

3 种北美栎树引种应用研究进展

方 芳^{1,2*}, 王 松^{1,2*}, 范正文^{1,2}, 何理坤¹, 陈邦锦^{1,2}

(1. 台州市林业局, 浙江 台州 318000; 2. 台州市林业科学研究院, 浙江 台州 318000)

摘要: 纳塔栎、柳叶栎和弗吉尼亚栎是优良的北美树种, 在我国引种植已有 10 a 多时间, 国内研究人员从引进、育苗、栽植、观测、筛选、扩繁和推广方面进行了大量试验研究。该文收集了相关文献, 总结了这 3 种北美栎树在我国引种的研究进展, 以期今后的利用提供参考。

关键词: 北美栎树; 纳塔栎; 柳叶栎; 弗吉尼亚栎; 引种; 研究进展

中图分类号: S792.18

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1001-7380.2018.04.010

栎类(*Quercus* sp.) 为壳斗科(Fagaceae) 栎属植物, 栎属在全世界约有 450—500 个种^[1], 主要分布在北半球的北美洲、欧洲、亚洲和北非洲大陆等地区, 我国有 130 多个种^[2]。栎类是温带至亚热带阔叶森林重要的森林树种, 在用材、生物多样性、生态、环境美化等方面具有重要价值。纳塔栎(*Quercus texana* Palmer)、柳叶栎(*Quercus phellos*)、弗吉尼亚栎(*Quercus virginiana* Mill., 简称弗栎) 是 3 种生长于美国东南部的优良树种, 在北美地区已经广泛用于造林、城市园林绿化等方面, 具有重大的经济意义和生态、环境价值。

树木引种是将某一个树种从它的自然分布区引入到一个新的地理区域和新环境种植, 通过考察和评价其生长发育过程的各项综合指标, 加以选择和开发利用。树木引种是发展人工林、获得乡土树种所不能提供的特殊种质资源、改变生物多样性贫乏和改善人居环境的重要手段^[3]。长期树木引种的实践证明, 美国东南部气候条件与我国长三角地区接近, 引种成功的概率较高^[4]。纳塔栎、柳叶栎和弗吉尼亚栎由中国林业科学研究院主持的国家林业局“948”项目从美国东南部地区引进, 引进后中国林业科学研究院亚热带林业研究所、江苏省林业科学研究院等多家单位在我国长江三角洲地区开展引种试验研究, 至今已有 10 a 多时间, 在沿海防护林中的推广面积有近千公顷。目前引进 3 种北

美栎树均已开始结实并投入应用^[5], 但是国内生产的种子和苗木还不能满足市场的需求。目前市场对彩叶栎树, 尤其是纳塔栎、柳叶栎和弗栎这 3 种北美栎树的需求已接近白热化, 种苗供不应求。种子还主要靠从国外进口。然而, 盲目引种带来的是种苗生态适应性、环境风险以及品种性状稳定性等方面的挑战。本文收集了这 3 种北美栎树引进后在我国开展的各项引种试验的相关文献, 对其研究现状进行综述, 旨在为 3 种北美栎树的进一步开发利用提供参考。

1 3 种北美栎树的基本特征和生境条件

纳塔栎系落叶大乔木, 是生长于墨西哥海湾沿海平原、密西西比河和红河流域的排水不良低地上的少数几个具有重要经济价值的树种之一。树高可达 28 m, 直径可达 90 cm。树冠广圆形。叶长 10—20 cm, 宽 5—13 cm, 具有 5—7 个深裂片。种实为长 2—3 cm 的卵形, 带有深的被鳞壳斗。集中分布在墨西哥湾沿海平原。分布区的气候湿润, 年降水量为 1 270—1 650 mm, 其中 4—8 月为生长季, 降水量 630—760 mm。夏季平均气温 27 ℃, 极端最高气温 43 ℃, 冬季平均气温 7—13 ℃, 极端最低气温 -26 ℃。在密西西比三角洲河岸一线台地排水不良的冲积性黏土和酸性土上生长良好。

收稿日期: 2018-02-28; 修回日期: 2018-07-23

基金项目: 中央财政林业科技推广示范项目“北美栎树彩叶新品种繁育及高效栽培技术推广与示范”([2015]TS12)

作者简介: 方 芳(1986—), 女, 安徽黄山人, 硕士。主要从事林业种苗引种与应用研究。

* 通信作者: 王 松(1985—), 男, 山东新泰人, 工程师, 硕士。主要从事林业种苗引种与应用研究。

柳叶栎属于中等到高大的落叶乔木,树高可达30 m,直径可达120 cm。树冠广圆形,干形通直。树皮灰色,具不规则沟状裂纹。叶片全缘似柳叶,长5—8 cm,宽1.3—2.5 cm,叶尖刚毛状。叶片正面亮绿,背面暗灰。种实小,长1.3 cm,近球形,具托盘状被鳞壳斗。分布区集中在沿海平原的低地。分布区处于湿润温暖气候,其特点是夏季长且炎热(平均气温21—27℃,最高气温38—46℃),冬季短且温和(最低气温-29℃)。年降水量1 020—1 520 mm。可生长在各种类型的冲积土上,尤其在新冲积的粘壤土上表现最好。

弗吉尼亚栎,系常绿树种,树高12—15 m,直径90—120 cm。树干短粗,树冠巨大宽广。枝叶浓密,叶片互生,长椭圆形或倒卵形,叶尖钝圆。幼苗叶片常有刺尖,但成年树叶缘光滑,少有缺刻。叶灰绿色,长5—8 cm,宽1.5—2.5 cm。每年春季老叶脱落,新叶焕发。种实长而渐尖,长卵形,深褐色到黑色,带有深的壳斗。分布于美国东南部沿海平原和岛屿。分布区气候湿润,年降水量810—1 650 mm,夏季平均气温27℃,冬季平均气温2—16℃,无霜期240—300 d。通常生长于沿海地带的沙质土壤,具有很强的耐盐性,深根性,枝条具韧性,具抗击飓风的能力。

2 3种北美栎树的引种适应性研究

引种是一项系统工程,它是将一个树种或者品系的繁殖材料从其自然分布区引入到一个新的地理环境条件下进行栽培,从引进到推广,要经历繁殖材料的引进、育苗、栽植、观测、筛选、扩大繁殖和推广这一系列的过程,首先,应考虑所引进树种是否适应当地的气候条件和土壤条件。其次,引种必须遵循先试验,再分阶段筛选,最后逐步推广的原则^[6]。

纳塔栎、柳叶栎和弗栎均生长于北美温暖湿润地区,与引种地长三角地区气候大体相似。这3种北美栎树引入我国后,诸多专家、林业工作者从育苗技术、生长规律、栽培管理等方面对其进行了引种试验研究,研究结果表明纳塔栎、柳叶栎和弗栎适合在我国长三角地区种植。陈益泰等总结了多点引种北美栎树8—11 a的生长表现,结果表明柳叶栎和纳塔栎能够适应我国长江三角洲平原地区的自然条件,能够迅速生长并正常开花结实。它们根深叶茂,树干通直,树形美观,秋色斑斓,观赏价

值较高,并具有一定的耐水涝能力,在平原生态景观林和城镇园林绿化工程中具有较好的应用前景^[7]。刘春林等通过对几种国外栎树的育苗试验,认为纳塔栎、柳叶栎和弗栎等栎属树种适应性强,种子发芽率高,耐干旱瘠薄等优良性状,作为速生树种值得推广^[8]。黄利斌和朱惜晨均研究了柳叶栎在江苏地区的引种育苗和造林,认为柳叶栎在江苏地区生长适应性好,生长发育正常,秋季叶片呈黄色或桔黄色,色泽较亮丽,冬季可正常越冬,可作为优良速生用材观赏树种,在江苏丘陵山区、平原及低湿地作为用材及生态景观造林中推广应用^[9-10]。还有的研究通过对引种树种的生长、存活率、耐湿性、抗风性、抗病虫害性、景观价值等指标进行综合评价,证明了柳叶栎、纳塔栎冠型圆满,存活率高,生长速度快,具有耐湿抗风特性,树叶色彩斑斓,是长三角地区适宜的景观树种^[11]。但是有文献认为柳叶栎在山东地区造林移栽成活率低,抗寒能力差,不适合在山东地区种植^[12]。

弗栎的干形和生长速度不及纳塔栎和柳叶栎,但由于它的常绿特性、宽广的冠形和具有较强的抗风、耐盐耐旱和耐重金属能力,受长江三角洲地区林业和园林部门的喜爱,目前已经在江、浙、沪等地的沿海防护林体系建设中得到广泛应用,在矿产废弃地中也具有一定的绿化潜力^[7]。

3 3种北美栎树育苗技术研究

3.1 种子繁殖

栎类播种育苗技术要点是打破种子休眠,陈叶平研究发现湿沙层积贮藏可以显著提高纳塔栎种子的发芽率^[13]。戎国增等^[14]认为,弗栎种子具有发芽和出苗不整齐的问题,采取催芽播种和加温育苗,可以提高出苗率,防止烂种,另外弗栎种子在播种前必须进行杀虫处理,否则容易受到象鼻虫的危害。宋以刚等研究发现,弗栎种子属于顽拗性种子,种子萌发时具有较强的耐盐性,发芽率受温度的影响较大,且随着播种深度的增加,种子的发芽率显著降低^[15]。柳叶栎容器育苗的关键技术,包括种子沙床播种、芽苗移栽等技术已经成熟^[16]。

3.2 无性繁殖

关于纳塔栎、柳叶栎和弗栎的无性繁殖研究报道较多。扦插研究主要集中在穗材的选取部位和时间、扦插的环境和扦插基质、激素处理等方面。嫁接研究主要是研究内外2大因素对嫁接苗成活的

影响,内部因素包括砧穗亲和力和质量、接穗所含的内源激素、营养物质、伤流液和酚类物质;外部因素包括温湿度、嫁接的时期和方法、其他因素等。组织培养的研究工作起步较晚,目前尚处于研究的初始阶段,大多数研究还仅仅局限于不同材料的再生研究。黄利斌等试验证明以麻栎为砧木,纳塔栎枝接的成活率为47.5%—61.2%,且春季枝接的成活率高于秋季芽接。从柳叶栎和纳塔栎1年生实生苗采穗扦插,最佳处理的生根率分别达到70%和52%,具有一定的扦插繁殖的潜力,但是从6年生的柳叶栎母树采穗扦插则不能生根^[17]。扦插基质对纳塔栎和柳叶栎的扦插成活率具有显著影响,研究证明苍糠灰最适宜插穗生根^[18]。戎国增等研究发现,扦插时间和激素对弗栎扦插成活率影响显著,弗栎扦插繁育的时间以9月中上旬为宜,插穗应选择当年生粗度3 mm以上,节间紧,枝条下部为宜;插穗处理以15 000—20 000 mg/kg萘乙酸蘸根处理为宜^[14]。刘家财等研究证明采用1 000 mg/L IBA对弗栎插穗进行速蘸处理也可以提高其成活率^[19]。陈雨春等将0.2%硝酸银+200 mg/kg生根剂对弗栎穗条进行处理,弗栎扦插成活率达到70%^[20]。

3.3 容器育苗

3种北美栎树的容器育苗技术也有相关研究,李峰卿等研究探讨了不同光照条件下和不同的容器规格纳塔栎幼苗生长的影响,认为遮阴对纳塔栎前期苗高生长影响较大,建议在幼苗生长初期(5月26日前),用50%光照强度;苗高生长进入指数生长阶段后,用75%光照强度;秋季转移至全光照强度下培养。容器规格以大容器(15 cm×20 cm)为宜^[21]。在容器苗基质筛选方面,有研究认为50%泥炭+25%珍珠岩+25%菜园土对纳塔栎的育苗效果最佳^[22]。而弗栎则容器育苗基质以泥炭、碳化稻壳、土壤(容积比为3:3:4)的配方育苗效果最佳^[23]。

4 3种北美栎树抗逆性研究

国外对北美栎树的抗逆性研究已经有许多报道,国内研究相对较少。目前对纳塔栎的抗逆性研究主要集中在抗水湿性、抗风性、抗寒性等方面。通过对长三角平原水网地区的纳塔栎和柳叶栎等树种的引种适应性进行评价,证实了纳塔栎和柳叶栎的抗风评价等级和耐水湿评价等级均为优,具有很强的抗风性和抗水湿性^[11]。纳塔栎在水淹20 cm

持续75 d的条件下,成活率仍然可以达到100%,仅根系的活力指标出现下降,但乙醇脱氢酶活性大幅度增加,高生长与生物量积累并未受影响。进一步证实了纳塔栎对淹水胁迫具有很强的适应性^[24]。张晓磊通过试验建立了生长、形态综合指标因子和生理调节因子组成的栎类耐涝评价体系,也表明纳塔栎和弗栎都具有较强的耐水湿能力^[25]。黄利斌等以耐水性极强的落羽杉作为参照,通过比较落羽杉和2年生纳塔栎在淹水胁迫下各生长和生理指标综合指数的变化,认为纳塔栎的耐水湿能力非常接近于落羽杉^[24]。杨振亚等研究了几种栎树苗期的抗寒性,通过分析枝皮的电导率、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量,表明纳塔栎抗寒性较强,可以忍受-25.11℃的低温^[26]。

对弗栎的抗逆性研究主要集中于盐胁迫、高温胁迫和干旱胁迫等方面。有研究通过对弗栎在高温胁迫下和恢复生长后的叶片水分及与细胞膜稳定性相关的生理指标测定,证实了弗栎对高温胁迫具有很好的耐受性和适应性^[27]。以10%和20%的聚乙二醇(PEG)模拟干旱胁迫处理2年生弗栎扦插苗,发现PEG胁迫下的弗栎具有较好的保水能力,且良好的热耗机制使叶片光合结构即便是在较高浓度的PEG胁迫下仍然具有较好的活性^[28]。盐碱胁迫是限制植物生长与分布的非常重要的一项因子^[29]。盐胁迫下,植物会产生一系列的生理和生长方面的变化^[30]。王树凤等研究了在不同质量浓度的NaCl胁迫下,弗栎的生长状况和叶片脯氨酸含量及Na⁺、K⁺选择性吸收的动态变化。结果表明,经过不同质量浓度的NaCl处理21 d后,随着NaCl质量浓度的增加,弗栎的生长受到抑制,且地上部生长对盐胁迫的敏感性比地下部更强。盐胁迫的早期和晚期,弗栎可能通过增加对K⁺的吸收以减轻Na⁺离子的毒害效应,而在盐胁迫中期,叶片通过积累脯氨酸来适应盐胁迫^[31]。植物的根系是最早感受到盐胁迫的部位,根系的生长发育状况也是反应植物的耐盐碱能力的重要指标^[32]。在盐胁迫下,根系会通过改变其生长方向和形态来适应胁迫环境^[33-34]。弗栎在盐胁迫下通过扩大根系的吸收范围,维持较高的K⁺/Na⁺比值来避免伤害^[35]。

5 其他方面研究

北美栎树作为引进树种,在一个新的环境中,

对病虫害和不良的外界环境都有一个逐渐适应的过程,根据多年的调查研究发现,弗栎、柳叶栎和纳塔栎的3—6年生幼林会发生云斑白条天牛等蛀干危害,特别在密度过大且附件有易感寄主的环境时更容易发生。通过调整林分密度、喷洒噻虫啉等方式控制虫害^[7]。

纳塔栎和柳叶栎为优良的彩叶树种,因此,林业工作者也对树叶变色机制进行了研究。国内对植物叶色变化的研究主要集中在叶片色素、生态因子、光合特性、遗传稳定性等方面。姜琳等^[36]的试验结果表明,纳塔栎在秋冬转色期,叶绿素a、b以及总叶绿素含量均呈先快后慢的下降趋势;花色素苷含量呈波动上升趋势;叶绿素a与叶绿素b的比值变化趋势前中期较为平缓,后期迅速下降;蛋白质含量与花色素苷含量呈正相关。许晓波^[37]观察记录了城区内的纳塔栎植株秋季叶色变化的过程,同时对叶绿素、类胡萝卜素、花青素等含量进行测定,从叶片色素、气候因子进行典型相关分析和回归分析。结果表明:纳塔栎在城区绿地中的秋季变色期为30 d左右;叶绿素a和花青素含量的高低决定着叶色;平均气温对叶色变化影响最大,并与叶绿素a呈极显著正相关、与花青素呈极显著负相关。通过平均温度的变化可以初步推断纳塔栎秋色叶变化情况。吕秀立等^[38]通过试验测定了纳塔栎变色期叶片内的叶绿素、花色素苷含量和可溶性糖含量的变化,不同单株之间,叶绿素、花色素苷、可溶性糖含量不同,是叶片呈现出不同色泽的物质基础,在转色的优株中,叶片中花色素苷和可溶性糖的含量显著升高,由于花色素苷与叶绿素相互消长作用的结果,叶片逐渐地由黄绿色变成红色、深红色。纳塔栎叶片中可溶性糖含量与花色素苷含量间呈极显著正相关,可溶性糖含量的增加有利于花色素苷的合成。这一结果为纳塔栎优树选择提供依据。

6 3种北美栎树的开发利用前景及展望

6.1 开发利用前景

近年来,随着珍贵彩色健康森林的建设,彩叶树种的需求量逐步增加,纳塔栎、柳叶栎作为我国近几年引进的新型彩叶树种,将会被大量应用到林业、园林绿化建设中去。目前纳塔栎、柳叶栎及弗栎在我国引种地区主要有浙江省、江苏省、上海市、

江西省等,已经取得了一定的成效^[39]。目前已经有大量的研究报道了不同栎树及种源、家系在江苏等地的育苗与造林初步结果^[40-42]。纳塔栎、柳叶栎和弗栎不仅在水土保持、烟尘阻滞、噪音减弱、空气净化、改善小气候等方面具有显著的生态效益,同时也是构成野生动物栖息地等重要场所的树种。

6.2 研究展望

引种不仅可以丰富绿化树种资源,提高和优化城市和森林的树种资源,而且可以改善园林景观效果,促进林业和园林绿化可持续经营。以良种替代劣种,与开发新品种相比,引种具有见效快的特点,这对于提高生态效益具有重要意义^[43]。近年来,随着我国城市环境建设由绿化向美化、彩化发展,北美栎树的引种栽培也在部门地区掀起一阵高潮。虽然目前对纳塔栎、柳叶栎和弗栎的引种已经有大量的研究,但是也存在一些问题。例如,目前有些地区存在还未进行引种试验就开始从国外盲目引种的现象,有些甚至从国外疫区引进一些易感栎树品种,对林业生产和生态平衡带来很大的隐患^[44]。育种技术水平较低、缺少标准化栽培技术等是目前遇到的主要技术瓶颈,因此当务之急是加强对引进3种北美栎树的育苗技术、生长适应性以及树种种源间差异的系统研究,加强产业关键技术的集成创新,加强新品种标准化栽培等产业关键技术实施,优选一批优良品种,建立和完善3种北美栎树的种质资源圃,使其在我国的林业、园林建设种发挥一定的作用。

参考文献:

- [1] JOHNSON P S, SHIRLEY S R. The Ecology and Silviculture of Oaks[M]. New York: CABI Publishing, 2001: 9-10.
- [2] SMITH D W. Oak regeneration: the scope of problem [C] // Loflis D L, McGee C E. Oak regeneration: serious problems, practical recommendations. Symposium Proceedings, Knoxville, Tennessee, September 8-10, 1992. Asheville, NC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeast Forest Experiment Station, 1992: 40-52.
- [3] 王豁然, 江泽平. 论中国林木引种驯化策略[J]. 林业科学, 1995, 31(4): 367-371.
- [4] 江泽平, 王豁然, 吴中伦. 论北美洲木本植物资源与中国林木引种的关系[J]. 地理学报, 1997, 52(2): 169-176.
- [5] 张川红, 王豁然, 李晓储, 等. 北美栎属引种试验[C] // 格局在变化: 树木引种与植物地理论文集. 北京: 中国林业出版社, 2005: 90-95.
- [6] 江涛. 引种是一项系统工程——访北京林业大学教授沈熙环[J]. 国土绿化, 2006(9): 25-27.

- [7] 陈益泰,孙海菁,王树凤,等.5种北美栎树在我国长三角地区的引种生长表现[J].林业科学研究,2013,26(3):344-351.
- [8] 刘春林,曹基武,吴毅,等.几种国外栎属树种引种育苗试验[J].林业科技开发,2008,22(1):78-80.
- [9] 黄利斌,李晓储,朱惜晨,等.北美栎树引种试验研究[J].林业工程学报,2005,19(1):30-34.
- [10] 朱惜晨,马东跃,李晓储,等.城乡绿化优新落叶乔木景观树引种选择[J].林业科技通讯,2008(9):7-9.
- [11] 刘娜娜.长三角平原水网地区耐湿景观树种引种适应性评价与选择[J].中南林业科技大学学报,2010,30(8):47-52.
- [12] 杨志莹,李田,郑鑫,等.7种栎树的引种适应性研究[J].山东林业科技,2015(3):57-58.
- [13] 陈叶平,王林春,孙圳.纳塔栎播种育苗试验[J].山东林业科技,2006(4):45-47.
- [14] 戎国增,裘龙联.弗吉尼亚栎种子育苗与无性繁育技术[J].林业科技开发,2009,23(5):112-114.
- [15] 宋以刚,邓敏,王好婷.弗吉尼亚栎种子萌发特性[J].生态学杂志,2015,34(5):1295-1300.
- [16] 汪企明,李晓储,黄利斌,等.美国栎属种源引种、变异研究:种子及苗期生长变异[J].江苏林业科技,1999(1):1-6.
- [17] 黄利斌,朱惜晨,李晓储.北美栎树无性繁殖试验[J].江苏林业科技,2007,34(4):1-4.
- [18] 翁琴,孔红山,任玲,等.3种栎树扦插育苗及生长量调查研究[J].现代农业科技,2016(22):136-142.
- [19] 刘家财,滕士元,史骥清.弗吉尼亚栎的引种与扦插繁殖生产试验研[J].中国园艺文摘,2011(6):24-25.
- [20] 陈雨春,王杰,宋文君,等.硝酸银和生根粉在弗吉尼亚栎扦插繁殖中的应用[J].林业科技开发,2007,21(3):97-98.
- [21] 李峰卿,姚甲宝,曾平生.光照强度和容器规格对纳塔栎1年生容器苗生长的影响[J].华南农业大学学报,2017,38(3):87-92.
- [22] 郁春柳.纳塔栎容器育苗基质筛选[J].江苏林业科技,2016,43(1):18-20.
- [23] 滕士元,赵刚.4种平原生态防护树种容器育苗基质配方研究[J].华东森林经理,2010,24(3):18-20.
- [24] 黄利斌,杨静,何开跃.纳塔栎和南方红栎2年生苗耐水湿性试验[J].东北林业大学学报,2009,37(5):7-9.
- [25] 张晓磊.栎类树种幼苗对淹水胁迫的响应[D].泰安:山东农业大学,2010.
- [26] 杨振亚,台秀国,曹振玉,等.4个引种栎类树种苗期抗寒性初步研究[J].山东大学学报(理学版),2016,51(5):43-47.
- [27] 杨舒婷,曲博,李谦盛,等.弗吉尼亚栎幼苗对高温胁迫的生理响应[J].江西农业大学学报,2015,37(1):90-95.
- [28] 王树凤,孙海菁,陈益泰,等.模拟干旱胁迫下弗吉尼亚栎苗木叶片相关生理参数的分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2011,35(6):6-10.
- [29] KIM Y, ARIHARA J, NAKAYAMA T, et al. Antioxidative responses and their relation to salt tolerance in *Echinochloa oryzicola* Vasing and *Setaria viridis* (L.) Beauv [J]. Plant Growth Regulation, 2004, 44: 87-92.
- [30] SUDHAKAR C, LAKSHMI A, GIRIDARAKUMAR S. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity[J]. Plant Science, 2001, 161:613-619.
- [31] 王树凤,陈益泰,孙海菁,等.盐胁迫下弗吉尼亚栎生长和生理生化变化[J].生态环境,2008,17(2):747-750.
- [32] Cramer GR, Läuchli A, Epstein E. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton[J]. Plant Physiology, 1986,81(3):792-797.
- [33] JIA Y B, YANG X E, FENG Y, et al. Differential response of root morphology to potassium deficient stress among rice genotypes varying in potassium efficiency[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2008,9(5):427-434.
- [34] SRINIVASARAO C H, BENZION A, ESHEL A, et al. Effects of salinity on root morphorlogy and nutrient acquisition by Faba beans (*Vicia faba* L.) [J]. Journal of the Indian Society of Soil Science, 2004,52(2):184-191.
- [35] 王树凤,胡韵雪,孙海菁,等.盐胁迫对2种栎树苗期生长和根系生长发育的影响[J].生态学报,2014,34(4):1021-1029.
- [36] 姜琳,杨暖,姜官恒,等.栎属4个树种秋冬叶色与生理变化的关系[J].中国农学通报,2015,31(19):13-18.
- [37] 许晓波.新优树种纳塔栎秋色叶变化及其对环境的适应性[J].中国农学通报,2015,31(16):14-18.
- [38] 吕秀立,施季森,沈烈英,等.栎类树种转色期叶色变化的生理学研究[J].园林科技,2015(1):8-11.
- [39] 黄利斌,窦全琴,汤槿,等.栎树的生物学特性与栽培研究综述[J].江苏林业科技,2014,41(6):43-50.
- [40] 仲伟芹,王永昌.东海县引种美国栎属种源和杂交松试验初报[J].江苏林业科技,2000,27(4):10-13.
- [41] 朱惜晨,李晓储,李青云,等.无锡太湖丘陵引种北美栎树试验初报[J].江苏林业科技,2004,31(2):1-3.
- [42] 黄钟玉,张建良,朱建州,等.苏州市引种美国栎属种源试验初报[J].江苏林业科技,2000,27(4):14-15.
- [43] 冯燮舟,刘钢.槭属植物的引种[M]//植物引种驯化集刊(第六集).北京:科学出版社,1989:43-54.
- [44] 滕贵波,王骞春,曹颖,等.我国栎类引种研究进展[J].辽宁林业科技,2016(5):52-56.