

冰冻低温处理下桃芽水分存在状态和膜透性与休眠解除的关系

赵海亮¹, 赵文东¹, 高东升²

(1. 辽宁省果树科学研究所, 辽宁 熊岳 115009 2. 山东农业大学 园艺科学与工程学院 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘 要:以 7 a 生曙光油桃为试材, 研究了 7 个冰冻低温梯度短时间处理对花芽和叶芽的存活率、萌芽级数、自由水/束缚水比值和膜透性的影响, 并探讨短时间冰冻低温处理对桃芽自然休眠的调控效应。结果表明: 11 月 30 日低温处理中-4℃、-7℃低温处理对桃芽自然休眠的调控效应不明显, 萌芽率、束缚水/自由水比值及相对电导度均变化不明显; 自-10℃0.5 h 后的其余低温处理对桃芽自然休眠呈正调控效应, 其萌芽级数、自由水/束缚水比值和相对电导度与对照相比明显升高, 虽然部分花芽和叶芽因低温处理而死亡, 但是在存活芽中短时间低温对桃芽休眠解除作用效应明显增强。12 月 10 日和 12 月 20 日低温处理的效果与 11 月 30 日类似, 只是处理时期越晚对桃芽自然休眠的调控效应越明显。不同低温处理的萌芽级数、自由水/束缚水比值和膜透性的变化表明: 短时间冰冻处理可有效解除芽休眠, 并显著促进了水分由束缚态向自由态的转变以及膜透性的增加。

关键词:冰冻低温; 自然休眠; 芽; 桃树

中图分类号:S 662.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2008)04-0001-04

落叶果树自然休眠是其生长发育过程中的一种暂停现象, 是经过长期演化而获得的一种对环境及季节性变化的生物学适应性^[1]。落叶果树进入自然休眠后, 需要一定限度的低温量才能解除自然休眠, 低温诱导休眠, 而自然休眠的解除必须有低温的累积。低温对休眠的解除作用是逐渐积累的, 大多数木本植物芽的休眠解除需经过一定时间冰点以上的低温期, 但不宜在冻结或更低的极端温度下以免危害芽组织^[2]。然而, 有研究表明短时间冰冻处理能够解除 *Betula pubescens* 和 *pendula* 的芽休眠^[3]。试验旨在通过探讨短时间冰冻低温对桃树自然休眠的调控效应, 为设施生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试材与处理

以 7 a 生曙光油桃 (*Prunus persica* var. *nectarina* Maxim. cv. *shuguang*) 为试材, 分别于 2005 年 11 月 30 日、12 月 10 日 (根据犹他模型计算此时低温累积量分别是曙光油桃需冷量的 2/3 和 3/4) 以及 12 月 20 日 3 个时期随机采集树冠外围生长健壮的枝条。枝条采回后立即进行冰冻低温处理, 在半致死温度上下设 7 个温

度梯度 (-4℃、-7℃、-10℃、-13℃、-16℃、-19℃、-21℃), 每一冰冻低温设置 0.5、1.0、1.5 h 三个时间梯度, 3 次重复, 以未进行冰冻低温处理的枝条为对照, 对照枝条置于室温条件下。低温处理结束后将低温处理的枝条和对照枝条先在光照培养箱中培养 72 h, 然后测定存活芽中自由水/束缚水比值 (阿贝折射仪) 和膜透性 (相对电导度)。

1.2 芽存活率与萌芽级数的测定

冰冻低温处理后的枝条和对照枝条放在光照培养箱中进行清水培养, 每处理 3 个重复, 每重复枝条 10 条, 每处理共培养枝条 30 条。培养条件为: 气温 25℃, 光照强度 40 μmol·m⁻²·s⁻¹, 昼/夜 12h/12h, 空气湿度 80% 左右。培养 25 d 后调查芽存活率, 芽存活率(%) = 存活芽数/总芽数 (存活芽标准: 萌发芽和生长点未变褐芽) × 100; 同时按王力荣等^[4]标准调查各处理及对照的萌芽状况, 计算存活芽的萌芽级数。

1.3 自由水/束缚水比值的测定

采用阿贝折射仪 (上海产 WZS-I 型) 进行测定, 将超级恒温水浴与其相连保持水温 20℃。用阿贝折射仪测出自由水含量, 烘干法测出总水含量, 即可求出自由水/束缚水比值 = 自由水 / (总水 - 自由水)^[5]。

1.4 膜透性的测定

膜透性用相对电导度表示, 采用电导法进行测定, 将试管放在 20℃恒温水浴中, 以保持温度恒定。电导仪

第一作者简介: 赵海亮 (1980-), 男, 硕士, 研究实习员, 主要从事果树育种与栽培研究。E-mail: zhaohailiangnongda@163.com。

基金项目: 国家“863 计划”资助项目 (2001AA247041)。

收稿日期: 2007-10-11

为美国 Portugal 公司产 HI9032 型电导仪。相对电导度=初电导/终电导^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同短时间冰冻低温处理对桃芽存活率与萌芽级数的影响

短时间冰冻低温处理对桃芽自然休眠的调控效应因处理时期、冰冻低温处理的程度及处理持续时间的不同而异(见图 1)。11 月 30 日冰冻低温处理中, -4°C 和 -7°C 低温处理其萌芽级数与对照的萌芽级数差别不

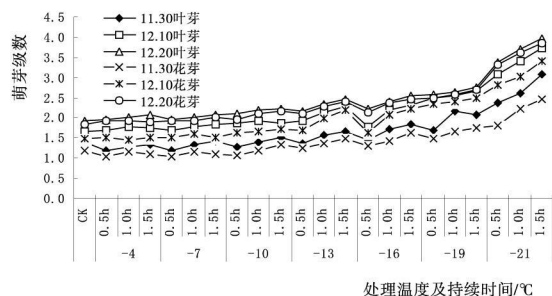


图 1 不同短时间冰冻低温处理对桃芽萌芽级数的影响

大, 并随处理持续时间的延长及处理温度的降低, 萌芽级数进一步增加。而且随着处理持续时间的延长及处理温度的降低, 部分桃芽因低温处理而死亡(图 2), 但是存活芽的萌芽级数明显增大。12 月 10 日和 12 月 20 日短时间冰冻低温处理与 11 月 30 日低温处理对桃芽自然休眠调控效应类似, 各低温处理对萌芽级数的影响趋势与 11 月 30 日冰冻低温处理对萌芽级数的影响趋势基本一致, 只是处理时间越晚其萌芽级数越高。说明随着低温累积量的增加, 冰冻低温处理对休眠的解除效果更显著。

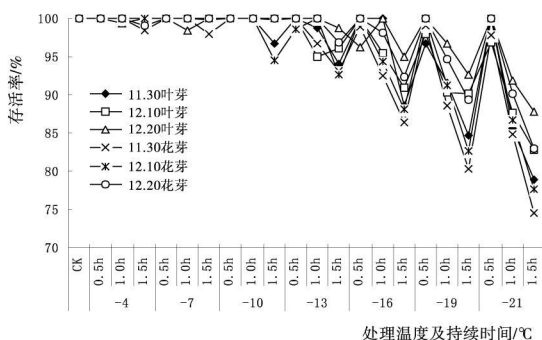


图 2 不同短时间冰冻低温处理对桃芽存活率的影响

2.2 不同短时间冰冻低温处理对桃芽水分含量和存在状态的影响

花芽和叶芽的总水含量随处理温度的降低, 处理时间的延长及处理时期的推迟明显升高(图 3)。水分存在状态也发生显著变化, 由束缚态向自由态转变, 即自由水/束缚水比值明显升高(图 4)。11 月 30 日短时间冰冻低温处理中, -4°C 和 -7°C 处理曙光油桃芽的自由水/束缚水比值及总水含量与对照相比变化不明显, 但从 -10°C 0.5 h 处理起, 随处理持续时间的延长和处理

温度的降低, 自由水/束缚水比值呈升高趋势, 于 -21°C 1.5 h 处理达最大值; 同时桃芽中总水含量, 与对照相比, 也是自 -10°C 显著升高, 于 -21°C 1.5 h 达最大值。12 月 10 日和 12 月 20 日冰冻低温处理中, 自由水/束缚水比值和总水含量与 11 月 30 日低温处理变化趋势基本一致, 从 -10°C 开始随处理持续时间的延长和处理温度的降低, 自由水/束缚水比值和总水含量逐渐增加, 于 -21°C 1.5 h 达最大值分别为 7.01、7.38 和 46.3%、48.1%。

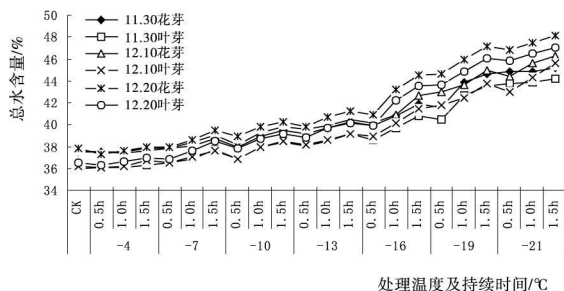


图 3 不同短时间冰冻低温处理对桃芽总水含量的影响

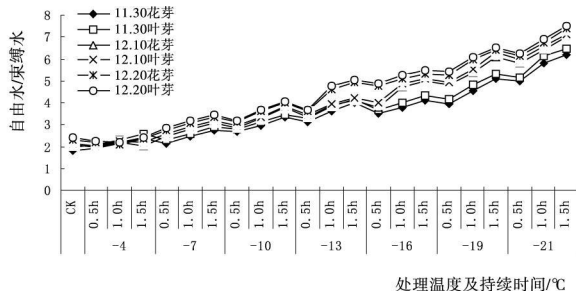


图 4 不同短时间冰冻低温处理对桃芽自由水/束缚水比值的影响

2.3 不同短时间冰冻低温处理对膜透性的影响

不同短时间冰冻低温处理对桃芽膜透性(相对电导度)的影响趋势与其对桃芽自由水/束缚水比值的影响趋势基本一致(见图 5)。11 月 30 日冰冻低温处理中, 除 -4°C 和 -7°C 低温处理膜透性与对照相比相差不大,

自 -10°C 后的其余处理膜透性均高于对照, 并且随处理温度的降低和处理持续时间的延长, 桃芽的膜透性进一步增加。与之相对应的是萌芽率升高, 萌芽整齐度提高, 这可由萌芽级数变化趋势图看出。12 月 10 日和 12 月 20 日冰冻低温处理膜透性趋势与 11 月 30 日冰冻低温

处理相比变化趋势相似,只是 11 月 30 日冰冻低温处理膜透性的显著增加出现在-19℃,而 12 月 10 日和 12 月 20 日冰冻低温处理膜透性的显著增加出现在-16℃,这说明随着需冷量的不断满足,冰冻低温解除休眠越容易。

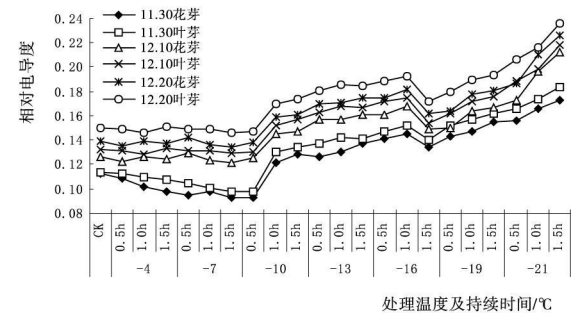


图5 不同短时间冰冻低温处理对膜透性(相对电导度)的影响

3 讨论

3.1 冰冻低温与芽自然休眠解除的关系

一般认为木本植物的芽休眠可被长期非冰冻低温所解除,而冰冻温度对休眠的解除作用很小甚至不起作用^[6]。关于冰冻温度对芽休眠解除效果的研究报道很少;Tinklin, Schwabe^[7]研究表明-15℃的低温对 *Ribes nigrum* 的休眠解除有效;Hasegawa, Tsuboi^[8]研究表明-5~-10℃的低温对桑树的休眠解除有效。该试验通过设定不同温度梯度对枝条进行冰冻处理,从而有效的反映了冰冻低温破眠的效果。当植株进入自然休眠后,只要自然休眠达到一定程度,短时间冰冻处理就可有效解除曙光油桃芽的自然休眠,并且短时间冰冻处理对曙光油桃芽休眠的解除效果随冰冻处理时期的推迟、处理温度的降低及处理持续时间的延长而增强。该试验中发现冰冻处理的时间短并且破眠反应迅速,这说明冰冻破眠存在一个快速反应机制。目前还不知道短时间冰冻破眠的机制和长时间非冰冻低温破眠机制是否相同,不管两者机制是否相同,短时间冰冻处理都是研究休眠解除机制的一个很有用的手段,只需几个小时。

3.2 冰冻解除芽自然休眠的可能机制

尽管在传统的低温休眠解除过程中发生了很多的生理生化变化^[9],但是找到休眠解除的关键因素非常困

难,部分原因是低温休眠解除时间长,而且存在物候现象的重叠如抗冻性和休眠及芽萌发^[10]。短时间冰冻处理对休眠的快速解除表明存在一个快速反应机制,因此植物的结构变化和生物物理变化对于休眠解除而言显的更为重要。研究结果表明:冰冻处理后水分快速的由束缚态向自由态转变,并且膜透性迅速增加,而且总水含量增加也非常迅速,这由冰冻处理后的自由水/束缚水比值、相对电导度和总水的变化可以看出。膜和水分本身不是休眠解除的调节因子,但是膜透性的增加允许一些溶质如 Ca^{2+} 及水分快速的进出细胞^[11],从而水分可以顺利的进入休眠芽,加之细胞内原有水分由束缚态转变为自由态,导致细胞内自由水突然增加进而引起细胞内生理代谢的恢复以及芽生长恢复,最终导致芽自然休眠的解除。

参考文献

[1] 高东升,束怀瑞,李宪利.几种适宜设施栽培果树需冷量的研究[J].园艺学报,2001,28(4):283-289.
[2] Faust M, Erez A. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release[J]. HortScience, 1997, 32: 623-629.
[3] Rinne P, Hanhinen H. Freezing exposure releases bud dormancy in *Betula pubescens* and *B. pendula*[J]. Plant Cell and Environment, 1997, 20: 1199-1204.
[4] 王力荣,朱更瑞,左覃元.中国桃品种需冷量的研究[J].园艺学报,1997,24(2):194-196.
[5] 赵世杰.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:17-19,146-148.
[6] 江泽平.温度木本植物芽休眠的解除与温度[J].林业科学,1995,31(2):160-168.
[7] Tinklin I G, Schwabe W W. Lateral bud dormancy in the black currant *Ribes nigrum* L[J]. Annals of Botany, 1970, 34: 691-706.
[8] Hasegawa K, Tsuboi A. The effect of low temperature on the breaking of rest for winter bud in mulberry tree[J]. Japanese Association of Sericulture, 1960, 25: 320-326.
[9] Landsberg J J. Apple fruit development and growth: analysis and empirical model[J]. Annals of Botany, 1974, 38: 1013-1023.
[10] Li C Y, Annikki W, Tuula P, et al. Differential responses of silver birch (*Betula pendula*) ecotypes to short-day photoperiod and low temperature[J]. Tree Physiology, 2005, 25: 1563-1569.
[11] Yamada T, Kuroda K, Jituyama Y, et al. Roles of the plasma membrane and the cell wall in the responses of plant cells to freezing[J]. Planta, 2002, 215: 770-778.

Water Status and Membrane Permeability in Relation to Dormancy Release in Peach Bud Treated by Short-term Freezing

ZHAO Hai-liang¹, ZHAO Wen-dong¹, GAO Dong-sheng²

(1. Liaoning Institute of Pomology, Xiongyue, Liaoning 115009, China; 2. College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China)

番杏光合特性的研究

吕桂云, 高志奎, 王梅, 孟利

(河北农业大学园艺学院, 河北保定 071001)

摘要:以番杏为试验材料, 对其功能叶片的光合特性进行了研究。通过控光、控温、控二氧化碳进行光响应曲线、温度响应曲线和二氧化碳响应曲线的测定。结果表明: 番杏的光饱和点在 $1800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右, 光补偿点为 $67 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 光合作用的适宜温度范围为 $30 \sim 35^\circ\text{C}$, 最适温度为 35°C ; 二氧化碳的饱和点范围为 $1800 \sim 2000 \mu\text{mol/mol}$, 二氧化碳的补偿点为 $61 \mu\text{mol/mol}$ 。

关键词: 光合作用; 番杏; 光强; 二氧化碳; 温度

中图分类号: S 636.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)04-0004-03

番杏 (*Tetragonia expansa* Murray), 别名新西兰菠菜、洋菠菜; 属于番杏科番杏属中以肥厚多汁嫩茎叶为产品的一年生或多年生半蔓性草本植物。原产澳大利亚、新西兰、智利和东南亚、欧美等地^[1]。近几年来, 番杏随着特菜种植热的兴起而有了快速的发展。番杏投放市场以来, 以其保健功效和食用的多样性深受消费者喜爱。其主要优点: 一是易于栽培, 生长迅速旺盛, 管理简单, 病虫害少; 二是在温暖地方能够安全越冬, 一年四季均可采收, 属于常绿菜; 三是抗逆性强, 抗高温、抗干旱、耐盐碱和耐瘠薄; 四是产品风味独特, 受市场欢迎, 被认为是一种很有发展前途的绿叶类蔬菜^[2]。

光合作用是影响蔬菜产量和品质的重要因素之一。目前关于番杏光合特性的研究还属于空白, 关于其光合

能力的各个参数都没有报道。该试验采用英国 pp systems 公司生产的 CIRAS-2 型光合测定仪进行其净光合速率的测定。通过控光、控温、控二氧化碳进行光响应曲线、温度响应曲线和二氧化碳响应曲线的测定, 得出适宜其生长的光照、温度和二氧化碳条件。这对引种番杏新品种, 确定适种范围, 制定各项栽培技术措施都有重要指导意义, 也为科研提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

番杏 (*Tetragonia expansa* Murray) 试材在河北农业大学标本园温室内正常培养, 常规管理。

1.2 试验方法

采用英国 pp systems 公司生产的 CIRAS-2 型光合测定仪进行净光合速率测定。通过控光、控温、控二氧化碳进行光响应曲线、温度响应曲线和二氧化碳响应曲线的测定。测定净光合速率时, 为消除大气二氧化碳浓度变化的影响, 提前用密闭的大塑料袋收集足够的试验用空气, 并以此为气源进行测定。测定时选取长势相

第一作者简介: 吕桂云(1975-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事蔬菜作物生理方面的研究。E-mail: guiyunlv@163.com。

基金项目: 河北省科技攻关项目 (06220110D-2-3)。

收稿日期: 2007-12-25

Abstract: Effects of short-term freezing at -4°C , -7°C , -10°C , -13°C , -16°C , -19°C , -21°C on bud livability, bud burst, the ratio of free water to bound water and membrane permeability in 'Shuguang' nectarine peach tree were studied in order to know the mechanism of short-term freezing releasing the endodormancy. On November 30, compared with non-freezing treatment (CK), the effects of -4°C and -7°C freezing treatment were almost the same as CK, the bud burst, the ratio of free water to bound water and membrane permeability were nearly the same as CK. But the rest freezing treatment advanced the date of endodormancy release, the bud burst, the ratio of free water to bound water and membrane permeability were higher than CK. On December 10, December 20, the effects of the freezing treatment on endodormancy release were the same as the treatment on November 30, and the effect was better as the treatment was later. The correlation of the rate of bud burst, the ratio of free water to bound water, and membrane permeability of the different freezing treatments indicated that the change from bound water to free water and the increase of membrane permeability were probably the signal of endodormancy release.

Key words: Freezing; Endodormancy; Bud; Peach