

SH40 矮化中间砧苹果幼树抗寒性分析

王红宁, 贾林光, 邵建柱, 孙建设

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以 1、2、3、5 a 生 SH 系中间砧“天红 2 号”红富士苹果当年生枝条为试材, 研究了 SH40 中间砧不同年龄、不同时期的抗寒性, 并对枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、淀粉含量等生理指标进行了比较测定。结果表明: 1、2、3 a 生树当年生枝条的抗寒性随树龄的增加显著增强, 而 3 a 与 5 a 生树间的抗寒性则无显著差异; 枝条中可溶性蛋白含量随树龄增大显著升高, 但 3 a 与 5 a 生树间差异不大; 3 a 生树的可溶性糖含量显著高于 2 a 生树, 而 1 a 生树与 2、3、5 a 生树间差异不显著; 枝条内的淀粉含量在不同树龄间无差异。相关分析表明, 苹果枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量与抗寒性呈极显著正相关($r=0.828\sim0.973$), 而淀粉含量与抗寒性在隆冬时期呈显著正相关($r=0.909$), 萌芽前则相关性不显著。

关键词:SH40 矮化中间砧; 苹果枝条; 抗寒性; 树龄

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)17-0016-04

抗寒性是果树对寒冷气候的一种适应与抵御的能力, 既受到果树自身遗传因素的影响, 也与环境及管理技术密切相关。研究果树抗寒性对适地适栽、生产实践、研究开发等都具有重要指导作用^[1-2]。苹果幼树抗寒性较差, 加之地区间气候因子差异较大, 休眠期冻害时有发生, 尤其在高纬度栽培区尤为严重。解除休眠后, 树体抗寒能力随地温、气温的回升而下降, 在苹果适宜栽培区的北界, 由于“倒春寒”时有发生, 仍存在一定的冻害风险。防寒成为幼龄果园管理的重要工作。

目前, 对抗寒性的研究主要集中在田间越冬性观测^[3]、形态组织解剖^[4-6]、生理生化指标测定^[7-9]及分子生物学^[10]等方面, 有关树龄与抗寒性关系的研究仅见于桃树(*Prunus persica*)^[11]、核桃(*Juglans regia*)^[12]、枣树(*Ziziphus jujuba*)^[13]等幼龄树与成龄树间抗寒性调查及比较, 大叶女贞(*Ligustrum lucidum*)^[14]、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)^[15]等成龄树间的抗寒性比较, 而苹果幼树期抗寒性差异及变化规律则鲜见报道。该研究以 SH40 矮化中间砧苹果幼树为试材, 研究了其不同年龄、不同时期的抗寒性及相关生理指标的变化, 以期确定幼树越

冬防寒的关键年龄时期, 为幼树管理、防寒措施的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料取自河北省顺平县阳各庄红富士苹果生产基地, 供试品种为红富士短枝型芽变“天红 2 号”(*Malus domestica* ‘Tianhong2’); 基砧为八棱海棠; 中间砧为 SH40, 树龄为 1、2、3、5 a。株距 2 m, 行距 4 m, 树势中庸, 常规管理, 有灌溉条件。

1.2 试验方法

于 2012 年 1 月 5 日, 随机剪取 3、5 a 生树的当年生枝条各 30 根; 2012 年 3 月 14 日, 随机剪取 1、2、3、5 a 生树上的当年生枝条各 30 根用于试验研究。

1.3 项目测定

1.3.1 苹果枝条抗寒性的测定 用清水将试材清洗干净, 再用去离子水冲洗 3 遍, 洁净纱布拭干表面水分。平均分成 6 份, 为 6 次重复, 将每份材料基部起 20~50 cm 段切成茎段, 选粗细一致的 1 a 生枝段混匀, 平均分装于 7 个自封袋中, 每袋 6 个枝段, 做好标记, 每袋喷少量去离子水, 防止材料过冷化。用变温冰箱作温度处理, 设 6 个温度梯度, 分别为 -10、-20、-25、-30、-40、-78℃, 降温速率为 6℃/h, 至设定温度时保持 12 h, 以 4℃恒温处理为对照。处理完毕的枝条置于 4℃冷藏室中缓慢解冻 24 h, 备用。参照 Wilner^[16]的方法, 用 DDSL-308 型电导仪(上海京科雷磁)测定温育前后的电导值。

1.3.2 苹果枝条中可溶性糖含量、淀粉含量、可溶性蛋

第一作者简介:王红宁(1986-), 女, 河北衡水人, 硕士研究生, 研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail: wanghongning126@126.com.

责任作者:孙建设(1957-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事苹果栽培生理与生物技术研究工作。E-mail: jiansheapple@163.com.

基金项目:国家现代农业产业技术体系专项资助项目(CARS-28)。

收稿日期:2013-04-08

白质含量的测定 每份枝条基部 0~15 cm 段用去离子水洗净擦干后,一部分放于烘箱 105℃ 杀青,75℃ 烘干,粉碎,用蒽酮比色法测定可溶性糖含量及淀粉含量^[17];另一部分用液氮速冻,采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白质含量^[18]。

1.4 数据分析

EL 法所测数据用 Microsoft Excel 2003 计算相对电导率,配合 Logistic 方程用 SPSS 17.0 软件拟合求半致死温度(LT₅₀),并用 DPS v 7.55 对各类枝条的抗寒性数据、生理指标等进行相应方差分析和 *t* 测验。

2 结果与分析

2.1 苹果幼树枝条的抗寒性变化

2.1.1 不同树龄苹果树抗寒性比较 由图 1 可知,1、2、3、5 a 生苹果树的半致死温度分别为 -20.57、-21.68、-22.91、-22.81℃,1~3 a 生苹果幼树枝条的抗寒性随树龄的增长呈增强趋势,半致死温度依次降低,方差分析表明 1、2、3 a 生苹果幼树枝条的半致死温度间存在极显著差异。3 a 和 5 a 生幼树的半致死温度较 1、2 a 生低,且二者之间无明显差异。

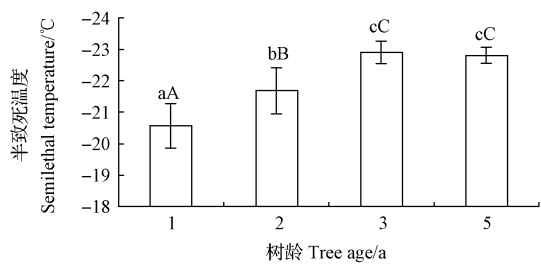


图 1 不同树龄间苹果当年生枝条的抗寒性差异

注:不同大小写字母表示差异达 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 显著水平。下同。

Fig. 1 Differences of cold resistance of apple annual shoots at different tree ages

Note: Different capital and small letters mean significant difference at $P<0.01$ and $P<0.05$ levels respectively. The same below.

2.1.2 3 a 和 5 a 生苹果幼树抗寒性的时期变化 对比研究了 3 a 和 5 a 生苹果幼树隆冬时期与萌芽前苹果当年生枝条抗寒性的变化,由图 2 可知,隆冬时期苹果枝

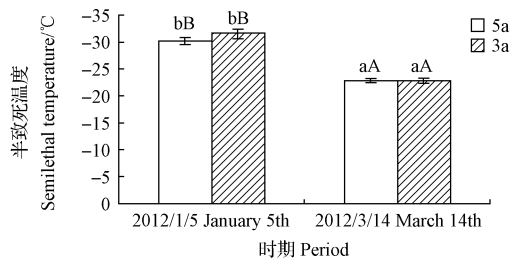


图 2 不同树龄苹果当年生枝条的抗寒性比较

Fig. 2 The cold resistance comparison of apple annual shoots in different periods

条的半致死温度在 -30℃ 左右,至萌芽前升至 -23℃ 左右,半致死温度升高 8~9℃, *t* 测验结果显示,2 个时期枝条的抗寒性差异极显著。可见萌芽前如有异常低温出现,苹果幼树亦有发生冻害的风险。

2.2 苹果当年生枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及淀粉含量变化

2.2.1 不同树龄苹果当年生枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及淀粉含量变化 由表 1 可知,萌芽前 1、2、3 a 生树的可溶性蛋白质含量随树龄增加而显著增加 ($P<0.05$)。可溶性糖含量表现为 3 a 生树含量极显著高于 2 a 生树,而 1 a 与 2 a 生树间差异不显著。3 a 和 5 a 生幼树的当年生枝条中可溶性蛋白质含量和可溶性糖含量均显著高于 1 a 和 2 a 生幼树,而 3 a 和 5 a 生幼树之间可溶性蛋白质含量和可溶性糖含量均无显著差异。淀粉含量在不同树龄间并无显著差异。

表 1 不同树龄苹果幼树当年生枝条中生理指标的变化

Table 1 Changes of some physiological indexes in annual apple shoots of young trees under the different planting years

树龄 Tree age /a	半致死温度 LT ₅₀ /℃	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /mg · g ⁻¹ FW	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	淀粉含量 Starch content /%
5	-22.81cC	2.27abA	6.52aA	1.75aA
3	-22.91cC	2.37aA	6.64aA	1.73aA
2	-21.68bB	2.10bA	5.70bB	1.76aA
1	-20.57aA	1.58cB	5.47bB	1.76aA

2.2.2 3 a 和 5 a 苹果幼树当年生枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及淀粉含量的时期变化 由表 2 可知,3 a 和 5 a 生树当年生枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及淀粉含量在隆冬期至萌芽前含量皆呈下降趋势,分别平均下降 30.1%、41.3%和 42.6%,且 2 个

表 2 3 a 和 5 a 苹果幼树当年生枝条生理指标的变化

Table 2 Changes of physiological indexes between three and five-year-old apple tree in different periods

树龄 Tree age /a	时期 Period	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /mg · g ⁻¹ FW	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	淀粉含量 Starch content /%
3	隆冬期 The mid-winter	3.37aA	11.34aA	3.08aA
	萌芽前 Before the budbreak	2.37bB	6.64bB	1.73bB
	隆冬期 The mid-winter	3.27aA	11.08aA	2.98aA
5	萌芽前 Before the budbreak	2.27bB	6.52bB	1.75bB

表 3

苹果 1 a 生枝条的生理指标与抗寒性的关系

Table 3

Relation between physiological indexes and cold hardness

生理指标-半致死温度 Physiological indexes-LT ₅₀		回归方程 Regression equation	R ²	r
隆冬时期 The mid-winter	可溶性蛋白质含量/半致死温度 Soluble protein/LT ₅₀	$y = -0.5804x^2 - 3.735x - 12.095$	0.686	-0.828 **
	可溶性糖含量/半致死温度 Soluble sugar/LT ₅₀	$y = -0.2892x^2 + 3.9607x - 38.421$	0.970	-0.973 **
	淀粉含量/半致死温度 Starch/LT ₅₀	$y = -5.8495x^2 + 25.77x - 54.662$	0.841	-0.909 **
萌芽前 Before the budbreak	可溶性蛋白质含量/半致死温度 Soluble protein/LT ₅₀	$y = -1.2309x^2 + 1.6533x - 19.981$	0.701	-0.902 **
	可溶性糖含量/半致死温度 Soluble sugar/LT ₅₀	$y = 0.7557x^2 - 10.769x + 15.308$	0.522	-0.832 **
	淀粉含量/半致死温度 Starch/LT ₅₀	$y = -100.95x^2 + 366.06x - 353.14$	0.282	0.510

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。R², 决定系数; r, 相关系数。

Note: * Correlation is significant at the 0.05 level, ** Correlation is significant at the 0.01 level. R², Determination coefficient; r, Correlation coefficient.

时期可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量及淀粉含量间差异极显著,而各时期内 3 a 和 5 a 生幼树之间在这些指标上没有显著差异。可见可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量和淀粉含量的降低可能与其抗寒性降低存在一定的相关性。

2.2.3 萌芽前苹果 1 a 生枝条中可溶性蛋白质含量、可溶性糖质含量及淀粉含量与抗寒性的相关性 由表 3 可知,萌芽前枝条中的可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量与半致死温度呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.902 和 -0.832,而淀粉含量与半致死温度相关性未达显著水平,相关系数仅为 0.510。

3 讨论

前人研究表明,幼龄果树抗冻能力低于成龄树。李疆等^[11]对新疆北疆地区桃树冻害情况进行了调查分析,结果显示幼树的受冻情况比成龄树严重;刘平等^[13]对几个枣品种(系)进行抗寒性研究发现,2 a 生枣发育枝的抗寒性低于 6 a 生及 10 a 生树,而有关苹果幼树的抗寒性差异及规律则鲜见报道。该研究以 1、2、3、5 a 生 SH40 矮化中间砧富士苹果幼树为试材,对其抗寒性进行了测定比较。结果表明,1、2、3 a 生树间枝条的抗寒性随树龄的增加显著增强,而 3 a 与 5 a 生树间的抗寒性则无显著差异。该研究结果表明,SH40 矮化中间砧苹果幼树防寒的关键树龄时期为 1~2 a 生。

可溶性蛋白质是较强的亲水胶体,可以降低组织或细胞的冰点温度,增大细胞的水合度,显著增强细胞保水能力,从而避免原生质在低温下的脱水伤害。研究表

明,可溶性蛋白质含量与抗寒性之间存在明显正相关^[19]。可溶性糖作为渗透调节物质,可提高细胞渗透浓度,降低水势和冰点,增加细胞保水能力,起到冰冻保护剂的作用^[20]。该研究测定 SH40 矮化中间砧苹果幼树抗寒性的同时,对其枝条的可溶性蛋白质含量及可溶性糖进行了平行测定,结果表明随着树龄的增加,1~3 a 生树可溶性糖及可溶性蛋白含量逐渐增加,且与抗寒性呈显著正相关关系,与前人在其它材料上的研究规律一致^[6,14]。

苹果苗木定植的当年由于根系受损,开始生长晚,前期生长慢,叶面积小,光合产物少;后期则生长旺盛,枝梢停长晚,光合产物多用于构建新组织,形成较长的秋梢,由于生长期短,枝条成熟度差,不充实,养分积累少,从而导致树体抗寒性较差。定植后第 2 年,树体恢复正常生长,但树势一般较旺^[21],单枝生长量大,停长晚,贮存营养水平仍然较低,抗寒性较定植当年稍有增强,但仍处于较低水平。随定植年限的延长,树势趋于缓和,贮藏营养增加,树体抗寒性也随之增强。因此,苹果苗木定植当年应尽量创造适宜树体生长的有利条件以缩短缓苗期^[22],定植后第 2 年应采取相应农艺措施调节好树势,控制枝条后期贪青徒长^[23],保持适宜的单枝生长量,从而增加树体的营养贮藏水平,进而增强树体的抗寒性。

因此,生产上尤其在苹果适栽区的北界除在生长季采取相应农艺措施调节树体生长节奏以增加树体贮藏营养水平外,还应在越冬前对 1、2 a 生幼树做好相应的防寒措施,以提高树体越冬防寒能力。对于早

春寒冷的年份还应注意早春防寒以防止树体发生冻害。

参考文献

- [1] 张光弟,丁婕,谢立荣,等. 吴红苹果低温抗寒性研究[J]. 北方园艺, 2009(6):6-8.
- [2] 丁健. 果树抗寒性研究进展[J]. 农业科技与信息, 2011(9):42.
- [3] 李荣富,蒋亲贤,梁艳荣,等. 苹果砧木的抗寒性田间鉴定[J]. 内蒙古农业科技, 2003(6):7-8.
- [4] 余文琴,刘星辉. 荔枝叶片细胞结构紧密度与耐寒性的关系[J]. 园艺学报, 1995,22(2):185-186.
- [5] 郑家基,卢伟,陈利恒,等. 龙眼、橄榄叶片空隙率与耐寒性的关系[J]. 福建农业大学学报, 1996(2):161-164.
- [6] 王淑杰,王家人,李亚东,等. 可溶性全蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究[J]. 北方园艺, 1996(2):13-14.
- [7] 王飞,陈文登,高爱琴,等. 杏品种一年生休眠枝、花、幼果抗寒的相关分析[J]. 西北植物学报, 1999,19(4):618-622.
- [8] 杨建民,李艳华,杨敏生,等. 几个仁用杏品种抗寒性的比较[J]. 中国农业科学, 1999,32(1):46-50.
- [9] 陈钰,郭爱华,姚延涛. 6个杏品种1年生休眠枝的抗寒性研究[J]. 西北林业科学, 2007,36(4):113-115.
- [10] 王国莉,郭振飞. 植物耐冷性分子机理的研究进展[J]. 植物学通报, 2003,20(6):671-679.
- [11] 李疆,刘玲,李芳,等. 干寒区桃树的冻害分析及防寒栽培技术[J]. 新疆农业大学学报, 2003,26(3):43-46.
- [12] 王勇,宋宇琴,田建保,等. 核桃枝条电解质渗出率与抗寒性的关系

[J]. 江西农业大学学报, 2007,29(2):230-233.

- [13] 刘平,张雷杰,张钢,等. 几个新选育优良枣品种(系)的抗寒性评价[J]. 河北林果研究, 2009,24(4):423-426.
- [14] 林艳,郭伟珍,徐振华,等. 大叶女贞抗寒性及冬季叶片丙二醛和可溶性糖含量的变化[J]. 中国农学通报, 2012,28(25):68-72.
- [15] 李俊辉,李秧秧. 立地条件和树龄对刺槐叶形态及生理特性的影响[J]. 水土保持研究, 2012,19(4):176-181.
- [16] Wilner J J. Note on an electrolytic procedure for differentiating between frost injury of roots and shoots in woody plants[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1959,39:512-513.
- [17] 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, 2000:67-169.
- [18] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科技出版社, 1985:134-138.
- [19] Wallis F G, Wang H, Guerra D J. Expression of a synthetic antifreeze protein in potato reduces electrolyte release at freezing temperatures[J]. Plant Molecular Biology, 1997,35(3):323-330.
- [20] 岳英,鲁晓燕,杨小娟,等. 梨抗寒性生理指标的筛选[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2011,29(5):551-556.
- [21] 唐永辉,田琳,李仕凯,等. 荣成市的苹果矮砧宽行密植集约化栽培[J]. 落叶果树, 2013,45(2):12-13.
- [22] 宋春晖,余拱鑫,张庆伟,等. 苹果苗木类型和栽植时间对幼树生长特性的影响[J]. 果树学报, 2013,30(1):81-87.
- [23] 赵树春,赵亮. 矮砧苹果幼树的田间管理[J]. 新农业, 1992(10):20-21.

Analysis of Cold Hardiness of Young Apple Trees with SH40 Dwarf Interstock

WANG Hong-ning, JIA Lin-guang, SHAO Jian-zhu, SUN Jian-she

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking the annual shoots of 1 a, 2 a, 3 a and 5 a ‘Tianhong 2’ Fuji apple cultivars grafted on SH40 dwarfing interstocks as material, the cold hardiness of different age and period were studied, and some physiological indexes of soluble protein, soluble sugar and starch contents in branches were compared and determined. The results showed that the cold hardiness was significantly enhanced with the age increasing ($P < 0.01$) in 1 a, 2 a, 3 a trees, but no significant difference between 3 a and 5 a apple trees ($P > 0.05$). The content of soluble protein obviously increased with the age increasing ($P < 0.05$), but there was no significant difference between 3 a and 5 a apple trees ($P > 0.05$). The content of soluble sugar in 3 a apple trees was significantly higher than that in 2 a apple trees ($P < 0.01$), while no significant difference between 1 a and 2 a apple trees, as well as between 3 a and 5 a trees. However, there was no significant difference in the starch content of trees at different ages ($P > 0.05$). Correlation analysis showed that the soluble protein and soluble sugar content were positively correlated with cold hardiness of apple trees in the midwinter and before the budbreak ($r = 0.828 \sim 0.973$). There was a positive correlation between starch content and cold hardiness in the midwinter ($r = 0.909$), but no significant correlation before the budbreak ($P > 0.05$).

Key words: SH40 dwarfing interstocks; *Malus pumila* branch; cold hardiness; tree age