可溶性糖、丙二醛含量整体呈上升趋势,扦插枝条生根率呈下降趋势;供试材料的抗寒性强弱依次为山葡萄>贝达>北醇>无核白>奥迪亚无核>京可晶。

关键词:低温胁迫;抗寒性;生理指标;山葡萄;贝达;可溶性糖;可溶性蛋白;丙二醛;脯氨酸

中图分类号: S663.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)08-0130-05

葡萄(*Vitis vinifera* L.)果实的含糖量相对较高,达到10%~30%,且含多种微量元素,有增进人体健康、治疗神经衰弱和过度疲劳的功效,深受消费者喜爱。目前,我国葡萄栽培多集中在北方地区,但由于北方冬季寒冷,往往导致葡萄冻害频频发生,给许多果农造成巨大的经济损失。因此,有关葡萄的抗寒性成为研究热点,有学者通过测定葡萄相对电导率、防御性酶活性、可溶性糖含量等生理指标来较为系统地研究葡萄抗寒性^[1-4]。本试验以无核白、奥迪亚、京可晶这3个无核葡萄品种1年生休眠期枝条为试材,以中国野生山葡萄、砧木品种贝达及山葡萄杂交种北醇为对照,测定低温胁迫下葡萄枝条的电解质渗出率、超氧化物酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和可溶性蛋白、可溶性糖含量等生理指标及胁迫处理后枝条的扦插生根率,分析其抗寒性强弱,为北方地区葡萄引种、抗寒栽培、种质筛选及抗寒新品种培育提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

2016年11月15—30日,从中国农业科学院郑州果树研究所葡萄种质资源圃内剪取山葡萄、贝达、北醇、无核白、奥迪亚、京可晶这6个葡萄品种的中上部1年生休眠枝条,粗0.5~1.0 cm、长25~50 cm,长势较好,健壮,无病虫害;做好标记,带回沙藏。试验前,将材料取出,清洗数次,置于4℃冰箱中保存,备用。

1.2 试验设计

试验在河南科技学院园艺园林学院园艺植物遗传育种实验室进行,将枝条分别用自来水、去离子水各冲洗3次,滤纸吸干水分;将枝条每个品种平均分成7份,用保鲜膜包好,并用吊牌标记,分别置于4、-5、-10、-15、-20、-25、-30℃这7个温度环境下进行胁迫处理,以4℃/h的速度降到处理温度,并保持24 h,再以4℃/h的速度解冻,每0.5 h回升1个温度梯度;置于4℃冰箱中保存,备用,测定其相关指标。重复3次。

1.3 测定指标及方法

采用电导率仪测定相对电导率,分别采用氮蓝四唑(NBT)光还原法、愈创木酚法、紫外吸收法测定SOD、POD、CAT活性,分别采用萘酚比色法、考马斯亮蓝法、茚三酮比色法、硫代巴比妥酸法测定可溶性糖、可溶性蛋白、游离脯氨酸、丙二醛含量^[5]。采用曹建东等的方法^[6]测定枝条生根率。

1.4 数据分析

采用Excel 2010、DPS 15软件对试验数据进行统计分析,采用Origin 8.0软件拟合 Logistic 方程,并求得半致死温度(LT₅₀)。

2 结果与分析

2.1 不同低温胁迫对葡萄枝条相对电导率的影响

由图1可见,不同低温胁迫处理对不同葡萄品种的枝条相对电导率有明显影响;随胁迫温度的降低,不同葡萄品种枝条的相对电导率总体呈增加趋势,山葡萄、贝达、北醇枝条的相对电导率变化较为平缓,无核白、奥迪亚、京可晶枝条的相对电导率变化波动较大;奥迪亚、京可晶、无核白葡萄枝条分别在胁迫温度为-25~-30℃、-20~-30℃、-20~25℃时相对电导率上升较为明显,分别由-25℃时的51.4%上升到-30℃时的79.7%、-20℃时的55.3%上升到-30℃时的76.1%、-20℃时的50.7%上升到25℃时的65.7%;无核白、奥迪亚、京可晶这3个无核葡萄品种的枝条相对电导率

收稿日期:2017-12-19

基金项目:河南省自然科学基金(编号:182300410031);河南省高校重点科研项目(编号:16A21003)。

作者简介:李桂荣(1974—),女,河南淮阳人,博士,副教授,从事园艺植物育种与生物技术教学与科研工作。E-mail: liguirong10@163.com。

在 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 前上升缓慢,随胁迫温度继续降低,枝条相对电导率开始出现跃升,说明这一温度可能已经对细胞膜造成严重伤害,而山葡萄、贝达在温度降到 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时才有明显上升趋势,说明 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 没有对其造成伤害。因此,山葡萄、贝达的抗寒性相对较强,而无核白、奥迪亚、京可晶这3个无核葡萄品种的抗寒性相对较弱。

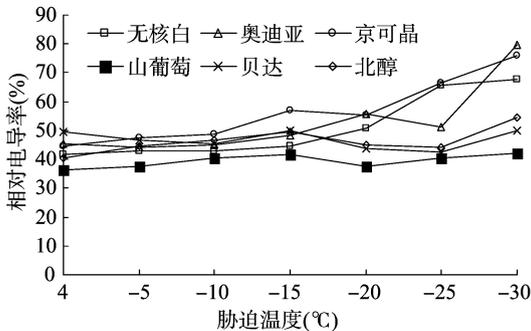


图1 不同低温胁迫下葡萄枝条的相对电导率

2.2 低温胁迫对葡萄枝条半致死温度的影响

对不同温度胁迫下葡萄枝条的相对电导率与相应胁迫温度进行拟合,获得 Logistic 方程^[7-10],并求得半致死温度。半致死温度越高,表明抗寒性越弱,反之,半致死温度越低,表明抗寒性越强。由表1可见,山葡萄、贝达、北醇、奥迪亚、无核白、京可晶的半致死温度 (LT_{50}) 分别为 -37.83 、 -36.01 、 -31.88 、 -14.51 、 -15.88 、 $-11.44\text{ }^{\circ}\text{C}$,表明抗寒性强弱依次为山葡萄 > 贝达 > 北醇 > 无核白 > 奥迪亚 > 京可晶。

表1 低温胁迫下葡萄枝条的半致死温度

葡萄品种	Logistic 方程	拟合度 r^2	LT_{50} ($^{\circ}\text{C}$)
奥迪亚	$y = -0.076\ 90x + 1.116\ 0$	0.830 6	-14.51
北醇	$y = -0.013\ 85x + 0.441\ 6$	0.861 7	-31.88
京可晶	$y = -0.063\ 80x + 0.730\ 0$	0.792 6	-11.44
贝达	$y = -0.014\ 37x + 0.517\ 4$	0.754 4	-36.01
山葡萄	$y = -0.017\ 40x + 0.658\ 3$	0.845 3	-37.83
无核白	$y = -0.102\ 70x + 1.631\ 0$	0.874 6	-15.88

2.3 低温胁迫对不同葡萄枝条酶活性的影响

2.3.1 SOD 活性 由表2可见,随胁迫温度的降低,不同葡萄枝条的 SOD 活性呈先升后降趋势;山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的 SOD 活性在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时相对最大,分别为 310.05 、 270.32 、 264.19 、 260.74 、 178.70 、 208.18 U/g ,均极显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.01$),其中,山葡萄的 SOD 活性在6个葡萄品种中相对最大,贝达次之;随胁迫温度的降低,达到 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,各葡萄品种枝条 SOD 活性出现下降,这说明 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 会使葡萄枝条 SOD 活性可能丧失。

2.3.2 POD 活性 由表2可见,随胁迫温度的降低,不同葡萄枝条的 POD 活性呈先升后降趋势;山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的 POD 活性在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时相对最大,分别为 16.13 、 14.56 、 13.79 、 13.47 、 11.52 、 $13.05\text{ U/(g}\cdot\text{min)}$,均极显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.01$),其中,山葡萄的 POD 活性在6个葡萄品种中相对最大,贝达次之;当温度进一步降低,低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,葡萄枝条 POD 活性出现持续下降,这说明低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 可能会使葡萄枝

条 POD 活性逐渐丧失。

2.3.3 CAT 活性 由表2可见,随胁迫温度的降低,不同葡萄枝条的 CAT 活性呈先升后降再升趋势;山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的 CAT 活性在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时相对最大,分别为 55.32 、 47.35 、 44.39 、 42.61 、 32.18 、 $38.74\text{ U/(g}\cdot\text{min)}$,均极显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.01$),其中,山葡萄的 CAT 活性在6个葡萄品种中相对最大,贝达次之。

2.4 低温胁迫对葡萄枝条生理指标的影响

2.4.1 丙二醛含量 在逆境胁迫下,植物器官往往发生膜脂过氧化作用而产生丙二醛,丙二醛对生物膜具有一定的损害作用,其含量越高,对生物膜的伤害程度越大,植物抗逆境胁迫能力相对越弱,反之越强^[11]。由表3可见,随胁迫温度的降低,6个葡萄品种枝条的丙二醛含量呈上升趋势; $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 前,随胁迫温度的降低,丙二醛含量上升相对较为缓慢;温度达到 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,奥迪亚、京可晶枝条的丙二醛含量出现大幅上升,分别比 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时增加 75.9% 、 65.8% ,山葡萄、贝达上升幅度较小,比 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时分别增加 57.9% 、 59.1% ; $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的丙二醛含量相对最大,分别为 0.38 、 0.39 、 0.42 、 0.59 、 0.68 、 $0.79\text{ }\mu\text{mol/g}$,多显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.05$),根据丙二醛含量高低可判断各品种枝条耐低温胁迫高低顺序为山葡萄 > 贝达 > 北醇 > 无核白 > 奥迪亚 > 京可晶。

2.4.2 可溶性糖含量 在低温胁迫下,葡萄枝条会对胁迫做出反应,产生大量的糖以提高细胞的渗透浓度,增加原生质浓度,从而降低冰点,进一步提高枝条的抗逆能力。由表3可见,随胁迫温度的降低,6个葡萄品种枝条的可溶性糖含量呈上升趋势;胁迫温度由 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$,各葡萄品种枝条可溶性糖含量缓慢上升,胁迫温度达到 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,随胁迫温度的降低,各葡萄品种枝条可溶性糖含量先上升较为迅速; $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的可溶性糖含量相对最大,分别为 7.32% 、 6.96% 、 6.68% 、 5.44% 、 5.26% 、 5.33% ,极显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.01$);根据可溶性糖含量高,可判断各品种枝条耐低温胁迫高低顺序为山葡萄 > 贝达 > 北醇 > 无核白 > 京可晶 > 奥迪亚。

2.4.3 可溶性蛋白含量 可溶性蛋白有较强的亲水性,可以使植物细胞的持水力增强,减轻植物体内因原生质结冰而造成的伤害,其含量越高,说明低温胁迫对植物体造成伤害的机率越小,反之越大。由表3可见,随胁迫温度的降低,6个葡萄品种枝条的可溶性蛋白含量整体呈上升趋势;胁迫温度由 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,山葡萄、贝达枝条可溶性蛋白含量先上升缓慢,后随胁迫温度降低,可溶性蛋白含量上升较为迅速;胁迫温度由 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,奥迪亚、京早晶枝条可溶性蛋白含量先上升缓慢,后随胁迫温度降低,可溶性蛋白含量上升较为迅速; $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,山葡萄、贝达、北醇、无核白、京可晶、奥迪亚这6个葡萄枝条的可溶性蛋白含量分别为 0.84 、 0.81 、 0.72 、 0.49 、 0.45 、 0.46 mg/g ,多显著高于其他胁迫温度处理 ($P < 0.05$);综合低温胁迫后各葡萄品种枝条可溶性蛋白含量高低,得出各品种枝条耐低温胁迫高低顺序为

表2 低温胁迫对葡萄枝条酶活性的影响

葡萄品种	胁迫温度 ($^{\circ}\text{C}$)	POD 活性 [$\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$]	CAT 活性 [$\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$]	SOD 活性 (U/g)
山葡萄	4	7.83 \pm 0.37deD	25.93 \pm 1.93eE	120.32 \pm 1.60eE
	-5	8.32 \pm 0.37dCD	29.72 \pm 1.88deDE	129.26 \pm 2.28dD
	-10	9.14 \pm 0.07cC	37.64 \pm 2.17cC	130.74 \pm 2.53dD
	-15	13.64 \pm 0.08bB	43.89 \pm 3.88bB	165.35 \pm 1.40cC
	-20	16.13 \pm 0.15aA	55.32 \pm 3.53Aa	268.77 \pm 3.33bB
	-25	14.11 \pm 0.21bB	29.56 \pm 1.78deDE	310.05 \pm 1.96aA
	-30	7.34 \pm 0.15cD	33.73 \pm 2.77cdCD	115.51 \pm 2.62fE
贝达	4	6.38 \pm 0.11dD	26.14 \pm 3.60cC	115.77 \pm 2.60fEF
	-5	7.53 \pm 0.18cC	27.78 \pm 3.70deC	120.63 \pm 2.90eE
	-10	10.34 \pm 0.07bB	30.91 \pm 7.30cdBC	141.8 \pm 1.10dD
	-15	10.97 \pm 0.39bB	34.27 \pm 3.70bcB	164.83 \pm 3.80cC
	-20	14.56 \pm 0.11aA	47.35 \pm 3.10aA	227.75 \pm 3.10bB
	-25	10.63 \pm 0.19bB	31.14 \pm 4.60cdBC	270.32 \pm 3.70aA
	-30	6.96 \pm 0.19cdCD	35.06 \pm 5.30bB	113.06 \pm 2.50fF
北醇	4	5.98 \pm 0.12fD	22.31 \pm 1.61dE	114.08 \pm 2.01efE
	-5	8.14 \pm 0.08dC	27.65 \pm 1.24cD	118.75 \pm 3.96eE
	-10	9.37 \pm 0.06cB	29.14 \pm 2.35cCD	129.54 \pm 2.31dD
	-15	10.15 \pm 0.07bB	35.61 \pm 1.13bB	158.8 \pm 1.74cC
	-20	13.79 \pm 0.05aA	44.39 \pm 2.86aA	230.53 \pm 10.26bB
	-25	10.25 \pm 0.15bB	28.74 \pm 3.18cD	264.19 \pm 3.37aA
	-30	6.83 \pm 0.07eD	33.82 \pm 1.74bBC	110.39 \pm 2.62fE
无核白	4	5.74 \pm 0.22gG	20.52 \pm 1.73eD	110.62 \pm 5.47eE
	-5	7.31 \pm 0.10eE	27.19 \pm 1.87cdC	115.18 \pm 2.29eE
	-10	8.93 \pm 0.21dD	28.34 \pm 2.92cdBC	127.37 \pm 6.42dD
	-15	10.61 \pm 0.08cC	33.57 \pm 2.96bB	155.88 \pm 5.47cC
	-20	13.47 \pm 0.36aA	42.61 \pm 2.40aA	241.53 \pm 2.34bB
	-25	11.35 \pm 0.03bB	26.43 \pm 1.14dC	260.74 \pm 2.50aA
	-30	6.67 \pm 0.03fF	31.01 \pm 1.19bcBC	107.35 \pm 3.11eE
京可晶	4	5.15 \pm 0.08eD	10.05 \pm 1.39dD	61.05 \pm 1.88eE
	-5	6.37 \pm 0.23dC	11.52 \pm 1.82dD	65.31 \pm 3.12eE
	-10	7.83 \pm 0.28cB	14.37 \pm 3.08cdCD	72.85 \pm 2.46dD
	-15	8.16 \pm 0.10bB	24.25 \pm 2.66bB	101.44 \pm 3.96cC
	-20	11.52 \pm 0.09aA	32.18 \pm 2.24aA	123.39 \pm 1.97bB
	-25	4.93 \pm 0.17eD	13.38 \pm 2.05dCD	178.70 \pm 1.24aA
	-30	4.41 \pm 0.21fE	18.57 \pm 3.22cBC	99.51 \pm 2.21cC
奥迪亚	4	4.53 \pm 0.05eD	18.79 \pm 2.76dD	62.41 \pm 2.62fE
	-5	6.07 \pm 0.16deCD	21.86 \pm 3.17cdCD	89.27 \pm 2.16eD
	-10	7.18 \pm 0.05cdBCD	24.77 \pm 2.96bcCD	124.57 \pm 4.17cC
	-15	8.56 \pm 3.14bcBC	28.08 \pm 3.16bBC	130.08 \pm 3.34cC
	-20	13.05 \pm 0.16aA	38.74 \pm 3.17aA	156.43 \pm 2.76bB
	-25	9.52 \pm 0.13bB	24.87 \pm 3.58bcCD	208.18 \pm 3.51aA
	-30	6.41 \pm 0.28cdeCD	35.25 \pm 3.29aAB	97.54 \pm 5.38dD

注:同列数据后不同大写字母、小写字母表示同一品种不同处理间差异极显著($P < 0.01$)、显著($P < 0.05$)。表3同。

山葡萄 > 贝达 > 北醇 > 无核白 > 奥迪亚 > 京可晶。

2.4.4 游离脯氨酸含量 在低温胁迫下,游离脯氨酸含量的增加能维持植物体细胞内环境的稳定,使细胞膜保持结构完整。由表3可见,随胁迫低温的降低,6个葡萄品种枝条的游离脯氨酸含量整体呈先升后降趋势;胁迫温度由4 $^{\circ}\text{C}$ 到-25 $^{\circ}\text{C}$ 时,山葡萄、贝达枝条游离脯氨酸含量先缓慢上升,后随胁迫温度降低,游离脯氨酸含量上升较为迅速;-25 $^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,山葡萄、贝达葡萄枝条的游离脯氨酸含量相对最大,分别为63.28、59.28 $\mu\text{g}/\text{g}$, -20 $^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,北醇葡萄

枝条的游离脯氨酸含量相对最大,为57.87 $\mu\text{g}/\text{g}$, -15 $^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,无核白、奥迪亚葡萄枝条的游离脯氨酸含量相对最大,分别为45.83、43.71 $\mu\text{g}/\text{g}$, -10 $^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫时,京可晶葡萄枝条的游离脯氨酸含量相对最大,为40.91 $\mu\text{g}/\text{g}$,均相应极显著高于其他胁迫温度处理($P < 0.01$);综合低温胁迫后各葡萄品种枝条游离脯氨酸含量,得出各品种枝条耐低温胁迫高低顺序为山葡萄 > 贝达 > 北醇 > 无核白 > 奥迪亚 > 京可晶。

2.5 低温胁迫对葡萄枝条扦插生根率的影响

由图2、图3可见,随胁迫低温的降低,各葡萄品种枝条

表3 低温胁迫对葡萄枝条生理指标的影响

葡萄品种	温度(°C)	丙二醛含量(μmol/g)	可溶性糖含量(%)	可溶性蛋白含量(mg/g)	游离脯氨酸含量(μg/g)
山葡萄	4	0.15 ± 0.02dD	0.97 ± 0.05fF	0.25 ± 0.03eD	34.38 ± 0.10eE
	-5	0.18 ± 0.01cCD	1.68 ± 0.22eE	0.27 ± 0.02deD	36.99 ± 0.08dD
	-10	0.19 ± 0.01cCD	1.89 ± 0.04eE	0.31 ± 0.03dCD	37.32 ± 0.18dD
	-15	0.19 ± 0.01cC	2.86 ± 0.21dD	0.38 ± 0.03cBC	48.68 ± 0.29cC
	-20	0.30 ± 0.02bB	5.43 ± 0.16cC	0.45 ± 0.02bB	53.17 ± 0.24bB
	-25	0.35 ± 0.01bAB	5.98 ± 0.22bB	0.81 ± 0.03bA	63.28 ± 0.29aA
	-30	0.38 ± 0.01aA	7.32 ± 0.18aA	0.84 ± 0.04aA	24.88 ± 0.27fF
贝达	4	0.18 ± 0.01dD	0.94 ± 0.05fF	0.23 ± 0.01eD	29.91 ± 0.04fF
	-5	0.20 ± 0.01cdCD	1.56 ± 0.13eE	0.27 ± 0.03deD	30.83 ± 0.08eE
	-10	0.22 ± 0.01cCD	1.81 ± 0.20eE	0.30 ± 0.03dCD	32.25 ± 0.30dD
	-15	0.22 ± 0.01cC	2.92 ± 0.14dD	0.35 ± 0.04cC	42.54 ± 0.18bB
	-20	0.35 ± 0.02bB	4.97 ± 0.29cC	0.44 ± 0.03bB	49.95 ± 0.03cC
	-25	0.37 ± 0.01abAB	6.13 ± 0.15bB	0.80 ± 0.03aA	59.28 ± 0.32aA
	-30	0.39 ± 0.02aA	6.96 ± 0.23aA	0.81 ± 0.03aA	23.71 ± 0.06gG
北醇	4	0.20 ± 0.03cB	0.90 ± 0.15fF	0.23 ± 0.06dD	33.37 ± 1.57dD
	-5	0.20 ± 0.02cB	1.62 ± 0.14eE	0.25 ± 0.01dCD	34.27 ± 0.13dD
	-10	0.22 ± 0.02cB	1.77 ± 0.04eE	0.28 ± 0.03cdCD	36.81 ± 0.05cC
	-15	0.23 ± 0.02cB	2.35 ± 0.21dD	0.33 ± 0.03cBC	48.92 ± 0.03bB
	-20	0.38 ± 0.04bA	4.82 ± 0.29cC	0.40 ± 0.04bB	57.87 ± 0.17aA
	-25	0.39 ± 0.04abA	5.65 ± 0.17bB	0.71 ± 0.02aA	20.42 ± 0.31fF
	-30	0.42 ± 0.01aA	6.68 ± 0.12aA	0.72 ± 0.02aA	25.14 ± 0.12eE
无核白	4	0.21 ± 0.01fD	0.91 ± 0.18gF	0.15 ± 0.01cC	33.53 ± 0.09dD
	-5	0.24 ± 0.01eCD	1.34 ± 0.11fEF	0.19 ± 0.04cBC	35.84 ± 0.29cC
	-10	0.26 ± 0.03deC	1.73 ± 0.16eDE	0.24 ± 0.03bB	38.44 ± 0.30bB
	-15	0.27 ± 0.01dC	2.23 ± 0.22dD	0.44 ± 0.03aA	45.83 ± 0.45aA
	-20	0.46 ± 0.01cB	3.47 ± 0.37cC	0.46 ± 0.03aA	28.51 ± 0.38eE
	-25	0.53 ± 0.03bB	4.36 ± 0.22bB	0.47 ± 0.03aA	25.34 ± 0.16fF
	-30	0.59 ± 0.02aA	5.44 ± 0.02aA	0.49 ± 0.03aA	15.31 ± 0.44gG
奥迪亚	4	0.22 ± 0.01eE	0.84 ± 1.39gF	0.13 ± 0.02cC	32.67 ± 0.24dD
	-5	0.26 ± 0.01dD	1.12 ± 1.82fE	0.18 ± 0.03bBC	33.63 ± 0.42cC
	-10	0.29 ± 0.02cC	1.41 ± 3.08eD	0.21 ± 0.02bB	36.44 ± 0.24bB
	-15	0.29 ± 0.01cC	1.67 ± 2.66dD	0.43 ± 0.02aA	43.71 ± 0.05aA
	-20	0.51 ± 0.02bB	3.58 ± 2.24cC	0.44 ± 0.04aA	25.97 ± 0.03eE
	-25	0.59 ± 0.03bB	4.75 ± 2.05bB	0.46 ± 0.03aA	13.91 ± 0.08fF
	-30	0.68 ± 0.01aA	5.26 ± 3.22aA	0.45 ± 0.02aA	23.95 ± 0.06gG
京可晶	4	0.26 ± 0.01fF	0.72 ± 0.04fE	0.12 ± 0.02dD	30.51 ± 0.05cC
	-5	0.30 ± 0.01eE	1.07 ± 0.12eE	0.15 ± 0.02dCD	31.88 ± 0.26Bb
	-10	0.34 ± 0.03dD	1.12 ± 0.05eE	0.19 ± 0.02cC	40.91 ± 0.27aA
	-15	0.38 ± 0.02cC	1.56 ± 0.18dD	0.40 ± 0.03bB	27.74 ± 0.24dD
	-20	0.63 ± 0.01bB	3.38 ± 0.34cC	0.43 ± 0.02abAB	21.06 ± 0.08eE
	-25	0.71 ± 0.01bB	4.27 ± 0.10bB	0.45 ± 0.02aAB	26.33 ± 0.41fF
	-30	0.79 ± 0.01aA	5.33 ± 0.13aA	0.46 ± 0.03aA	13.49 ± 0.04gG

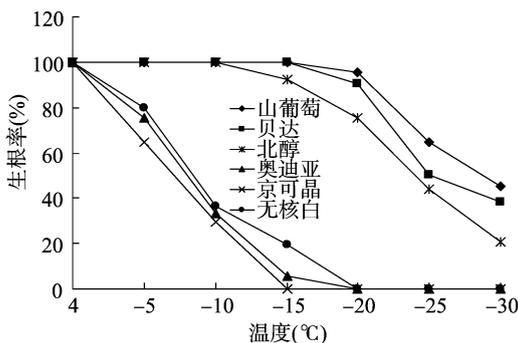
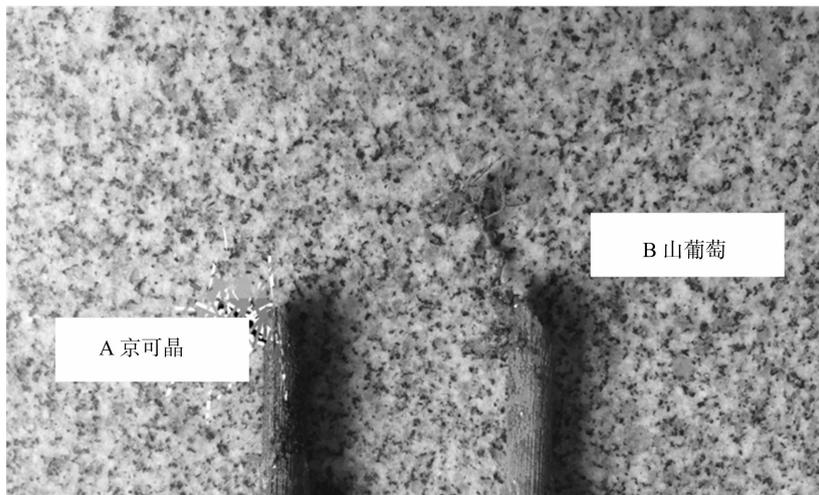


图2 低温胁迫下葡萄枝条的生根率

扦插生根率呈下降趋势;对抗寒性较强的山葡萄、贝达而言,胁迫温度降到-15℃时,其生根率仍然保持在100.0%,温度降低到-20℃时,其生根率稍有降低,温度降低到-30℃时,其生根率分别为45%、38%;对抗寒性较弱的奥迪亚、京可晶而言,胁迫温度降低到-10℃时,其生根率分别为33%、29%,已经低于50%,温度下降到-15℃时,奥迪亚枝条的生根率仅为5%,而京可晶枝条的生根率为0%。

3 结论与讨论

目前,有研究表明,相对电导率、抗氧化酶活性可以较准确地反映植物的抗寒性^[12-14]。本试验结果表明,随胁迫温度



A—京可晶葡萄枝条未生根；B—山葡萄枝条生根

图3 葡萄生根枝条和未生根枝条

的降低,不同葡萄品种枝条的电导率总体呈增加趋势,抗寒性较强的山葡萄、贝达、北醇枝条其电导率变化较为平缓,而抗寒性较弱的无核白、奥迪亚、京可晶枝条其电导率变化波动较大;山葡萄、贝达、北醇、奥迪亚、无核白、京可晶这6个葡萄品种枝条的半致死温度分别为 -37.83 、 -36.01 、 -31.88 、 -14.51 、 -15.88 、 -11.44 ℃,奥迪亚、无核白、京可晶这3个无核品种的半致死温度均在 $-10 \sim -20$ ℃之间,明显低于山葡萄、贝达、北醇这3个对照葡萄品种;葡萄枝条酶活性、生理指标与抗寒性有着密切的关系,随胁迫温度的降低,不同葡萄枝条的超氧化物酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性呈先升后降趋势,过氧化氢酶(CAT)活性呈先升后降再升趋势,这可能是保护酶应对外来胁迫的一种反应,保护酶活性的不断升高,可防御低温对枝条造成的伤害,但达到一定温度时酶活性下降,说明此温度可能导致枝条受到冻害;随胁迫温度的降低,各葡萄品种枝条的丙二醛、可溶性蛋白、可溶性糖含量呈上升趋势,其相应含量高低可在一定程度上可反映各葡萄品种枝条的抗寒性,这与钟海霞等的研究结果^[15-17]一致;游离脯氨酸含量整体呈先升后降趋势,这与姜卫兵等的研究结论^[18-20]基本吻合。因此,相对电导率、SOD活性、POD活性、CAT活性及可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛、游离脯氨酸含量变化可作为植物抗寒性的鉴定指标,综合试验结果来看,6个葡萄枝条的抗寒性强弱大致为山葡萄>贝达>北醇>无核白>奥迪亚>京可晶。

须说明的是,本试验是在人工模拟的低温条件下测定,人工低温处理和室外自然低温会存在一定差异,在今后研究中应结合自然低温条件进行抗寒鉴定,从而使植物抗寒性研究更加准确全面。

参考文献:

[1]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(1):81-88.
 [2]李淑玲,冯建荣,李亚兰,等. 引入石河子地区的苹果品种抗寒性检测[J]. 果树学报,2012,29(6):1010-1016.
 [3]苏李维,李胜,马绍英,等. 葡萄抗寒性综合评价方法的建立[J]. 草业学报,2015,24(3):70-79.

[4]张彪,毛娟,陈佰鸿,等. 葡萄抗寒性鉴定及综合评价方法研究[J]. 甘肃农业大学学报,2014(6):64-69.
 [5]邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:161-173.
 [6]曹建东,陈佰鸿,王利军,等. 葡萄抗寒性生理指标筛选及其评价[J]. 西北植物学报,2010,30(11):2232-2239.
 [7]李俊才,刘成,王家珍,等. 洋梨枝条的低温半致死温度[J]. 果树学报,2007,24(4):529-532.
 [8]曾丽蓉,郑鑫,张婷,等. 电导法协同 Logistic 方程进行6种苹果砧木抗寒性的比较[J]. 江苏农业科学,2017,45(10):119-121.
 [9]邵文鹏,赵兰勇,吴殿鸣,等. 用电导法配合 Logistic 方程鉴定桃树的抗寒性[J]. 山东林业科技,2009,39(1):28-29.
 [10]徐传保,戴庆敏,杨晓琴. 电导法结合 Logistic 方程确定4种竹子的抗寒性[J]. 河南农业科学,2011,40(11):129-131.
 [11]Georgi L, Wang Y, Yvergniaux D, et al. Construction of a BAC library and its application to the identification of simple sequence repeats in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch][J]. Theoretical and Applied Genetics,2002,105(8):1151-1158.
 [12]卢精林,李丹,祁晓婷,等. 低温胁迫对葡萄枝条抗寒性的影响[J]. 东北农业大学学报,2015,46(4):36-43.
 [13]鲁金星,姜寒玉,李唯. 低温胁迫对砧木及酿酒葡萄枝条抗寒性的影响[J]. 果树学报,2012,29(6):1040-1046.
 [14]王敏,陈秋芳,石美娟,等. 低温胁迫对甜樱桃品种枝条 SOD、POD 活性和脯氨酸含量的影响[J]. 山西果树,2011,8(6):3-5.
 [15]钟海霞,艾尔买克·才卡斯木,张付春,等. 7个葡萄砧木根系的抗寒性研究[J]. 新疆农业科学,2016,53(3):429-436.
 [16]牛锦凤,李国,王振平. 鲜食葡萄品种抗寒性的比较研究[J]. 陕西农业科学,2005(6):35-36.
 [17]何伟,艾军,范书田,等. 葡萄品种及砧木抗寒性评价方法研究[J]. 果树学报,2015,32(6):1135-1142.
 [18]姜卫兵,王业遴,马凯. 渗透保护物质在无花果抗寒性发育中的作用[J]. 园艺学报,1992,19(4):371-372.
 [19]杨向娜,魏安智,杨途熙,等. 仁用杏3个生理指标与抗寒性的关系研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(3):30-33.
 [20]尤超,沈虹,郭世荣,等. 早熟油桃品种的抗寒性对比试验[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):119-122.