

杨树抗寒性研究进展

王剑峰 (国有黑山县机械林场, 辽宁黑山 121400)

摘要 介绍了我国有关杨树抗寒性的生理生化机制、抗寒性综合评价、抗寒良种选育等方面的研究现状, 以为杨树抗寒良种选育、不同地区杨树品种的科学推广应用提供科学依据。

关键词 杨树; 抗寒性; 综合评价; 杂交育种; 基因工程

中图分类号 S 792.11 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)30-0010-03

Research Progress of Cold Resistance of *Populus* spp.

WANG Jian-feng (State-owned Heishan Mechanical Forest Farms, Heishan, Liaoning 121400)

Abstract Research progress of physiological and biochemical mechanism, comprehensive evaluation of cold resistance, selective improved variety of *Populus* spp. was reviewed. It can provide scientific basis for breeding cold resistance improved variety and popularization and application of *Populus* spp.

Key words *Populus* spp.; Cold resistance; Comprehensive evaluation; Cross breeding; Genetic engineering

杨树(*Populus* spp.)是世界上分布最广、适应性最强的树种。杨树分为黑杨派、白杨派、青杨派、大叶杨派和胡杨派。我国杨树资源丰富, 5大派在我国均有分布, 从新疆到东部沿海, 北起黑龙江、内蒙古南到长江流域共 53 种, 特有种 35 种^[1]。杨树用途广泛, 是建立速生丰产林的主要树种, 是调节水分、防风固沙、减少水土流失的理想树种。但是, 在我国北方地区, 随着林业科技成果的广泛应用, 杨树新品种的大力推广, 树木在生长过程中经常会遇到低温胁迫, 尤其是在晚秋和早春时期, 气温的骤然下降和冻融循环会对树木产生极大伤害。因此, 研究杨树抗寒性机制, 选育不同抗寒能力的杨树品种, 以解决我国北方不同地区杨树生产上缺乏速生、抗逆性又强的更新换代品种的问题, 对杨树速生丰产林的发展具有重要意义。

1 抗寒生理生化机制

低温伤害是杨树生长发育过程中的一个主要限制因素, 严重影响植株生长甚至造成植株死亡, 是较为常见的自然灾害。20 世纪以来, 人们逐渐认识到细胞内结冰、生物膜系统机构破坏是低温引起植物受害的原因。植物遭受低温伤害时, 生物膜发生膜脂的物相变化, 膜脂从液晶相变成凝胶相, 膜上产生龟裂, 膜透性增大, 细胞生理代谢功能紊乱^[2]。膜脂中的类脂和脂肪酸成分明显影响着膜脂的相变温度, 增加膜脂中不饱和脂肪酸的含量能降低膜脂的相变温度, 因此, 不饱和脂肪酸的含量与植物抗寒性有关^[3], 植物可提高不饱和脂肪酸的含量和比例来提高抗寒性^[4-6]。植物细胞内自由水、束缚水含量也会影响植物抗寒性, 植物在遭受低温胁迫时, 会降低组织细胞内的含水量, 以提高抗寒性^[7]。在低温逆境下, 植物体内常常积累大量渗透调节物质, 包括甜菜碱、脯氨酸和可溶性糖等来提高细胞渗透势, 降低细胞水势, 减少水分流失, 以提高植物抗寒性^[8-10]。研究证实, 植物体内存在酶保护系统, 包括超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)等以清除低温胁迫时植物体内

过剩的 O₂^[11]。杨树的抗寒性受多种因素影响, 抗寒生理过程错综复杂, 杨成超研究认为, 低温并非杨树越冬死亡的充分条件, 负积温与杨树越冬死亡无明确因果关系, 冻融循环比持续低温对杨树造成的伤害更大, 同时提出杨树越冬死亡相关的抗冻度、有效冻融和抗冻融度 3 个概念及有效冻融伤害累积效应假说^[12]。

2 抗寒性综合评价

杨树是一个比较抗寒的树种, 但随着林业科技成果的广泛应用, 杨树新品种的抗寒能力在实际栽培中存在较大差异, 对各种环境的适应性表现极为不同。郑强卿等测定杨树 8 个抗寒指标, 采用模糊数学隶属函数法对不同品种抗寒性进行综合评价, 得出银×新抗寒性较强^[13]。李晓宇等采用 11 个杨树无性系的 1 年生枝条为试验材料, 以 4 次冻融处理后(-40℃放置 24 h 然后转入 20℃放置 24 h)的枝条萌芽率为抗寒性的衡量指标, 从生理生化物质、物理性状、生长性状、物候期等方面进行研究, 筛选出与抗寒性极显著或显著相关的 5 个指标进行综合评价, 得出 11 个品种抗寒性的顺序为小黑杨>小美早>中绥 12>小叶杨>3016 杨>108 杨>沙兰杨>辽育 3>97 杨>中辽 1 号>L35, 并将其抗寒性划分为 4 类^[14]。史清华等采用电导法和原子吸收分光光度法, 分别测定了 5 个杨树无性系一年生休眠苗不同低温处理后的电导率及 K⁺ 渗出率, 测算出各无性系组织半致死温度在 -25℃~-32℃, 并对各无性系抗寒性进行了综合评定, 结果表明, 无性系间抗寒性差异较大, 5 个无性系抗寒性排序是: 57×新>84K>意 101 杨、新疆杨>毛白杨 30 号^[15]。杨志岩等采用模拟自然界冬季温度变化的某些特征, 用不同的低温和变温条件对不同杨树品种 1 年生休眠苗木和离体材料进行胁迫, 认为持续的低温对不同杨树具有一定的伤害, 但高温和低温的变温对不同杨树伤害更大, 而且变化幅度越剧烈, 造成伤害越严重; 试验得出马氏杨、小叶杨、小黑杨、辽胡杨、小美早杨、青山杨抗寒性较好, 中绥 12 杨、辽宁杨、荷兰 3016 杨、沙兰杨抗寒性中等, 欧美 108 杨、丹红杨抗寒性最差, 与生产应用结果基本一致^[16]。杨素平采用自然越冬冻害调查及电导率测定法对黑龙江主要速生杨树品种抗冻性进行评

作者简介 王剑峰(1969—), 男, 辽宁锦州人, 工程师, 主要从事林业管理工作。

收稿日期 2018-06-19

价,认为 A5、A100、小黑杨和荷兰 3930 具有一定的抗寒能力^[17]。陈奕吟等以胡杨愈伤组织作为材料,检测了胡杨愈伤组织在低温锻炼过程中抗寒性、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量以及 SOD、CAT、POD 活性的变化,结果显示低温锻炼(2℃)不仅提高了胡杨愈伤组织的抗寒性及脯氨酸、可溶性蛋白的含量,且增强了 SOD、CAT 等抗氧化酶的活性^[18]。余观夏等利用差热分析法(DTA 法)、核磁共振法(NMR 法)和顺磁共振法(ESR 法)分别获得杨树无性系 I-69 杨和 I-45 杨体内过冷水相变时的温度图谱,并对图谱进行了分析,认为 3 种方法测定植物的过冷温度中,NMR 法所测得的较准确;I-45 杨的抗寒性优于 I-69 杨,I-69 杨的过冷温度是-14℃左右,I-45 杨的过冷温度是-20℃左右^[19]。李晶等对当地试验林内表现较好的 8 个无性系进行低温冷冻和生长恢复试验,得出 8 个无性系抗寒能力顺序为 A5-10(美黑×甜杨)>98-68-200(美黑×小叶)>2111(DN113×小黑)>黑青杨(中荷 64×大青杨)>031950(欧黑×小黑)>030703(欧黑×青山杨)>小黑杨(小叶×欧黑)>10(欧美杨)^[20]。吴飞等以银×新、北美速生杨 1 号、抗虫杨、抗盐碱杨 4 种杨树一年生扦插苗为试验材料,探讨不同杨树品种抗寒生理、生化指标的变化及与抗寒性的关系,结果表明,不同品种杨树的抗寒生理指标表现出明显差异,各杨树品种的抗寒性差异显著^[21]。

3 抗寒良种选育

抗寒育种是减少杨树冻害发生的根本途径,长期以来,我国育种专家已经选育出很多抗寒性较强的杨树新品种,为减少杨树冻害损失起到重要作用。通过正确的选择杂交亲本和杂交方式,选育出既抗寒又速生的杨树新无性系是可能的^[22],采用人工杂交进行基因重组仍然是当前杨树抗寒育种的主要手段。

我国早期从杨树天然杂交种中先后选育出赤峰杨(17 号、34 号、36 号)、白城杨、麻皮二白杨、山海关杨和锦县小钻杨等,这些品种具有速生、抗寒、耐旱等特性。近年来,吴祥云等从阜新蒙古族自治县化石戈乡欧洲黑杨与当地乡土树种天然杂交种中选育出速生耐寒的化石戈杨^[23]。沈阳新民机械化林场从黑杨派与青杨派的天然杂交种中选育出新林 1 号杨,具有速生、抗寒、易繁殖等特点^[24]。

自 1946 年叶培忠首次开展杨树杂交试验以来,许多林木育种工作者针对我国东北、华北及西北北部高寒地区的生态环境,开展了杨树抗寒杂交育种工作,培育出许多速生耐寒优良品种,其中以青杨派和黑杨派的抗寒杂交育种居多,杂交方式有单交、三交和多交。徐纬英以青杨为母本、钻天杨为父本,选育出北京杨 3 号、0567 号和 8000 号^[25]。鹿学程以赤峰杨为母本,美杨、加拿大杨、青杨为父本,进行多父本授粉,选育出昭林 6 号杨,成为内蒙古地区主要的栽培品种^[26]。符毓秦等通过人工杂交选育出陕林 1 号(大关杨×钻天杨)、陕林 2 号(日本白杨×北京杨)、陕林 3 号(I-69 杨×美洲黑杨)和陕林 4 号(I-69 杨×青杨)^[27-28]。刘培林等选育出黑林 1 号(小黑×波)、黑林 2 号(小黑×黑小)、黑林 3 号(青

黑×黑)^[29]。董雁等以辽河杨×鞍杂杨、辽河杨×荷兰 3930、辽宁杨×D189 杨为杂交组合,选育出抗寒速生杨树新品种辽育 1 号、2 号、3 号,成为当地主要推广品种^[30-31]。王庆斌等 1983 年从中国林科院引进的美黑×青杨杂种无性系,经过 20 年试验研究,选育出抗寒速生杨树新品种中牡 1 号杨^[32]。近年来,关于杨树抗寒方面的杂交试验有: I-101×84K^[33]、美洲黑杨×大青杨^[34]、美洲黑杨×青杨^[35]、银白杨×毛白杨^[36]、欧美杨 107×大青杨^[37]。

4 基因工程育种

人工杂交育种存在育种周期长,难于突破远缘杂交障碍等问题,且受环境条件、季节、地域等因素影响。基因工程技术是在 DNA 分子水平上直接引入目的基因,然后经过筛选与鉴定,达到改良目的,而且可以打破种间界限,缩短育种周期,使常规育种技术难以解决的一些问题可能得到解决。李春霞从胡萝卜中克隆出抗冻蛋白(AFP),并将其导入山杨,获得 4 株卡那霉素抗性苗,经 PCR 检测分析,其中 1 株呈阳性,表明 AFP 基因已成功转入山杨基因组中^[38]。冯连荣等以美洲黑杨 D189 和辽宁杨为杂交亲本,利用花粉管通道法,将携带山葡萄 CBF3(VaCBF3)基因的质粒导入杨树中,共获得了 52 株转化后代,经 PCR 检测,有 5 株扩增出目的条带,初步推断目的基因已导入到杨树中^[39]。赵鑫闻利用花粉管通道技术将银白杨总 DNA 导入辽宁杨×N001,发现 4 株明显具有供体银白杨的表型特征,AFLP 分子鉴定表明,4 株变异植株均为外源银白杨 DNA 的阳性转化植株^[40]。目前杨树抗寒基因工程育种虽然已成功导入一些抗性基因,但多为单一的功能基因,杨树的抗寒性是受多基因控制的,通过导入这些功能基因在提高杨树抗寒性方面可能还不够理想。

5 小结

低温胁迫引起的植物抗寒性反应是一个非常复杂的生理生化过程,关于杨树抗寒性的研究中,根据杨树越冬伤害原理,室内模拟越冬伤害过程,从生理、生化方面对杨树品种抗寒性进行综合分析评价作为当前研究的主要方面,也是比较科学的。从生理生化综合评价出发,以此为依据进行杂交亲本选配进而人工杂交,培育具有抗寒等优良特性的杨树新品种,或抗寒引种试验应该为当前乃至以后研究的主要内容,具有很强的实际指导意义。我国在杨树抗寒常规杂交育种取得了很大的成就,选育的抗寒速生良种在林业生产中发挥了巨大作用。基因工程育种具有育种周期短、目的性强等特点,是常规育种无法比拟的。因此,两种育种方法各有所长,在杨树抗寒遗传改良研究中,将生物技术育种与传统杂交育种有机结合起来,不断改良现有的优良品种,也是研究的主要方向。

参考文献

- [1] 胡建芳,陈建中,姚延涛.杨树抗寒性研究进展[J].世界林业研究,2011,24(3):32-36.
- [2] 沈漫,王明麻,黄敏仁.植物抗寒机理研究进展[J].植物学通报,1997,14(2):1-8.
- [3] 张红,简令成,李广敏.植物抗寒剂提高黄瓜幼苗抗寒力及细胞膜系统冷稳定性的研究[J].植物学通报,1994(S2):154-162.
- [4] 吴楚,王政权.膜脂变化与植物抗寒性及 H₂O₂相位形成的关系[J].湖北

- 农学院学报,2000,20(1):84-89.
- [5] 熊曦,吴彦奇,李西.狗牙根抗寒性生理生化研究进展[J].草业科学,2001,18(3):39-41,45.
- [6] 吴广霞,唐献龙,杨德光,等.植物低温胁迫生理研究进展[J].作物杂志,2008(3):17-19.
- [7] 简令成.影响植物抗寒力的几个因素[J].植物杂志,1981(6):11-13.
- [8] 于同泉,谷建田.逆境中植物体内甜菜碱的积累及其生物学意义[J].北京农学院学报,1994,9(2):161-167.
- [9] 马千全,邹琦,李永华,等.根施甜菜碱对水分胁迫下小麦幼苗水分状况和抗氧化能力的改善作用[J].作物学报,2004,30(4):321-328.
- [10] 邱乾栋,吕晓贞,藏德奎,等.植物抗寒生理研究进展[J].山东农业科学,2009(8):53-57.
- [11] 姚延梅.华北落叶松营养成分及酶活性与抗逆性研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [12] 杨成超.杨树越冬死亡的有效冻融伤害累积效应[J].西北林学院学报,2017,32(6):12-17.
- [13] 郑强卿,李铭,李鹏程,等.不同杨树抗寒性生理指标评价[J].林业实用技术,2012(5):5-8.
- [14] 李晓宇,杨成超,彭建东,等.杨树苗期抗寒性综合评价体系的构建[J].林业科学,2014,50(7):44-51.
- [15] 史清华,高建社,王军,等.5个杨树无性系抗寒性的测定与评价[J].西北植物学报,2003,23(11):1937-1941.
- [16] 杨志岩,彭建东,张妍,等.杨树品种变温胁迫试验及抗冻性评价[J].林业科技开发,2010,24(6):29-33.
- [17] 杨素平.黑龙江省主要速生杨树生长及抗逆性评价[D].哈尔滨:黑龙江大学,2010.
- [18] 陈奕吟,陈玉珍.低温锻炼对胡杨愈伤组织抗寒性、可溶性蛋白、脯氨酸含量及抗氧化酶活性的影响[J].山东农业科学,2007(3):46-49.
- [19] 余观夏,阮锡根,封维忠,等.杨树无性系超冷现象分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2006,30(2):67-70.
- [20] 李晶,王福森,李树森,等.几个杨树新品种抗寒性测定试验[J].防护林科技,2012(1):59-61.
- [21] 吴飞,朱生秀,向江湖,等.自然越冬过程中不同杨树品种的抗寒生理指标分析[J].湖北农业科学,2017,56(5):881-884.
- [22] 杨秀艳,姜磊,李树卿,等.杨树新无性系生长及抗寒性的比较[J].河北林业科技,2003(6):7-9.
- [23] 吴祥云,丁瑞军,白树清,等.化石杨(*Populus xhuashigensis*)生物生态学特性[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2009,28(6):1007-1009.
- [24] 杨宏.新林1号杨选育技术[J].南方农业,2017,11(3):111-115.
- [25] 徐纬英.杨树[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社,1988:370-400.
- [26] 鹿学程.昭林六号杨杂交育种[J].内蒙古林业科技,1985(1):18-26.
- [27] 符毓秦,吴妙峰,王忠信,等.陕林1号和陕林2号杨树无性系的选育[J].陕西林业科技,1982(1):9-18.
- [28] 符毓秦,刘玉媛,李均安,等.美洲黑杨杂种无性系——陕林3,4号杨的选育[J].陕西林业科技,1990(2):1-9.
- [29] 郝文杰,刘培林,赵吉恭,等.黑林1号、2号、3号杨的选育与区试[J].林业科技,1992(4):13-16.
- [30] 董雁,王丽君,王胜东,等.抗寒速生杨树新品种辽育1号、辽育2号选育的研究[J].辽宁林业科技,2003(2):1-3.
- [31] 梁德军.辽育3号杨新品种选育及特性研究[D].北京:中国农业科学院,2010.
- [32] 王庆斌,张玉波,刘国刚,等.中牡1号杨引种选育[J].东北林业大学学报,2003,31(2):17-19.
- [33] 王情世.2个杨树新无性系抗寒性与叶片旱生结构研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [34] 江锡兵.美洲黑杨与大青杨杂种无性系遗传变异研究[D].北京:北京林业大学,2011.
- [35] 李晓东.美洲黑杨×青杨派杂种无性系抗寒性测定研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [36] 曹佳乐.银白杨×毛白杨新杂种无性系抗寒性与叶片旱生结构研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [37] 张洁.欧美杨107杨×大青杨杂种子代生长、形态和抗寒性研究[D].保定:河北农业大学,2012.
- [38] 李春霞.抗冻蛋白基因对山杨等植物遗传转化的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2003.
- [39] 冯连荣,王占斌,尹杰,等.花粉管通道法介导山葡萄 *VaCBF3* 基因转化杨树的初步研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(5):500-504.
- [40] 赵鑫闻.利用花粉管通道技术将外源银白杨 DNA 导入黑杨[J].植物学报,2016,51(4):533-541.

(上接第9页)

- [22] 李文佑,彭浩民,荣本强.频振式杀虫灯和黄板防控葡萄害虫的试验初报[J].广西植保,2017,30(2):14-15.
- [23] 高宇,韩琪,刘杰,等.色板诱杀技术的防治对象和常用颜色谱[J].北方园艺,2016(4):120-124.
- [24] 余金咏,赵春明,周金花.10种色板对酿酒葡萄3种主要害虫的诱捕效果[J].中国植保导刊,2013,33(4):24-27.
- [25] 余金咏,赵春明,周金花.10种色板对鲜食葡萄3种主要害虫的诱捕效果[J].天津农业科学,2013,19(2):38-41.
- [26] 周金花.葡萄主要害虫对不同颜色板的趋性研究初报[J].河北果树,2015(3):8-13.
- [27] 周金花.10种色板对葡萄蚜虫和蓟马的诱捕效果[J].河北果树,2014(3):9-11.
- [28] 扈丹.关中地区葡萄二黄斑叶蝉生物学及黄板诱杀效果的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [29] 任朝亮,耿坤,张斌,等.不同悬挂高度和密度黄板对葡萄斑叶蝉的诱杀效果[J].贵州农业科学,2016,44(2):93-95.
- [30] 周建波,黄大庄,温秀军,等.黄板诱杀技术在防治葡萄斑叶蝉成虫中的应用研究[J].河北林果研究,2008,23(2):187-190.
- [31] 杨志洁,杨丽琼,肖开提,等.黄板对葡萄斑叶蝉的诱捕效果[J].中国果树,2009(6):74-75.
- [32] 吐努合·哈米提.吐鲁番地区白星花金龟的发生规律及绿色防控技术研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
- [33] 王少山,周天跃,刘政,等.石河子白星花金龟发生为害调查研究[J].中国农学通报,2011,27(18):288-292.
- [34] 杨政海.清水江流域吸果夜蛾种类及其防治研究[J].应用昆虫学报,1992,29(4):207-208.
- [35] 刁书炳,宋春河.糖醋液防治吸果夜蛾[J].烟台果树,1992(1):48.
- [36] 蓝毓涛,刘桂泉,陈新金,等.葡萄吸果夜蛾类观察及防治试验[J].中外葡萄与葡萄酒,1985(3):32-36.
- [37] 吴英杰,刘金龙.昆虫性信息素在害虫防治中的应用[J].山西农业科学,2009,37(8):60-62.
- [38] 蒋耀培,钱光莲.性诱剂诱杀葡萄蓟马效果显著[J].植保技术与推广,1996,16(3):22-23.
- [39] 黄志琼.葡萄园应用性诱剂诱捕斜纹夜蛾效果试验[J].南方农业学报,2012,43(4):458-461.
- [40] 曹盼盼,路常宽,王晓勤.绿盲蝽性诱剂在葡萄园诱捕效果及种群动态监测[J].植物保护学报,2016,43(3):523-524.
- [41] 羌焯,朱明华.不同性诱剂对棉铃虫诱集效果评价[J].浙江农业科学,2012(10):1435-1436.
- [42] 吉训聪,岳建军,陈海燕,等.4种甜菜夜蛾性诱剂大田诱捕效果比较[J].长江蔬菜,2010(18):22-24.
- [43] 杨峻,林荣华,袁善奎,等.我国生物源农药产业现状调研及分析[J].中国生物防治学报,2014,30(4):441-445.
- [44] 覃杨,鲁会玲,肖丽珍,等.生物农药对哈尔滨地区露地葡萄病虫害的防控效果[J].黑龙江农业科学,2015(5):51-53.
- [45] 刘勇,王泽琼,王会良,等.五种生物农药对三种葡萄害虫的防效比较[J].湖北农业科学,2013,52(22):5473-5475.
- [46] 张珣,周莹莹,李燕,等.植物源杀虫剂对葡萄绿盲蝽和斑叶蝉的防治效果[J].科技导报,2014,32(12):36-40.
- [47] 赵荣华,陈光,蔡军社,等.3种植物源杀虫剂对葡萄叶蝉的防治效果[J].安徽农业科学,2013,41(19):8446,8448.
- [48] 阿衣巴提·托列吾,张以和,潘卫萍,等.四种生物源农药对葡萄斑叶蝉的防效评价[J].新疆农业科学,2012,49(8):1461-1465.
- [49] 吐努合·哈米提,潘卫萍,王惠卿,等.三种植物源杀虫剂对白星花金龟的毒力测定[J].新疆农业科学,2011,48(2):348-351.
- [50] 唐二平,张传根.几种植物源农药对茶园斜纹夜蛾的控制效果评价[J].安徽农业通报,2017,23(9):81,90.
- [51] 应霞玲,陈若霞,古斌权.病毒类生物农药对斜纹夜蛾田间种群的控制作用[J].浙江农业科学,2000(5):233-235.
- [52] 邓劲松.生物农药印楝素防治蔬菜斜纹夜蛾试验[J].植物医生,2015,28(2):32-33.
- [53] 杨挺,巫维,张飒,等.不同粘虫板防治葡萄蓟马试验初报[J].四川农业科技,2016(2):38-42.