

黑果腺肋花楸枝条的深超冷与抗寒性

毛才良

T. 霍洛博维茨

(江苏省植物研究所, 南京 210014)
中国科学院

(波兰波兹南农业大学)

摘要 差热分析法测得黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa* Michx Ell.)枝条有深超冷。黑果腺肋花楸低温放热峰的起始温度和组织褐变法测得的致死温度相吻合。以黑果腺肋花楸低温放热峰的起始温度作为枝条的抗寒性指标, 抗寒性的季节变化表现为: 晚秋至12月上旬为抗寒性驯化阶段, 12月上旬至次年2月上旬为最强抗寒性维持阶段, 2月上旬以后开始脱锻炼。初冬后的锻炼过程和早春的脱锻炼过程十分迅速并与环境温度密切相关。

关键词 黑果腺肋花楸; 深超冷; 抗寒性

Deep supercooling and cold hardiness of chokeberry shoots Mao Cai-Liang (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), Tadeusz Holubowicz (Poznan Agriculture University, Poland), *J. Plant Resour. & Environ.* 1995, 4 (4): 28~32

Deep supercooling was found by Differential Thermal Analysis (DTA) in xylem of chokeberry (*Aronia melanocarpa* Michx Ell.) shoots. The initiation temperature of low Temperature Exotherm (LTE) was coincided with the killing temperature determined by survival test. Seasonal changes in cold hardiness of chokeberry shoots expressed by initiation temperature of LTE showed that the acclimation period took place from autumn to early December. The chokeberry shoots maintained the highest cold hardiness from the early December of 1992 to the beginning of February of 1993. Shoots started their deacclimation from early February. The acclimation in late autumn and deacclimation in early-spring were sharp and temperature dependent.

Key words *Aronia melanocarpa* Michx Ell.; deep supercooling; cold hardiness

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa* Michx Ell.)是新的小果类果树, 波兰于几年前由西伯利亚引入。其果实含有丰富的各类维生素, 还可作为天然食品加工用黑色素源^[8], 因此黑果腺肋花楸逐渐受到果树业工作者的注意。在栽培、繁殖和果实的化学成分方面已进行一些研究, 但关于其抗寒性和抗寒机制方面很少见报道。

植物的抗寒性可由多种方法评价, 其中组织褐变法是最常用的方法之一。Stergios^[13]和Holubowicz^[4]认为组织褐变法是很可靠的方法。从发现木本植物具深超冷现象以来, 同时发现深超冷水的结冰与组织伤害及植物的致死温度相关联^[9, 11, 14]。

有深超冷的植物组织主要是枝条木质部射线细胞和芽中的花原基。组织水的深超冷有一个温度极限, 大约为 -38°C ~ -47°C ^[2]。植物的其他组织结冰后深超冷的细胞或组织具有一道能逆蒸气压梯度持留水分的屏障^[1]。

本研究的目的是弄清黑果腺肋花楸是否以深超冷机制越冬及其枝条抗寒性的季节变化。

1. 材料与 方法

1.1 采样

于波兹南农业大学试验果园的5年生黑果腺肋花楸丛上采集一年生枝条。采样日期自1992年9月底至次年4月初每隔7~14天采样1次。所采样品封于塑料袋内,在-3℃下贮藏1~3天。

1.2 抗寒性测定

1.2.1 差热分析法(DTA) 以 Quamme 等^[8]的差热分析法测定黑果腺肋花楸的抗寒性。从一年生枝条上离梢端15~20 cm处切取长3 cm、直径0.5 cm的枝条切段,剥除韧皮部,用 Parafilm 包裹,将样品装上热电偶,放入铝块测定腔内。将铝块置于程序控制温度试验箱(VM 07/200 Heraeus Votsch)内,以45℃/h恒速降温。样品和对照间的温度差异用多笔记录仪记录。差热分析数据为4个重复的平均值。

1.2.2 组织褐变法^[3] 所采枝条分成5组,每组5根,放入降温箱。温度降至-3℃时,喷洒水珠并接种冰晶,保持-3℃ 8 h,然后以5℃/h降温,当达到某一试验温度时,在该温度下保持2 h使样品平衡。所用的5个试验温度为:-20℃, -25℃, -30℃, -35℃, -40℃。每个试验温度结束时,取出1组样品。在4℃下解冻后,移至20℃,RH为100%的条件下孵育7天,然后根据样品氧化褐变程度(5级制)评价受冻程度。测定时间为12月7日和3月4日各一次。

1.2.3 控制条件下的抗寒性锻炼和脱锻炼 抗寒性锻炼试验:1993年3月15日所采枝条在-3℃下保存10天,然后在-8℃下4天,-11℃下2天。在每个处理温度后进行一次DTA测定。抗寒性脱锻炼试验:用两组枝条,一组枝条采于1992年12月31日在-3℃下贮藏至1993年3月15日,然后转移至20℃下11天。另一组枝条采于1993年1月28日,在-3℃下贮藏至3月15日,然后转移至3℃下10天。转移后每隔0,3,5,7,10,11天各进行一次DTA测定。

2. 结 果

差热分析法测得黑果腺肋花楸枝条有低温放热(LTE)现象,表明黑果腺肋花楸以深超冷机制越冬。DTA测定始于1992年9月底,但直到11月20日才测得LTE,表明至11月中下旬黑果腺肋花楸的深超冷机制才形成。9月和10月份仅测得高温放热(HTE),HTE的起始温度为-7~-10℃(图1)。

LTE的起始温度比HTE低得多并随季节变化,峰也较HTE小得多(图1)。组织褐变法测得的枝条的致死温度与LTE的起始温度一致(图1)。因此LTE的起始温度可作为黑果腺肋花楸枝条的抗寒性指标。

11月20日首次测得黑果腺肋花楸枝条的LTE时,其抗寒性为-25℃。11月27日始枝条抗寒性迅速增强,10天内其抗寒性达-36.6℃,这与12月31日测得的最强抗寒性-37.1℃几乎相等。翌年2月上旬枝条抗寒性开始脱锻炼,7天内抗寒性降至-23.2℃。2月11日以后,枝条的抗寒性维持在-20℃~-24℃。当枝条的抗寒性在-24℃~-36℃时,黑果腺肋花楸的抗寒性锻炼

和抗寒性脱锻炼特别迅速。

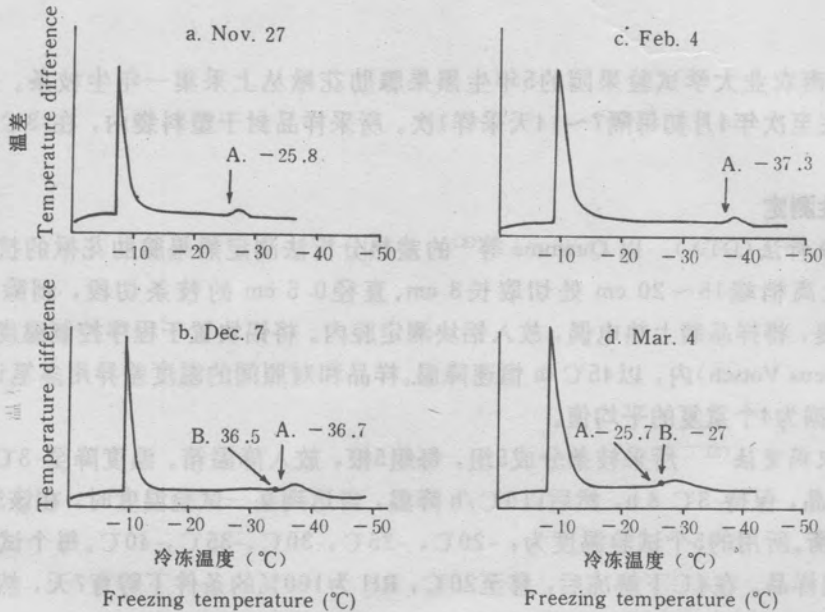


图1 黑果腺肋花楸枝条的差热分析曲线图

Fig 1 DTA profiles of chokeberry shoot

A — the initiation temperature of low temperature exotherm

B — block dots in DTA profiles show the killing points determined by survival test

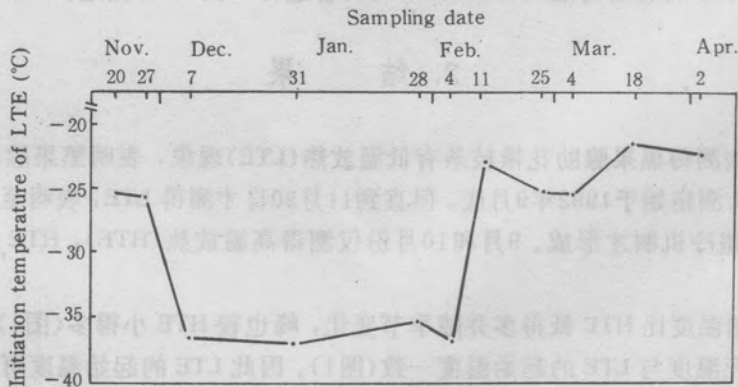


图2 低温放热起始温度为指标的黑果腺肋花楸枝条抗寒性的季节变化

Fig 2 Seasonal changes in cold hardiness of chokeberry shoots expressed by the initiation temperature of LTE

控制条件下的枝条抗寒性锻炼和脱锻炼试验表明抗寒性的迅速变化与环境温度密切相关(图3)。在抗寒性锻炼试验中,样品采于3月15日,其抗寒性为-22.4°C。这些枝条保存在-3°C

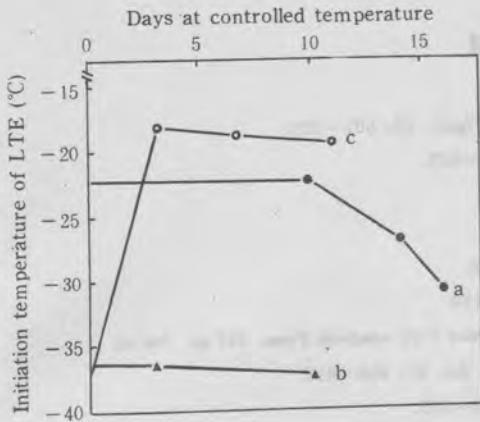


图3 在锻炼和脱锻炼处理过程中黑果腺肋花楸枝条低温放热起始温度的变化

Fig 3 Initiation temperature of LTE of chokeberry shoots during acclimation (a) and deacclimation (b,c) treatments.
 a. ●—● shoots collected on Mar. 15, stored at -3°C for 10 days, transferred to -8°C for 4 days and to -11°C for 2 days.
 b. ▲—▲ shoots collected on Jan. 28, 1993 stored at -3°C until Mar. 15, then transferred to 3°C for 10 days.
 c. ○—○ shoots collected on Dec. 31, 1992 stored at -3°C until Mar. 15, then transferred to 20°C for 11 days.

下10天后其抗寒性不变,而把它们转移至 -8°C 下4天, -11°C 下2天后,其抗寒性迅速降至 -31.1°C (图3a)。在脱锻炼试验中,当抗寒性为 -36.3°C 的枝条从 -3°C 转移至 3°C 下10天时,无脱锻炼发生(图3b)。当抗寒性为 -37.2°C 的枝条从 -3°C 转移至 20°C 下3天,枝条的抗寒性迅速脱锻炼至 -18.4°C (图3c)。但当枝条在 20°C 下继续放置8天,无进一步脱锻炼发生。

3. 讨 论

被子植物33个科和裸子植物1个科的240个种已报道有深超冷现象^[10]。本研究揭示黑果腺肋花楸以深超冷机制越冬,增加了一个新的以深超冷越冬的树种。黑果腺肋花楸枝条深超冷的最低温度大约为 -37°C ,其花芽和营养芽未见有深超冷。

本试验结果表明黑果腺肋花楸枝条在11月27日前的抗寒性锻炼过程很慢,以后加速进行,在短时间内几乎达到其最强抗寒性(图2)。黑果腺肋花楸枝条抗寒性锻炼的这种时间进程与 Weiser^[15]和 Levitt^[7]论述的抗寒性锻炼模式相似。

控制条件下的试验表明黑果腺肋花楸枝条抗寒性的快速锻炼过程依赖于环境温度(图3)。从 -37°C ~ -23°C 的部分脱锻炼也很迅速,同样依赖于环境温度。尽管早春气温不可能高达 20°C ,但在波兰12月上旬 -8°C 和 -11°C 的温度却为常见。因此黑果腺肋花楸枝条抗寒性在 -24°C ~ -36°C 之间时,若环境条件发生变化,其枝条抗寒性会迅速进行锻炼或脱锻炼以适应变化了的环境。另外如图3c所示,12月31日所采枝条在3月15日后置于 20°C 下3天,其抗寒性脱锻炼至 -18.4°C ,但继续在 20°C 下放置8天,其抗寒性却未进一步下降,这似乎表明抗寒性变化还受遗传因子控制。看来抗寒性锻炼和脱锻炼的时间进程是受环境条件和遗传因子共同作用的结果

在抗寒性锻炼过程中植物细胞经历一系列的生物化学和结构上的变化^[5,12]。当阻碍细胞外冰晶入侵和细胞内水分流失的屏障形成后,降温过程中植物组织就会有深超冷并在深超冷水结冰时表现出低温放热。本研究最初观察到的黑果腺肋花楸低温放热起始于 -25°C ,在随后的锻炼过程中降至 -36°C 或 -37°C 。这似乎表明黑果腺肋花楸枝条的抗寒性达 -25°C 时,其导致深超冷的机制才形成,那么深超冷屏障形成前枝条射线细胞、髓组织的抗冻机制是什么?导致深超冷屏障的物质基础和低温放热起始温度波动的物质基础是什么?这些问题还需要进行深入研究。

参 考 文 献

- 1 Burke M J, L V Gusta, H A Quamme *et al.* 1976; *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27: 507~528.
- 2 George M F, M J Burke, H M Pellett *et al.* 1974; *HortScience* 9: 519~522.
- 3 Holubowicz T, K Bojar. 1977; *Fruit Sci. Rep.* 4(1): 19~24.
- 4 Holubowicz T. 1977; *Acta Hort.* 81: 119~122.
- 5 Huner N P A, J P Palta, P H Li *et al.* 1981; *Bot. Gaz.* 142: 55~62.
- 6 Koch H J, H Lehmann, L Schneider. 1982; *Gartenbau* 29(5): 148~150.
- 7 Levitt J. 1972; *Responses of Plants to Environment Stress*. Vol. 1, New York Academic Press. 497 pp. 2nd ed.
- 8 Quamme H A, C Stushnoff, C J Weiser. 1972; *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 608~613.
- 9 Quamme H A, C J Weiser, C Stushnoff. 1973; *Plant Physiol.* 51: 273~277.
- 10 Quamme H A. 1985; *Acta Hort.* 168: 11~30.
- 11 Rajashekar C, M N Westwood, M J Burke. 1982; *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(6): 968~972.
- 12 Russell L W, S J Wallner, J W Waddell. 1990; *Plant Physiol.* 93: 1021~1026.
- 13 Stergios B C, G S Howell. 1973; *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(4): 325~330.
- 14 Tumanov I I, O A Krasavtsev. 1959; *Soviet Plant Physiol.* 6: 663~673.
- 15 Weiser C J. 1970; *Science* 169: 1269~1278.

(责任编辑: 许定发)

新书

《第十一届国际植物园协会大会会议录》即将向国内外发行

由贺善安、P. S. Ashton 和 K. Iwatsuki 主编的《第十一届国际植物园协会大会会议录》刊载1993年9月在无锡召开的第十一届国际植物园协会大会(23个国家和地区199名代表参加)论文39篇,共250页,16开精装,英文,农业出版社出版,1995年12月发行。

本书内容涉及植物多样性与保护、经济植物、园景与植物学科普教育等方面,部分论文题目如下:植物园与国家发展(贺善安等),植物园在植物保护与发展中的作用(P. S. Ashton),生物多样性、植物学与植物园(K. Iwatsuki),野生植物保护的国际合作(V. H. Heywood),植物多样性保护中的生态系统关键物种的作用(许再富),中国稀有濒危植物迁地保护的研究(张洁等),朝鲜植物园稀有濒危植物的保护(Y. S. Kim),热带岛国新加坡植物区系保护战略(W. K. Tan),印度尼西亚爪哇濒危植物概况(Soejono & Roemantyo),匈牙利的植物保护(A. Terpó),泰国的自然保护区和植物园(C. Phengklai),活植物收集圃的定植图管理系统(顾烟等),越南的有用植物与保护(N. N. Thin),茅苍术群体变异的同

工酶论证(朱晓琴等),三种经济植物在水土保持中的作用(毛才良等),中国药用苔藓植物(凌萍萍等),*Glennia philippinensis* 的形态及保护状况(W. Sm. Gruezo),中国东北三种针叶树种种群基因多样性与遗传分化(杨一平),中山杉的培育与推广(陈永辉等),以色列十字花科油料植物的调查(Z. Yaniv *et al.*),臭氧对美国东南部植物影响的评价(H. S. Neufeld *et al.*),水稻-土壤生态系统对 Cu 和 As 污染的缓解作用(陈树元等),秦岭百合科植物的多样性特征及保护途径(崔铁成等),牡丹分类与育种(李嘉珏等),中国古代观赏植物简史(王大钧等),植物园在景观教育中的作用(Ir. Suhirman),植物园与环境教育(J. Willison)等。

本书内容广泛,可供从事植物多样性保护,稀有濒危植物保护,园艺、自然保护区及植物园工作者参考,订购者请先索取订单,联系地址:南京中山门外,江苏省·中国科学院植物研究所陈岳同志,邮编210014。