

金叶榆抗逆性研究进展*

周玉敏

(湖北生态工程职业技术学院, 湖北 武汉 430200)

摘要 金叶榆 (*Ulmus pumila* 'Jinye') 是我国具有自主知识产权的彩叶植物树种, 不仅观赏价值高, 且生长迅速、耐强度修剪、抗逆性强, 为我国寒冷、干旱及盐碱地区提供了一个乔灌皆宜的优良彩叶植物新品种。分别从金叶榆的抗寒性、抗旱性、抗涝性、抗盐碱性以及光胁迫对其叶色的影响等方面进行总结, 概述了金叶榆抗逆性研究的意义、近年来的研究进展, 并总结了当前研究的侧重点。最后指出, 金叶榆是研究金色叶形成机理的良好材料, 目前其抗逆性在分子和基因层面的研究还有待发掘, 开展研究可为金叶榆的推广应用提供理论依据。

关键词 金叶榆; 抗逆性; 抗寒性; 抗旱性; 耐水涝; 耐盐碱

中图分类号: S68 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053(2018)01-0112-04

Research Progress on Resistance of *Ulmus pumila* 'Jinye'

ZHOU Yumin

(Hubei Ecology Polytechnic College, Wuhan, Hubei 430200, China)

Abstract *Ulmus pumila* 'Jinye' is famous for its golden bright leaves, its ornamental period last from spring to the autumn. *U. pumila* 'Jinye' not only has a high ornamental value, but also has a strong resistance. Based on the cold resistance, drought resistance, waterlogging resistance, salinity tolerance and the effects of light stress on its leaf color, this paper summarizes the significance of the research on the resistance, the research progress in recent years of the plant and summed up the focus of the current research. Finally, it is pointed out that it is a good material for studying the formation mechanism of golden leaves, and the research on the molecular and genetic aspects of the study of resistance to stress is still to be explored, which can provide a theoretical basis for the popularization and application of *U. pumila* 'Jinye'.

Key words *Ulmus pumila* 'Jinye'; resistance; cold resistance; drought resistance; waterlogging resistance; salinity tolerance

金叶榆 (*Ulmus pumila* 'Jinye'), 系榆科 (Ulmaceae) 榆属落叶乔木或灌木, 是育种工作者从家榆 (*Ulmus pumila*) 实生苗中选育出的新型彩叶树种^[1]。金叶榆以其叶片亮丽金黄而闻名^[2], 具有较高的观赏价值; 又因其具有根系发达、耐瘠薄、水土保持力强, 抗逆性强等特性, 能够适应我国东北、西北寒温带地区的气候^[3], 因而在这些地区常被用作行道树、彩色绿篱和孤植风景树, 其在很大程度上丰富了这些地区单调的植物景观^[4]。

逆境 (环境胁迫) 是指不利于植物生存和生长的环境条件; 在逆境条件下, 为保护植物体自身, 避免不良环境对植物体产生损害, 植物体会出现相应的一系列生理变化, 这就是植物的抗逆性^[5], 例如, 在一定 NO₂ 浓度下, 深山含笑 (*Michelia maudiae*) 等不同植物叶片气体交换参数及相对叶绿素含量等生理生态指标会有不同^[6], 高温高湿条件下, 红花荷 (*Rhodoleia championii*) 等园林植物的叶片相对含水量、细胞质膜相对透性、可溶性蛋白

* 第一作者: 周玉敏 (1972—), 女, 教授, 主要从事园林植物的教学与研究, E-mail: 1392954059@qq.com。

含量和超氧化歧化酶(SOD)活性等生理生化指标会有差异^[7]，灰木莲(*Manglietia glauca*)幼苗在不同的Cd²⁺浓度下，其叶片的保护酶活性、丙二醛(MDA)浓度、游离脯氨酸含量、蛋白质含量会有差异性变化^[8]，这些都是植物的抗逆性体现。金叶榆抗逆性强，在遇到低温、干旱、盐碱等不良环境条件能做出有效响应，这是其能适应广大栽培环境的基础^[9]。近年来，国内许多科研工作者对金叶榆的抗寒性、抗盐碱性、抗旱性等展开了诸多研究，对金叶榆抗性方面进行了多层面的探索，同时也推广了金叶榆在园林景观中的应用。

1 金叶榆抗寒性研究进展

低温是影响植物地理分布和移栽成活的关键因子之一，当外界温度显著低于植物的最适温度但又未达到致死温度时，植物尽管能维持生命，但其营养器官的代谢功能将会停滞，植物的生长发育也将停止，而这会极大降低植物的观赏价值^[10]。刘滨红等^[2]调查研究发现，金叶榆能耐-36℃低温，其生长区域最北可至我国黑龙江省、内蒙古自治区，同时金叶榆在哈尔滨地区能够旺盛生长，保持亮黄鲜艳的叶色，能呈现出良好的景观效果。金叶榆特殊的抗寒性，对改良栽培植物有着十分重要的意义^[11]。

目前国内关于金叶榆抗寒机理的研究，主要是通过测定材料低温胁迫处理后与抗寒性相关的生理生化指标，统计分析二者的联系与变化规律，由此对植物体的抗寒性做出评估，并提出相应的园林应用建议等。

代波等^[12]研究发现：低温胁迫处理后的金叶榆和家榆枝条的相对电导率和K⁺相对外渗率均大体呈S型曲线变化；通过对比半致死温度与枝条生长恢复观测结果得出，金叶榆的抗寒能力要比家榆略低。段龙飞^[13]对家榆和金叶榆的枝条进行低温胁迫试验，分析二者的电导率、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量和脯氨酸含量等抗寒性生理指标，研究发现脯氨酸、淀粉的含量与电导法测得的抗寒性之间存在显著的负相关关系，同时研究发现金叶榆和家榆都具有很强的抗寒性，但二者抗寒性无显著差异。江东华等^[14]研究发现，通过测定低温胁迫后3种彩叶乔木的离体枝条的相对电导率、脯氨酸含量、MDA含量的差值来评估树种的抗寒能力是卓有成效的方法，低温胁迫后金叶榆细胞相对

电导率相比于紫叶稠李(*Padus virginiana* 'Canada Red')而言不够稳定，而脯氨酸含量积累和丙二醛(MDA)含量变化量皆介于紫叶稠李和金叶糖槭(*Acer negundo* 'Aurea')之间，因而认为金叶榆的抗寒性强于金叶糖槭而弱于紫叶稠李。其研究还指出植物的耐寒力是由诸多内外因素决定的，引种时应注意系统全面的评估各树种的抗寒性，避免因盲目引种造成不必要的损失。

上述研究结果表明，反映金叶榆抗寒性强弱的主要生理指标有：可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、丙二醛含量等；金叶榆是具有强抗寒能力的植物，但在与家榆抗寒能力强弱的比较上，代波等^[12]和段飞龙^[13]的研究结论不一致，这仍有待后续研究。以上与抗寒指标相关的物质皆与细胞膜结构相关，Nagao M等^[15]研究表明，植物在遇到低温胁迫时，其细胞质膜结构、细胞膜通透性、组织内物质等都会产生相应变化，因而在低温胁迫条件下，如果植物体保持生物膜系统功能及结构的稳定性能力越好，则植物的耐寒性越强。

2 金叶榆抗旱性、耐涝性研究进展

水分是植物生命活动的基础，植物的初级代谢和次级代谢都离不开水分^[16]。植物的抗旱性是一个复杂的性状^[17]，植物的形态解剖构造、水分生理形态等是形成抗旱机制的基础，在遭遇干旱胁迫时，组织细胞、光合器官及原生质等会做出综合的反应^[18]。金叶榆根系发达，人们十分关注于其既可耐干旱贫瘠，又能耐水湿的特性，近年来不少研究者就此展开了研究。

曹书敏等^[19]研究比较了家榆和金叶榆的耐旱性，在轻度、中度、重度水分胁迫处理条件下，利用荧光测量系统测定试验苗的光合指标、蒸腾速率和荧光参数。其研究表明，随着水分胁迫程度的加剧，家榆和金叶榆光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、气孔导度均呈下降趋势，同时水分胁迫程度越高，后者光合速率下降的幅度与前者相比越小；即在同等干旱条件下，金叶榆的抗干旱能力和水胁迫下的调节能力比家榆强，其在适应重度干旱环境时的潜力也更大。

在水涝胁迫条件下，水分充满土壤导致供氧不足，植物根系若是长时间处于缺氧的状态，其有氧呼吸减弱将会显著影响无机盐和养分的吸收和运输，进而对植物的生长发育造成影响^[20]。在植物

抗旱生理研究中, SOD、POD (过氧化物酶) 酶活性以及脯氨酸含量变化常被作为衡量抗旱性的重要指标, 如侯嫦英等^[21]在研究青檀 (*Pteroceltis tatarinowii*) 等树种的抗旱性以及林永英^[22]在研究水分胁迫对青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 叶片的影响时都采用了相同的指标。张晓磊等^[23]通过研究金叶榆在水涝和干旱胁迫下的适应能力, 发现在干旱胁迫下, SOD、POD 没有显著变化, 而相对电导率、叶绿素含量大致呈现上升的趋势, 与此同时脯氨酸含量剧增, 叶片总含水量有所降低, 而 MDA 含量在胁迫早期先上升, 之后变化平缓; 而在水涝胁迫下, 各项生理指标均较为平稳, 与对照组的差异不显著, 表明金叶榆的抗水涝能力较强。

3 金叶榆抗盐碱研究进展

盐碱胁迫是限制树木生长与分布最主要的外界环境因素之一^[24], 长期以来不仅阻碍农林发展和城市规划, 还对区域环境的生物多样性造成严重的影响。金叶榆是优良的兼具较高观赏价值、同时又具备很强抗盐碱能力的树种, 近年来为了推动金叶榆在盐碱地区的应用, 明确金叶榆的盐碱适应能力, 改善和提升其景观效益, 研究者开展了诸多关于其抗盐碱性的研究。

杨静慧等^[25]以天津滨海新区和西青区绿化带中金枝槐 (*Sophora japonica* cv. Golden Stem) 和金叶榆林地作为样地, 在明确了两地土壤成分的基础上, 通过测量对比生长在两个区域的金枝槐和金叶榆的株高、茎粗、冠幅等生长指标, 得出了金叶榆相对于金枝槐更适宜在轻度盐碱地中栽植的结论。陈兴玲等^[26]采用模拟实验法, 制出东北地区的苏打盐碱土成分的土壤, 采用不同程度的盐碱胁迫, 分别测定 3 种彩色树 (金叶榆、密枝红叶李 *Prunus cerasifera* var. *atropurpurea* 'Russia'、紫叶风箱果 *Physocarpus opulifolius* 'Summer Wine') 在胁迫环境下的叶片中 MDA 含量、可溶性糖含量等生理指标及生长指标, 研究结果表明: 在盐碱胁迫过程中, 3 种彩叶植物的根、冠的生物量均随着盐碱浓度的增加出现不同程度的降低; 综合各项生理指标表明金叶榆的耐盐碱能力在 3 种彩叶树苗中是最好的。邢晓蕾等^[23]以 2 a 生金叶榆幼苗为试材进行了不同浓度的盐胁迫研究, 结果表明: 盐浓度越大, 金叶榆的 SOD、POD 酶活性越高, 相对电导率相对于对照也有增

加。同时, 随着盐处理时间的增加, MDA、脯氨酸含量也会出现类似变化, 最后结合形态观察发现, 金叶榆多在盐胁迫前期受害较重, 后期可能由于自身机制的调节而有一定减轻。

4 光胁迫对金叶榆叶片影响

金叶榆的叶片金黄亮丽, 叶片观赏期可从春季持续到秋季, 这别具一格的色彩丰富了南北方城市的景观。但当金叶榆处在不同光照强度下时, 叶片的颜色会出现“绿化”, 严重影响了景观效果。

祁海艳等^[4]以 2 a 生的金叶榆为试验材料, 采用 4 个光胁迫梯度处理叶片的方法探究了光照强度对叶色发育的影响, 研究表明, 光照强度降低时, 金叶榆各色素含量、可溶性糖含量等皆随之变化。段龙飞等^[27]以具有不同性状的无性系嫁接苗为试材, 通过测定光合特性指标与叶绿素荧光日变化来研究金叶榆不同无性系间的光合差异。其研究结果从理论上解释了 3 个无性系之间生长速率、耐光抑制能力等存在差异的原因。

5 展望

目前国内对金叶榆抗性的研究主要集中在低温胁迫、水分胁迫、盐分胁迫及光胁迫后的水分平衡变化、细胞壁特性差异、原生质膜差异、生长调节物质含量变化等方面, 或是通过生理层面的试验, 对比金叶榆与其他植物特别是金叶植物的抗逆性, 但目前的研究仍然局限于生理生化研究方面, 而对深层次的抗逆性基因调控网络等的探索基本处于空白。

在模式植物杨树 (*Populus* sp.) 的抗性研究中, 主要通过筛选分离耐盐或耐寒的蛋白因子以及相关的基因片段, 对其进行分离、纯化、克隆, 进行转基因植株筛选, 目前, 我国已获得耐盐转基因杨树^[28]。而在黄叶银杏 (*Ginkgo biloba*)^[29]、金叶山茶 (*Camellia sinensis* cv. Baijiguan)^[30]、金叶紫薇 (*Lagerstroemia indica*)^[31] 等研究中, 已引入了转录组测序技术来研究金色叶形成及对光强的响应机制, 更深入的探究叶色形成及表现。

随着当代科学技术的快速发展, 各学科相互渗透, 相互支持, 使得生命科学的研究基础得到了飞跃提升。而这些技术的提升也让研究植物抗逆性响应中的某一关键物质或某一关键通路成为可能, 特别是在研究逆境胁迫后信号如何被转

导^[32], 进而产生的相应的生理生化的研究上。各学科的发展让生物科学研究有了更可靠的技术支持, 因此, 在未来开展的关于金叶榆抗逆性的研究中, 可更多地借助于先进的分子生物学和基因技术等, 对金叶榆抗逆性信号转导的网络架构, 关键基因等进行研究和探索。

参考文献

- [1] 魏媛. 灌木型金叶榆无性繁殖技术及光照强度对其叶色影响的初步研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [2] 刘滨红, 王立君, 蒋正伟. 金叶榆的观赏性和园林应用[J]. 农村实用科技信息, 2011(4): 51.
- [3] 代波. 金叶榆、家榆光合特性及抗寒性的比较研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [4] 祁海艳, 刘晓东, 王菲. 光胁迫对中华金叶榆叶色的影响[J]. 河北林业科技, 2009(3): 1-3.
- [5] 齐宏飞, 阳小成. 植物抗逆性研究概述[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(32): 13943-13946.
- [6] 甘先华, 张卫强, 李召青, 等. 华南18个景观树种抗NO₂能力研究[J]. 广东林业科技, 2013, 29(4): 18-24.
- [7] 潘文, 张方秋, 张卫强, 等. 高温高湿胁迫对红花荷等植物生理生化指标的影响及评价[J]. 广东林业科技, 2012, 28(3): 1-8.
- [8] 朱贤良, 秦武明, 马利菠, 等. Cd胁迫对灰木莲幼苗生长及某些生理特性的影响[J]. 广东林业科技, 2011, 27(6): 37-41.
- [9] 唐晓杰, 孟范例, 程广有. 金叶榆组培快速繁殖技术研究[J]. 北方园艺, 2010, 34(21): 156-158.
- [10] 徐呈祥. 提高植物抗寒性的机理研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7966-7980.
- [11] 张正斌. 植物对环境胁迫整体抗逆性研究若干问题[J]. 西北农业学报, 2000, 9(3): 112-116.
- [12] 代波, 黄印冉, 曹书敏, 等. 彩叶乔木树种“金叶榆”的抗寒性研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16): 9647-9649.
- [13] 段龙飞. 中华金叶榆及其无性系光合特性及抗寒性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [14] 江东华, 陈火根. 中华金叶榆等三种彩叶乔木抗寒性的初步研究[J]. 现代园艺, 2010(5): 15-16.
- [15] NAGAO M, OKU K, MINAMI A, et al. Accumulation of the androse in association with development of freezing tolerance in the moss *Physcomitrella patens*[J]. Phytocchemistry, 2006, 67(7): 702-709.
- [16] 史宝胜, 刘冬云, 张晓磊, 等. 水分胁迫对金叶榆含水量、细胞质膜相对透性和抗氧化系统的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 88-92.
- [17] TOKER C, CANCI H, YILDIRIM T. Evaluation of perennial wild Cicer species for drought resistance[J]. Genetic resources and crop evolution, 2007, 54(8): 1781-1786.
- [18] REYNOLDS M P, ORTIZ R. Adapting crops to climate change: a summary [J]. Climate change and crop production, CAB international, 2010: 1-8.
- [19] 曹书敏, 杨晴, 杨俊明, 等. 家榆、金叶榆抗旱生理生化指标的差异性比较[J]. 河北科技师范学院学报, 2011, 25(3): 27-33.
- [20] 姚宁, 宋利兵, 刘健, 等. 不同生长阶段水分胁迫对旱区冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(12): 2379-2389.
- [21] 侯嫦英, 方升佐, 薛建辉, 等. 干旱胁迫对青檀等树种苗木生长及生理特性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27(6): 103-106.
- [22] 林永英. 水分胁迫对青冈叶片活性氧的伤害[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1): 34-37.
- [23] 张晓磊, 史宝胜, 刘冬云, 等. 水分胁迫对中华金叶榆生理生化的影响 [C]// 中国园艺学会观赏园艺专业委员会, 国家花卉工程技术研究中心. 2007年中国园艺学会观赏园艺专业委员会年会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [24] EI-SAYED H, KIRKWOOD R C, GRAHAM N B. The effects of a hydrogel Polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions [J]. Journal of Experimental Botany, 1991, 42(240): 891-899.
- [25] 杨静慧, 黄哈达, 周强, 等. 不同地区的盐碱土壤对金枝槐、金叶榆生长的影响[J]. 天津农林科技, 2017(1): 1-3;9.
- [26] 陈兴玲, 柴秋泉, 李丽, 等. 盐碱胁迫对3种彩色树的影响[J]. 辽宁林业科技, 2015(6): 13-15; 61.
- [27] 段龙飞, 尚爱芹, 杨敏生, 等. 中华金叶榆不同无性系光合特性和叶绿素荧光参数日变化研究[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(6): 21-27.
- [28] 林善枝, 肖基浒, 张志毅. 杨树抗性基因工程研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(6): 85-88.
- [29] 王欢利. 黄叶银杏呈色基础及适应性差异[D]. 南京: 南京林业大学, 2015.
- [30] WU Q, CHEN Z, SUN W, et al. *De novo* sequencing of the leaf transcriptome reveals complex light-responsive regulatory networks in *Camellia sinensis* cv. *Baijiguan* [J]. Frontiers in plant science, 2016, 7: 332.
- [31] LI Y, ZHANG Z, WANG P, et al. Comprehensive transcriptome analysis discovers novel candidate genes related to leaf color in a *Lagerstroemia indica* yellow leaf mutant [J]. Genes & Genomics, 2015, 37(10): 851-863.
- [32] 陈秀晨, 熊冬金. 植物抗逆性研究进展[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(9): 2253-2256.