

葡萄枝条水分含量变化与抗寒性关系

陈佰鸿^{1,*}, 张彪¹, 毛娟¹, 郝燕², 杨瑞², 蔡学海¹, 齐尚友¹

¹甘肃农业大学园艺学院, 兰州730070; ²甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 兰州730070

摘要: 以12个葡萄品种1年生枝条为试材, 通过0、-15、-18、-21、-24、-27、-30、-33 °C 8个低温处理24 h后, 测定不同低温胁迫下葡萄枝条的总含水量、束缚水含量、自由水含量和束缚水与自由水的比值。结果表明: 随着处理温度的降低, 同一品种枝条的总含水量基本恒定, 自由水含量呈先下降再升高的趋势, 束缚水含量和束缚水与自由水的比值均呈现为先升高再下降的趋势; 束缚水与自由水的比值随低温胁迫的变化呈Cubic方程, 不同品种束缚水与自由水的比值达到最高点的温度不同, ‘双红’、‘北冰红’、‘左优红’的拐点温度在-25 °C以下, ‘775’、‘巨峰’的拐点温度在-20 °C左右, ‘雷司令’、‘黑比诺’、‘霞多丽’的拐点温度在-18 °C左右, ‘赤霞珠’、‘梅鹿特’、‘白比诺’、‘红地球’拐点温度在-16~17 °C。对葡萄休眠枝条进行低温处理后, 通过测定束缚水与自由水含水量变化鉴定葡萄品种的抗寒性是可行的。

关键词: 葡萄枝条; 自由水; 束缚水; 束缚水自由水比; 抗寒性

The Relationship between the Changing of Water Content and the Cold Resistance of Grape Branches

CHEN Bai-Hong^{1,*}, ZHANG Biao¹, MAO Juan¹, HAO Yan², YANG Rui², CAI Xue-Hai¹, QI Shang-You¹

¹College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; ²Institute of Fruit and Floriculture Research, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China

Abstract: 12 grape varieties were used as materials to quest the relationship between the changing of water content and the cold resistance of grape branches. Which were stressed under different levels (0, -15, -18, -21, -24, -27, -30, and -33 °C) of cold condition, cold hardiness of 12 cultivars were identified based on the total water content, free water content, bond water content and the ratio to bound and free water content. The results showed that as the temperature decreased, the total water content remain unchanged, free water content decreased at first, and then increased, bound water content and the ratio of bound water to free water increased at first, and then decreased. There's a different temperature point of the different cultivars to reach a turning point of the ratio to bound and free water content, the turning point of ‘Shuanghon’, ‘Beibinhon’, ‘Zuoyouhon’ are under -25 °C; ‘775’, ‘Kyoho’ are around the -20 °C; ‘Riesling’, ‘Pinot Noir’, ‘Chardonnay’, are around the -18 °C; ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’, ‘Pinot Blanc’, ‘Red Globe’ are around the -16~17 °C. It is feasible to predict grape shoot cold hardiness using the changes of the ratio to bond and free water under different levels of low temperature treatments.

Key words: grape branches; free water; bound water; the ratio to bond and free water; cold hardiness

植物的抗寒性与其体内代谢及生理过程有密切的关系, 而这些生理代谢活动都是在水的参与下进行的, 因而, 检测不同温度条件下植物组织水分状况的变化特点, 是植物抗寒生理研究的重要部分(Lindén 2002)。植物含水量与抗寒性的关系早已被许多学者所肯定, 自由水和束缚水含量常与植物的生长和抗逆性有关, 自由水含量愈高, 植物代谢活动愈强, 生长也较快, 但抗逆性较差。相反, 束缚水含量越高, 则抗逆性越强(杨晶辉等 1990)。组织中总含水量和束缚水自由水的比值能

较准确地反映植物的抗寒性(孙玉洁和王国槐 2009)。研究表明, 葡萄在自然低温胁迫下束缚水含量增加, 自由水含量减少, 且随着自然温度的降低, 束缚水与自由水的比值升高, 束缚水与自由水的比值大小与抗寒性成正相关(黄敏和陈杰忠 2011)。由于自由水含量减少, 束缚水含量增加, 在冷适应

收稿 2013-12-09 修定 2014-01-12

资助 甘肃省科技支撑计划项目(090NKCA058)和甘肃省农业科技创新项目(GNCX-2013-38)。

* 通讯作者(E-mail: bhch@gsau.edu.cn; Tel: 0931-7632466)。

过程中冬小麦抗寒力的提高与根细胞中的水分含量成明显负相关(Yoshida等1997)。葡萄离体枝条在不同低温冷冻处理下自由水、束缚水和总体含水量的变化与植物抗寒性方面的研究未见报道。本文以葡萄离体枝条为试材,研究了离体枝条在不同低温处理下自由水、束缚水和总体含水量的变化及其与抗寒性的关系,旨在确定不同葡萄品种抗寒性的关键温度点,以及束缚水与自由水比值在确定葡萄抗寒性方面的可行性。

材料与方 法

1 材料采集

于2012年11月中旬冬剪时采集露地栽培、生长势良好且一致的葡萄(*Vitis vinifera* L.)一年生枝条,每品种50枝,长度约50 cm,在室外沙藏40 d备用。‘雷司令’(‘Riesling’)、‘梅鹿特’(‘Merlot’)、‘霞多丽’(‘Chardonnay’)、‘赤霞珠’(‘Cabernet Sauvignon’)、‘黑比诺’(‘Pinot Noir’)、‘白比诺’(‘Pinot Blanc’)采自兰州莫高国际酒庄;‘775’(‘775’)、‘巨峰’(‘Kyoho’)、‘红地球’(‘Red Globe’)采自甘肃省农科院;‘双红’(‘Shuanghong’)、‘北冰红’(‘Baibinhong’)、‘左优红’(‘Zuoyouhong’)采自嘉峪关宏丰种植园。

2 低温处理

低温处理参照曹建东等(2010)的方法,设0、-15、-18、-21、-24、-27、-30、-33 ℃ 8个低温处理,将枝条剪切为20~25 cm长的茎段,低温处理24 h后,在室温(20 ℃)下恢复8 h,然后测定枝条不同形态水的含量。枝条处理前用毛刷清除表面附着物,用干毛巾擦拭干净,不得用水冲洗枝条。

3 测定方法

枝条总含水量测定用烘干法;自由水含量测定采用马林契克法(陈建勋和王晓峰2002)并做了改进:将低温处理后在室温(20 ℃)下恢复8 h的枝条,用削笔刀切成约400 μm厚的薄片,迅速称取500 mg置于干燥试管中,用电子天平称重后,加入质量浓度为65%的蔗糖溶液5 mL,再次称重并计算所加蔗糖溶液的质量。塞紧试管塞,在暗处放置5 h,其间不时轻轻摇动。处理结束后充分摇匀溶液,用BM-2WAJ型阿贝折射仪测定试管内蔗糖溶液浓度。3个茎段为1个处理,每处理重复3次。

总含水量(%)=($m_f - m_d$)/ $m_f \times 100$,式中, m_f : 样品

鲜重; m_d : 样品干重。自由水含量(%)=[糖液量(g)×[糖液体原浓度(%)–浸液后糖液浓度(%)]/浸液后糖液浓度(%)]/组织鲜重(g)×100。束缚水含量(%)=总含水量(%)–自由水含量(%)。

4 数据处理

用1stOpt1.0软件将束缚水与自由水比值与不同低温进行Cubic方程曲线拟合,用Microsoft Excel软件进行数据整理,用Origin软件作图,用SPSS19.0统计软件对数据进行统计分析。

相关系数用Pearson相关系数计算:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

抗寒性隶属函数公式为: $U_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ (正相关); $U_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ (负相关)。式中: 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_{jmin} 表示所有种类*j*指标的最小值; X_{jmax} 表示所有种类*j*指标的最大值; *i*表示某个品种; *j*表示某指标。

根据上述公式计算出各品种各处理的隶属值,再将各处理的隶属值求平均值得每个指标的隶属度,将得到的各指标隶属值再求平均值得该品种的抗寒性综合隶属值。按照平均隶属度将抗寒性分为5级(张文娥等2007): 0.70~1.00为高抗(high resistance, HR), 定为I级; 0.60~0.69为抗(resistance, R), 定为II级; 0.40~0.59为中抗(middle resistance, MR), 定为III级; 0.30~0.39为低抗(lower resistance, LR), 定为IV级; 0~0.29为不抗(susceptible, S), 定为V级。

实验结果

1 低温胁迫对葡萄枝条水分组成的影响

1.1 低温胁迫对葡萄枝条总含水量的影响

从表1可以看出: 非低温胁迫和经0~33 ℃低温处理相比较, 不同品种离体枝条总含水量基本保持不变, 处理前, 总含水量由高到低的顺序依次是: ‘红地球’>‘白比诺’>‘黑比诺’>‘梅鹿特’>‘赤霞珠’>‘霞多丽’>‘雷司令’>‘巨峰’>‘775’>‘双红’>‘北冰红’>‘左优红’; 处理后, 总含水量由高到低的顺序依次是: ‘红地球’>‘白比诺’>‘梅鹿特’>‘赤霞珠’>‘黑比诺’>‘霞多丽’>‘雷司令’>‘巨峰’>‘775’>‘双红’>‘北冰红’>‘左优红’。处理前后各品种总含水量排序结果基本一致。

表1 低温胁迫下不同品种枝条水分状况比较

Table 1 Comparison of water content of different grape cultivars under cold stress

品种	总含水量(%)		自由水含量(%)		束缚水含量(%)		束缚水自由水比	
	处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后
‘左优红’	35.33±1.85 ^d	36.10±0.73 ^s	19.86±1.24 ^s	16.68±1.24 ^s	15.47±1.27 ^{ab}	19.42±1.24 ^a	0.78±0.11 ^a	1.27±0.13 ^a
‘北冰红’	37.54±1.03 ^d	37.37±0.70 ^{fs}	23.81±1.38 ^{fs}	18.00±1.68 ^{fs}	13.73±0.50 ^{ab}	19.37±1.50 ^a	0.58±0.10 ^{bc}	1.23±0.10 ^a
‘双红’	37.81±1.24 ^d	38.33±1.12 ^{ef}	22.76±1.03 ^{ef}	19.37±1.34 ^{ef}	15.05±1.40 ^{ab}	18.96±1.23 ^{ab}	0.66±0.11 ^{ab}	1.17±0.11 ^{ab}
‘775’	41.75±0.13 ^c	40.00±1.51 ^{de}	25.46±0.58 ^{de}	21.46±2.58 ^e	16.29±0.43 ^{ab}	18.53±1.65 ^{bc}	0.64±0.08 ^{ab}	1.03±0.13 ^b
‘巨峰’	43.51±0.58 ^{bc}	41.30±0.24 ^d	28.31±1.37 ^{cd}	24.06±1.37 ^d	15.20±0.58 ^{ab}	17.25±1.28 ^{cd}	0.54±0.08 ^{cd}	0.77±0.06 ^c
‘雷司令’	44.95±0.96 ^{abc}	43.86±0.51 ^c	28.48±1.16 ^{cd}	25.50±1.85 ^{cd}	16.47±0.34 ^a	18.36±1.51 ^{bc}	0.58±0.05 ^{bc}	0.71±0.07 ^{cd}
‘黑比诺’	46.70±1.30 ^{ab}	44.41±0.85 ^b	31.95±1.05 ^{ab}	28.52±1.90 ^b	14.75±0.85 ^{ab}	15.89±1.43 ^c	0.46±0.08 ^{cd}	0.76±0.04 ^{cd}
‘霞多丽’	45.70±0.83 ^{ab}	44.34±0.49 ^b	33.64±0.83 ^a	26.60±1.54 ^{cd}	12.07±0.94 ^b	17.74±1.41 ^{bc}	0.36±0.07 ^d	0.67±0.06 ^{cd}
‘赤霞珠’	46.09±0.43 ^{ab}	44.62±0.98 ^b	31.48±0.88 ^{abc}	24.65±0.96 ^d	14.61±0.76 ^{ab}	16.97±0.93 ^{cd}	0.46±0.05 ^{bcd}	0.72±0.05 ^{cd}
‘梅鹿特’	46.53±0.67 ^{ab}	44.97±0.69 ^b	33.25±0.90 ^a	26.35±1.60 ^{cd}	13.28±1.41 ^{ab}	16.62±1.16 ^{de}	0.40±0.04 ^d	0.66±0.06 ^{cd}
‘白比诺’	48.07±0.79 ^a	45.10±0.77 ^b	31.68±1.07 ^{ab}	28.97±2.11 ^{bc}	16.39±1.46 ^a	17.13±1.59 ^{cd}	0.52±0.07 ^{bcd}	0.61±0.06 ^d
‘红地球’	48.56±0.21 ^a	47.65±0.60 ^a	31.48±0.62 ^{abc}	31.10±1.45 ^a	17.08±1.17 ^a	16.51±1.52 ^c	0.54±0.06 ^{bc}	0.59±0.05 ^d

同列数字旁不同小写字母表示差异显著($\alpha=0.05$)。处理前: 指沙藏(0~4 °C)后未经冷冻处理, 直接测定各指标; 处理后: 指经0~33 °C低温处理的平均值。

1.2 低温胁迫对葡萄枝条自由水含量的影响

从表1可以看出: 低温胁迫处理前后相比较, 自由水含量有所下降, 处理前自由水含量由高到低的顺序依次是: ‘霞多丽’>‘梅鹿特’>‘黑比诺’>‘白比诺’>‘红地球’=‘赤霞珠’>‘雷司令’>‘巨峰’>‘775’>‘北冰红’>‘双红’>‘左优红’; 处理后自由水含量由高到低的顺序依次是: ‘红地球’>‘白比诺’>‘黑比诺’>‘霞多丽’>‘梅鹿特’>‘雷司令’>‘赤霞珠’>‘巨峰’>‘775’>‘双红’>‘北冰红’>‘左优红’。处理前后枝条自由水含量由高到低的顺序不一致, 处理前总含水量与处理前自由水含量排列顺序也不一致, 而处理后总含水量与处理后自由水含量排列顺序一致。

1.3 低温胁迫对葡萄枝条束缚水含量的影响

从表1可以看出: 与低温处理前相比较, 处理后束缚水含量增加, 处理前束缚水含量由高到低的顺序是: ‘红地球’>‘雷司令’>‘白比诺’>‘775’>‘左优红’>‘巨峰’>‘双红’>‘黑比诺’>‘赤霞珠’>‘北冰红’>‘梅鹿特’>‘霞多丽’; 处理后束缚水含量由高到低的顺序是: ‘左优红’>‘北冰红’>‘双红’>‘775’>‘雷司令’>‘霞多丽’>‘巨峰’>‘白比诺’>‘赤霞珠’>‘梅鹿特’>‘红地球’>‘黑比诺’。处理前后枝条束缚水含量由高到低的顺序不一致, 处理前总含水量与处理前束缚水含量、自由水含量之间排列顺序无规律性, 而处理后束缚水含量与处理后总含水量、

自由水含量排列顺序相反。

1.4 低温胁迫对葡萄枝条束缚水与自由水比值的影响

从表1可以看出: 与低温处理前相比较, 处理后束缚水与自由水的比值增加, 处理前束缚水与自由水的比值由高到低的顺序是: ‘左优红’>‘双红’>‘775’>‘北冰红’=‘雷司令’>‘巨峰’=‘红地球’>‘白比诺’>‘黑比诺’=‘赤霞珠’>‘梅鹿特’>‘霞多丽’; 处理后束缚水与自由水的比值由高到低的顺序是: ‘左优红’>‘北冰红’>‘双红’>‘775’>‘巨峰’>‘黑比诺’>‘赤霞珠’>‘雷司令’>‘霞多丽’>‘梅鹿特’>‘白比诺’>‘红地球’。处理前后枝条束缚水与自由水的比值由高到低的顺序不一致, 处理前总含水量与处理前束缚水含量、自由水含量、束缚水与自由水的比值排列顺序无规律性, 而处理后束缚水与自由水的比值与处理后束缚水含量排列顺序一致、总含水量与自由水含量排列顺序一致、前两项指标排列顺序与后两项指标排列顺序相反。

处理前自由水含量、束缚水含量不可区分品种间的差异, 而总含水量与品种差异有关; 处理后不同品种总含水量与自由水含量、束缚水含量、束缚水与自由水的比值之间具有相关性, 因此, 在不同低温处理后, 此4项指标可以区分不同品种的抗寒力。

2 不同低温处理对葡萄枝条束缚水与自由水比值的影响

图1所示,在0~-33℃的降温过程中,束缚水与自由水的比值先增大再减小,呈单峰状变化。在-18℃左右,‘霞多丽’、‘赤霞珠’、‘梅鹿特’、‘红地球’和‘白比诺’的束缚水与自由水的比值达到最大;在-21℃左右,‘775’、‘雷司令’、‘黑比诺’和‘巨峰’束缚水与自由水的比值达到最大值;在-24~-27℃之间,‘双红’、‘北冰红’和‘左优红’束缚水与自由水的比值达到最大值。在0℃到拐点温度的降温过程中,各品种束缚水与自由水的比值增幅

明显不同,‘双红’、‘北冰红’和‘左优红’增幅大,分别为1.14、1.43和1.23;‘775’、‘雷司令’和‘白比诺’增幅较大,分别为0.93、0.81和0.81;其他品种增幅较小,在0.46~0.65之间。

束缚水与自由水比值增大阶段,是葡萄对低温胁迫的抵抗阶段,通过自身生理调节,增加束缚水含量,减缓自由水在结冰和解冻期间对细胞膜系统的破坏作用,当温度下降到某一特定值时,其自身调节能力减弱,束缚水含量减小。由于品种的差异性,束缚水与自由水的比值达到最大值的临界温度也不相同。

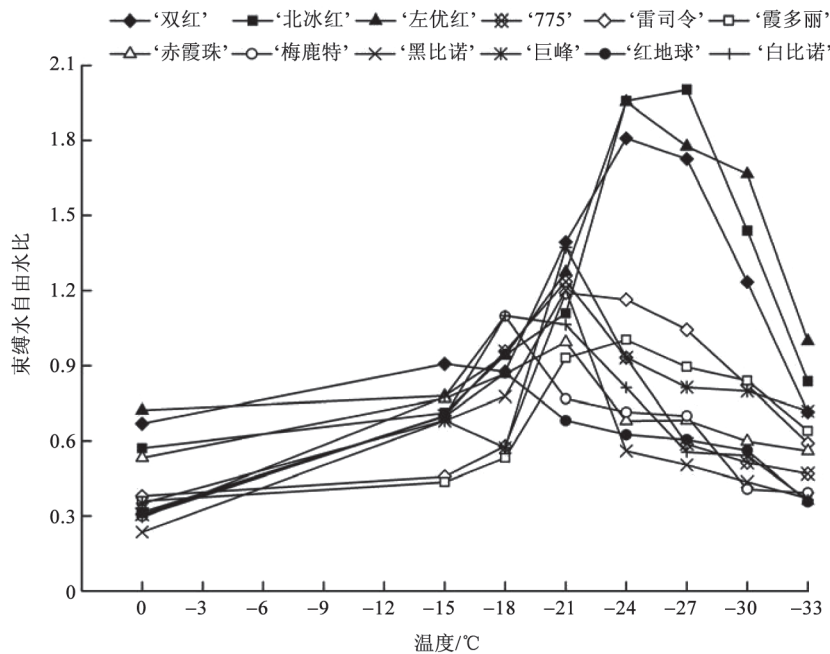


图1 不同低温处理束缚水自由水比值变化

Fig.1 Changes of the ratio to bond and free water after low temperature treatments

3 不同品种束缚水与自由水比值拟合方程及拐点温度确定

表2所示:以温度和束缚水与自由水的比值为参数进行Cubic模型曲线拟合,得到12个葡萄品种Cubic方程及拐点温度,即图1中顶点温度,11个方程拟合度达到显著水平。拐点温度越低,其抗寒性越强,其中砧木品种‘双红’、‘北冰红’、‘左优红’拐点温度远大于其他品种,‘775’、‘雷司令’、‘霞多丽’、‘黑比诺’、‘巨峰’拐点温度在-18℃以下,‘赤霞珠’、‘梅鹿特’、‘红地球’、‘白比诺’拐点温度较高。拐点温度由低到高的顺序依次为:‘左

优红’<‘北冰红’<‘双红’<‘775’<‘巨峰’<‘雷司令’<‘黑比诺’<‘霞多丽’<‘赤霞珠’<‘梅鹿特’<‘白比诺’<‘红地球’。

4 不同品种枝条各水分隶属值及其平均值隶属值

由隶属值表可知,‘双红’、‘北冰红’、‘左优红’为高抗寒类型,‘775’、‘巨峰’为中抗品种,‘雷司令’、‘黑比诺’、‘霞多丽’为低抗品种,‘赤霞珠’、‘梅鹿特’、‘白比诺’、‘红地球’为不抗类型(表3)。

由表3还可以看出,束缚水与自由水比值的隶属值与其他3个指标的隶属值相比较,更接近平均值的隶属值,其抗寒类型划分结果与平均隶属值

表2 束缚水与自由水比值拟合方程及拐点温度

Table 2 The fitted equation and inflection temperature point of the ratio to bond and free water

品种	$y=ax^3+bx^2+cx+d$	拐点温度/°C	拟合度(R^2)
‘左优红’	$y=-0.0005x^3+0.0251x^2-0.2693x+0.7286$	-26.4294	0.9222**
‘北冰红’	$y=-0.0006x^3+0.0282x^2-0.2970x+0.5795$	-26.1325	0.8821*
‘双红’	$y=-0.0005x^3+0.0227x^2-0.2293x+0.6745$	-25.4277	0.9004*
‘775’	$y=-5.95\times 10^{-5}x^3+0.0008x^2+0.0400x+0.2941$	-20.1723	0.8482*
‘巨峰’	$y=-6.19\times 10^{-5}x^3+0.0007x^2+0.0459x+0.3703$	-19.6537	0.8556*
‘雷司令’	$y=-2.70\times 10^{-5}x^3-0.0006x^2+0.0514x+0.3535$	-18.4749	0.9108*
‘黑比诺’	$y=-1.79\times 10^{-5}x^3-0.0012x^2+0.0633x+0.3403$	-18.3563	0.8983*
‘霞多丽’	$y=-1.73\times 10^{-5}x^3-0.0011x^2+0.0571x+0.2948$	-18.0105	0.8706*
‘赤霞珠’	$y=-1.64\times 10^{-5}x^3-0.0015x^2+0.0691x+0.2849$	-17.6298	0.8194*
‘梅鹿特’	$y=1.17\times 10^{-6}x^3-0.0021x^2+0.0705x+0.2253$	-16.9903	0.7884
‘白比诺’	$y=-4.09\times 10^{-6}x^3-0.0022x^2+0.0781x+0.2856$	-16.9412	0.8437*
‘红地球’	$y=4.56\times 10^{-6}x^3-0.0017x^2+0.0538x+0.3135$	-16.7772	0.8880*

*: 在0.05水平上相关性显著; **: 在0.01水平上相关性显著。

表3 不同品种各水分隶属值

Table 3 The subordinate value of different cultivars

品种	U_{ij}					抗寒类型
	总含水量	自由水含量	束缚水含量	束缚水/自由水	平均	
‘左优红’	0.9118	0.9485	0.6127	0.8653	0.8346	HR
‘北冰红’	0.8285	0.8800	0.6123	0.7929	0.7784	HR
‘双红’	0.7524	0.8358	0.6000	0.7360	0.7310	HR
‘775’	0.6353	0.6337	0.4541	0.5293	0.5631	MR
‘巨峰’	0.5335	0.4861	0.3370	0.4078	0.4411	MR
‘雷司令’	0.5188	0.4511	0.2896	0.3207	0.3950	LR
‘黑比诺’	0.3392	0.3888	0.4745	0.3066	0.3773	LR
‘霞多丽’	0.3001	0.2363	0.3921	0.3104	0.3097	LR
‘赤霞珠’	0.4060	0.1763	0.2163	0.3087	0.2768	S
‘梅鹿特’	0.2426	0.2307	0.3348	0.1688	0.2442	S
‘白比诺’	0.2831	0.1004	0.2180	0.1752	0.1942	S
‘红地球’	0.0139	0.0502	0.4276	0.1269	0.1547	S

平均隶属值=(总含水量隶属值+自由水隶属值+束缚水隶属值+束缚水自由水比隶属值)/4。

划分结果相一致, 因此, 若以单一指标评价葡萄离体枝条的抗寒性, 束缚水自由水比更为可靠。

讨 论

束缚水是指被亲水胶体以化学键紧密吸引、不能自由流动的水, 不具有普通水的性质, 不能做溶剂, 低温状态下(-20~-25 °C)不会结冰, 自然条件下不容易蒸发, 并且具有特定折光率的水分。淀粉、糖、蛋白质和氨基酸等含有许多能与水作用的极性基(亲水基), 如羧基、氨基、羟基等。束缚水含量取决于亲水物质的含量及其亲水基的种类和数量, 蛋白质的亲水基多且亲水性强(胡晋2008)。

束缚水紧密吸附在胶体颗粒或生物大分子表面, 是原生质结构水的一种组分, 不易移动、蒸腾和结冰, 不直接参与代谢活动。它可使原生质粘性增大, 代谢降低, 保持原生质胶体及大分子结构的稳定性, 提高抗性(焦奎宝2010)。自由水不被吸附, 可自由移动, 并广泛地参与各种代谢。自由水占总含水量百分比越大, 则代谢越旺盛, 抗性往往降低(王家民等1996)。束缚水是在一般温度范围内不可除去, 但在温度达到105 °C以上时, 可被除去的那部分水分(Levitt 1959)。束缚水含量的多少与抗寒性有直接的关系。据研究细胞内的各种膜系统上处于吸附状态的水特别多, 这部分水排列紧

密,几乎像晶体一样,实际上是膜的组成部分,对膜及膜上的蛋白质起着保护作用。如果组织内束缚水含量相对较高时,对低温就有较强的抵抗能力。反之自由水含量相对高时,遇到低温容易损伤,甚至可使原生质变性或使内部对膜有毒物质的浓度提高,致使组织损伤,另一方面自由水过多细胞内冰点高,抗寒力减弱(王兴才等1982)。耐冻性是指阻止胞内结冰的能力,随着气温的降低,细胞内的自由水含量减少,以防止胞内结冰破坏细胞膜,自由水将结合于其他极性有机物上(Jansson 2013)。

抗寒性强的冬小麦品种的细胞间隙周围具有丰富的糖蛋白,推测它可能起着两方面的作用:一是作为受体感受和传递温度降低的信号,使细胞内的水迅速地流到细胞间隙内结冰;二是作为一种屏障阻止细胞间隙内的冰晶侵入细胞内(简令成1992)。-15~-24℃的降温过程中,束缚水含量随温度下降而增加,与低温胁迫下蛋白质、氨基酸、可溶性糖等物质的增加是正相关的。-24℃以后,随着温度的降低,束缚水含量迅速下降,究其原因,-24℃以后束缚水会产生结冰现象,状态的变化是引起其由束缚水向自由水转变的根本原因。

随着自然温度的降低,葡萄枝条组织自由水含量减少,自由水含量在元月及二月上旬随温度的降低而逐渐降低,二月下旬以后自由水含量急剧升高,其变化曲线呈“V”型,与温度变化相一致,而束缚水含量变化与自由水含量变化相反(Lee等2008)。这种变化趋势与本研究相对较高温范围内束缚水和自由水的变化相一致。Wolpert和Howell(1986)通过对葡萄枝条在休眠过程的连续测定,得出葡萄抗寒力的增加与组织含水量的减小和茎成熟度的增加显著相关。Wolf和Cook(1994)将热分析和田间冻害生存率相结合,得出热分析的理论值与田间试验结果一致。

林玉友等(2011)通过田间冻害情况调查分析,结果得出较抗寒的有‘左优红’、‘北冰红’和‘双红’;抗寒的一般有‘梅鹿特’、‘黑比诺’、‘西拉’、‘赛美容’、‘霞多丽’、‘赤霞珠’和‘威代尔’;不抗寒的有‘白雷司令’和‘歌海娜’。陈卫平等(2007)通过室内和田间试验方法研究发现,抗寒性强的品种有‘雷司令’、‘黑比诺’;抗寒力较强的品种有‘霞多丽’、

‘赤霞珠’、‘梅鹿特’、‘白比诺’;抗寒力较差的品种有‘赛美容’、‘白玉霓’、‘神索’。邓令毅和王洪春(1982)通过田间观察得出山葡萄抗寒性大于栽培种‘公酿一号’和‘玫瑰香’。Mills等(2006)通过对几种酿酒葡萄的研究发现,红葡萄酒品种中‘赤霞珠’最抗寒,其次是‘西拉’,‘梅鹿特’最差。许宏等(2003)利用电解质外渗率法和恢复生长法对5个酿酒葡萄品种的抗寒性进行鉴定,结果表明抗寒性强弱依次为‘香百川’>‘霞多丽’=‘赤霞珠’>‘西拉’>‘梅鹿辄’。通过区域试验结果表明:‘左优红’抗寒力高于‘公酿1号’和‘双红’,接近‘贝达’(宋润刚等2007)。本试验与以上田间调查试验所得结果一致,因此,在人工冷冻处理下,以葡萄离体枝条束缚水与自由水含水量变化来确定葡萄抗寒性方面是可行的;以束缚水与自由水比值为单一指标评价葡萄离体枝条的抗寒性较可靠。

参考文献

- 曹建东,陈佰鸿,王利军,毛娟,赵鑫(2010). 葡萄抗寒性生理指标筛选及其评价. 西北植物学报, 30 (11): 2232~2239
- 陈建勋,王晓峰(2002). 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社, 2~7
- 陈卫平,尚红莺,周军,冯雪梅,周涛(2007). 贺兰山东麓酿酒葡萄的生态适应性. 西北植物学报, 27 (9): 1855~1860
- 邓令毅,王洪春(1982). 葡萄的膜脂和脂肪酸组分与抗寒性关系的研究. 植物生理学报, 8 (3): 273~283
- 胡晋(2008). 种子水分测定的原理和方法. 北京: 中国农业出版社, 33~35
- 黄敏,陈杰忠(2011). 果树抗寒性研究进展. 亚热带植物科学, 40 (1): 80~84
- 简令成(1992). 植物抗寒机理研究的新进展. 植物学通报, 9 (3): 17~22
- 焦奎宝(2010). 葡萄根系抗寒性的研究[硕士论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 1~45
- 林玉友,庞占荣,蒋春光,刘月英,李晓阳,万会民(2011). 不同酿酒葡萄品种抗寒性调查分析. 中外葡萄与葡萄酒, (1): 42~45
- 宋润刚,路文鹏,沈育杰,张宝香,马玉坤,杨义民,李晓红,刘井宽(2007). 酿造干红葡萄酒新品种“左优红”区域试验的研究. 特产研究, 29 (1): 31~33
- 孙玉洁,王国槐(2009). 植物抗寒生理的研究进展. 作物研究, 23 (5): 293~297
- 王家民,王连军,李亚东,丛志,柏忠群(1996). 自根葡萄栽培根系抗寒生理指标的测定分析. 葡萄栽培与酿酒, (1): 8~10
- 王兴才,芸华,陈新建,徐海斌,王爱芳(1982). 葡萄抗冻生理初探. 河南职业技术师范学院学报, (1): 66~73
- 许宏,王孝娣,邹英宁,杜中军,翟衡(2003). 葡萄砧木及酿酒品种抗寒性比较. 中外葡萄与葡萄酒, (6): 20~23
- 杨晶辉,李丙智,张秀琴(1990). 葡萄品种间含水量测定分析. 北方园艺, (8): 27~27

- 张文娥, 王飞, 潘学军(2007). 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性. 果树学报, 24 (6): 849~853
- Jansson M (2013). Frost Hardiness of Grapevine Cultivars as Affected by Ground Cover under Scandinavian Conditions [Dissertation]. Stockholm: Swedish University of Agricultural Sciences
- Lee DK, Kwon BS, Ramamoorthy A (2008). Freezing point depression of water in phospholipid membranes: a solid-state NMR study. *Langmuir*, 24 (23): 13598~13604
- Levitt J (1959). Bound water and frost hardiness. *Plant Physiol*, 34 (6): 674~677
- Lindén L (2002). Measuring Cold Hardiness in Woody Plants [Dissertation]. Helsinki: University of Helsinki, 1~57
- Mills LJ, Ferguson JC, Keller M (2006). Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. *Am J Enol Vitic*, 57 (2): 194~200
- Wolf TK, Cook MK (1994). Cold hardiness of dormant buds of grape cultivars: Comparison of thermal analysis and field survival. *HortScience*, 29 (12): 1453~1455
- Wolpert JA, Howell GS (1986). Cold acclimation of Concord grapevines III. Relationship between cold hardiness, tissue water content, and shoot maturation. *Vitis*, 25: 151~159
- Yoshida M, Abe J, Moriyama M, Shimokawa S, Nakamura Y (1997). Seasonal changes in the physical state of crown water associated with freezing tolerance in winter wheat. *Physiol Plant*, 99 (3): 363~370