



王启剑,朱司甲,胡胜科,等.不同根部处理剂对2种楠属植物裸根苗移栽成活率和生理特性的影响[J].江西农业大学学报,2021,43(4):817-824.

WANG Q J,ZHU S J,HU S K,et al.Effects of different root treatment agents on the survival rate and physiological characteristics of two species of bare-root transplanted *Phoebe* seedlings[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2021,43(4):817-824.

不同根部处理剂对2种楠属植物裸根苗移栽成活率和生理特性的影响

王启剑¹,朱司甲²,胡胜科¹,费永俊^{1*}

(1.长江大学 园艺园林学院/楠木种质资源评价与创新中心,湖北 荆州 434025;2.桂林理工大学 旅游与风景园林学院,广西 桂林 541006)

摘要:【目的】为提高楠木(*Phoebe* and *Machilus*)裸根苗移栽成活率,促进楠木资源在全国推广种植。【方法】选用保水剂、粘合剂和生根粉3种处理剂组成两种不同配方,将供试植物幼苗根部放入已配置好的处理剂中浸泡并用塑料薄膜包裹其根部后移栽,分析不同配方的处理剂对2种供试植物——桢楠(试验组 ZN₁和 ZN₂,对照组 CK₁)和浙江楠(试验组 ZJN₁和 ZJN₂,对照组 CK₂)裸根苗移栽成活率和生理特性的影响。【结果】桢楠裸根苗移栽成活率均明显高于浙江楠,前者分别为86%(ZN₁)、84%(ZN₂)和79%(CK₁),后者分别为73%(ZJN₁)、69%(ZJN₂)和61%(CK₂)。ZN₁组和ZJN₁组的叶片叶绿素含量最高,分别为2.21 mg/g和2.18 mg/g;对照组CK₁和CK₂最低,分别为1.53 mg/g和1.32 mg/g;叶绿素a/b值和叶绿素含量变化趋势基本一致。ZN₁与ZN₂组相比和ZJN₁与ZJN₂组相比,叶片可溶性糖含量分别降低10.80%和19.71%,可溶性蛋白含量分别降低10.55%和8.37%。处理剂对2种楠属植物的叶片SOD活性的影响不明显($P>0.05$),但显著降低2种楠属植物裸根苗移栽后的叶片POD活性($P<0.05$),使2种楠属植物裸根移栽后的叶片POD值恢复到正常水平。试验结果表明,加入生根粉处理的ZN₁和ZJN₁和其他组相比可以提高裸根苗移栽的成活率、叶片叶绿素含量和叶绿素a/b值,使得处理后的桢楠和浙江楠的可溶性糖和POD值显著降低,回归正常水平,但对叶片可溶性蛋白和SOD的影响不明显。【结论】试验中,桢楠裸根苗移栽后的成活率均高于浙江楠,同时施加保水剂20 g/L、粘合剂10 g/L、生根粉1 g/L和泥浆水2:1的处理下效果最佳,对2种楠属植物裸根移栽苗移植后生理状态的恢复有显著的促进作用。

关键词:楠属植物;保水剂;生根粉;裸根移栽;成活率;生理特性

中图分类号:S792.24 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2021)04-0817-08

Effects of Different Root Treatment Agents on the Survival Rate and Physiological Characteristics of Two Species of Bare-Root Transplanted *Phoebe* Seedlings

WANG Qijian¹, ZHU Sijia², HU Shengke¹, FEI Yongjun^{1*}

收稿日期:2021-01-15 修回日期:2021-03-12

基金项目:国家自然科学基金项目(31270740)、湖北省自然科学基金项目(2014CFB264、2017CFB390)、湖北省科技支撑计划项目(2013BBB24)、湖北省教育厅重点项目(2010Z1206)和湖北省教育厅指导性项目(B2015444)
Project supported by the National Natural Science Foundation of China(31270740), Natural Science Foundation of Hubei Province(2014CFB264, 2017CFB390), Hubei Province Science and Technology Support Program Project(2013BBB24), Hubei Provincial Department of Education Key Project(2010Z1206) and Hubei Provincial Department of Education Directive Project(B2015444)

作者简介:王启剑, orcid.org/0000-0001-4384-7423, wqjjeans@163.com; *通信作者:费永俊,教授,博士生导师,主要从事园林植物种质资源评价与研究, orcid.org/0000-0003-2032-5980, fyj2010@163.com。

(1.Center of Phoebe Germplasm Resources Evaluation and Inovation, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025, China; 2. College of Tourism & Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541006, China)

Abstract: [Objective] To improve the survival rate of bare-root transplanted *Phoebe* and *Machilus* plants and promote the planting and popularization of *Phoebe* and *Machilus* resources in the country. [Methods] Three different treatment agents, namely, super-absorbent polymer, adhesive and rooting agent, were used to soak the roots of the seedlings in the prepared treatment agent, and then the roots of the seedlings were covered with plastic film and then were transplanted in nursery. The effects of the treatment agents with different formulas on the survival rates and physiological characteristics of the bare-root transplanted seedlings of *Phoebe zhennan* S. Lee (treatment group ZN₁ and ZN₂, control group CK₁) and *Phoebe chekiangensis* C.B.Shang (treatment group ZJN₁ and ZJN₂, control group CK₂) were evaluated comprehensively. [Results] The survival rate of *P. zhennan* was significantly higher than that of *P. chekiangensis*, which were 86% (ZN₁), 84% (ZN₂), 79% (CK₁) and 73% (ZJN₁), 69% (ZJN₂), 61% (CK₂), respectively. The highest leaf chlorophyll contents of the two bare-root *Phoebe* transplanted seedlings were those of group ZN₁ and ZJN₁ with 2.13 mg/g and 1.68 mg/g, respectively, and the lowest was control groups CK₁ and CK₂, which were 1.53 mg/g and 1.32 mg/g, respectively. Compared with those of ZN₂ and ZJN₂ groups, the contents of soluble sugar of ZN₁ and ZJN₁ groups decreased by 10.80% and 19.71%, respectively, while the contents of soluble protein of ZN₁ and ZJN₁ groups decreased by 10.55% and 8.37% respectively. The activities of SOD in the leaves of the two species of *Phoebe* did not reduced significantly ($P > 0.05$), while the activities of POD reduced significantly ($P < 0.05$), which made the POD value of the leaves of the two *Phoebe* species recover to the normal level. Compared to other groups, the rooting agent could increase the survival rate, leaf chlorophyll content and chlorophyll a/b value of bare-root transplanted seedlings of ZN₁ and ZJN₁. The contents of soluble sugar and POD value of the plants treated with rooting agent reduced significantly, and returned to the normal level, but the effect on the contents of soluble protein and SOD was not distinct. [Conclusion] The survival rate of *P. zhennan* seedlings after bare-root transplantation was better than that of *P. Chekiangensis*, and the treatment of super-absorbent polymer of 20 g/L combined with adhesives agent of 10 g/L and rooting powder of 1 g/L (muddy water was 2:1) had more improvement effect on the restoring physiological state of the two bare-root transplanted *Phoebe* species.

Keywords: *Phoebe*; super-absorbent polymer; rooting powder; bare-root transplanting; survival rate; physical characteristic

【研究意义】桢楠(*P. zhennan*)和浙江楠(*P. chekiangensis*)为樟科(Lauraceae)楠属(*Phoebe*)植物^[1],是国家Ⅱ级保护植物渐危种^[2]。樟科有82种润楠属(*Machilus*)植物在我国境内分布,多达71种是处于濒危的状态^[3]。桢楠、浙江楠隶属于常绿阔叶树种,植株整体造型优美,因其具有隔离噪音、驱赶蚊虫、净化空气等诸多功能而被广泛用于庭院观赏和园林绿化方面。裸根移栽是一种不带土球的移栽方式,相比于容器苗移栽而言,裸根移栽更能节省人工和物力,节约移栽成本。但是,裸根移栽往往存在着成活率低的问题,其缓苗期长,更加容易受到环境胁迫的影响,若是能探究楠属植物裸根移栽的最佳方式,对这些珍稀楠木资源进行合理的推广应用,在保护我国珍惜的楠木资源与提高我国城市园林绿化生态建设水平等方面均具有重要的价值。【前人研究进展】国外学者将苗木在移栽过程中受到所有的不利条件影响统称为移栽胁迫(transplanting stress),包括断根、缺水、擦伤以及根际环境改变等^[4-5]。近年来,关于裸根移栽技术的报道主要有梁小春等^[6]对擎天树裸根移栽的试验,冷英等^[7]对油用牡丹裸根移栽技术的试验,单和卫等^[8]对多年生香樟裸根移栽的试验以及张苏州等^[9]对野生浙江红山茶大树裸根移栽的试验。目前,对于楠木类植物裸根移栽的研究报道极少,如果能解决楠木裸根移栽成活率低的问题,将会在实

际应用中大大提高楠木移栽效率、成活率并降低移栽成本。为了保护我国楠木类植物种质资源,诸多学者对楠木播种育苗、营养繁殖、造林等技术进行了较为详细的研究,主要有徐奎源等^[10]对红楠(*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)、刨花润楠(*Machilus pauhoi* Kanehira)、薄叶润楠(*Machilus leptophylla* Hand. - Mazz)及紫楠(*Phoebe sheareri* (Hemsl.) Gamble)等物种的采种、贮藏、育苗与大苗培育等繁育栽培技术的研究;在对楠木的容器苗芽苗移栽技术初步研究中,朱雁^[11]得到了较直播苗质量更好的移栽苗。【本研究切入点】迄今,对楠木的研究主要集中于对楠木种群生态位及种群结构的研究,对楠木裸根移栽技术的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】探究提高楠木裸根移栽成活率的最佳处理方式,为楠属植物的园林推广应用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选择长势一致的4年生桢楠(*P. zhennan*)和浙江楠(*P. chekiangensis*)幼苗,均采自长江大学楠木苗圃,每个品种各300株。移栽前先剪去长势不良叶片,去除断根、坏根,在2020年4月上旬,移植至长江大学农业产业科技园楠木种质资源基地中,供试苗木平均苗高(72.3±0.3)cm,平均地径(3.85±0.24)cm。

1.2 试验处理与采样

2种楠属植物苗分别设2个不同的处理,每个处理组100株,对照组设两个,均为裸根移栽后不使用任何处理剂处理且长势一致的桢楠(*P. zhennansis*)和浙江楠(*P. chekiangensis*)裸根苗,分别记为CK₁和CK₂,试验共600株,如表1所示。为对比2种楠属植物移栽前与移栽后的生理指标恢复情况,本试验设置了2个基准组,分别为正常生长而未经过裸根移栽的桢楠(*P. zhennansis*)和浙江楠(*P. chekiangensis*),分别记为ZN、ZJN。将幼苗根部放入已经加入不同剂量的保水剂、粘合剂和生根粉的泥浆试剂中浸泡30 min,完成后用塑料薄膜包裹其根部,同时用泥浆水涂抹幼苗枝干以达到保水效果,随后立即移栽至楠木基地,移栽后浇透水。试验处理的泥浆水配置的水土体积比统一为2:1。于2018年11月5日选取健康无病虫害当年生叶片若干,置于冰盒保存,后存放在-80℃超低温冰箱中以备用。

1.3 指标测定及方法

将样品取回后,立即称其鲜质量,然后杀青(105℃、30 min)、烘干(80℃、20 h)至恒质量后称其叶片干质量,最后计算出叶片干鲜比(DRF);采用分光光度法测定叶片叶绿体色素含量^[12],用Wellburn等^[13]的公式计算单位质量叶片的叶绿素a(Chl a)、叶绿素b(Chl b)含量和叶绿素a/b值。可溶性蛋白采用考马斯亮蓝G-250染色法,含量以鲜质量计算;可溶性糖采用蒽酮比色法测定^[14];抗氧化酶SOD和POD活性分别采用邻联二茴香胺法和愈创木酚法测定^[15]。

表1 试验处理设计
Tab.1 Test treatments composition

| 处理 Treatment | 保水剂/(g·L ⁻¹) Super-absorbent polymer | 粘合剂/(g·L ⁻¹) Adhension agent | 生根粉/(g·L ⁻¹) Rooting powder | 泥浆:水/(m ³ :m ³) Muddy water | |
|--------------------------------|---|---|--|---|-----|
| 桢楠 <i>P. zhennansis</i> | ZN ₁ | 20 | 10 | 1 | 2:1 |
| | ZN ₂ | 20 | 10 | 0 | 2:1 |
| | CK ₁ | 0 | 0 | 0 | 2:1 |
| 浙江楠 <i>P. chekiangensis</i> | ZJN ₁ | 20 | 10 | 1 | 2:1 |
| | ZJN ₂ | 20 | 10 | 0 | 2:1 |
| | CK ₂ | 0 | 0 | 0 | 2:1 |

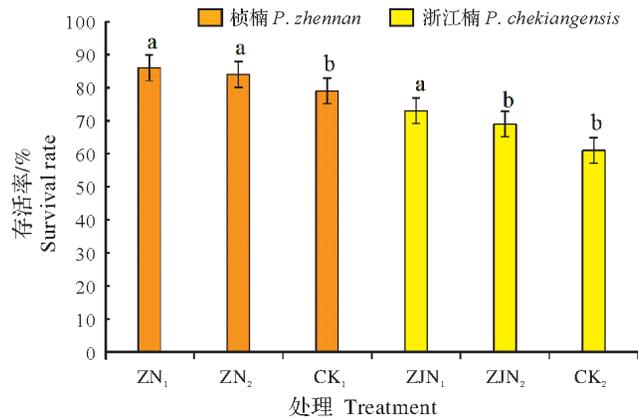
1.4 数据统计分析

试验中的所有数据均采用Excel 2010进行计算与整理,方差分析采用SAS 9.2软件,采用Origin 2019进行分析和制图。

2 结果与分析

2.1 不同处理剂对 2 种楠属植物裸根苗移栽后的成活率影响

移栽成活率能直观地反映移栽措施的成效。由图 1 可知,两种楠属植物不同处理间裸根苗移栽成活率的趋势一致,均表现为 $ZN_1 > ZN_2, ZJN_1 > ZJN_2$,且均高于两对照组(CK_1 和 CK_2)。从整体上看,2种楠属植物在同时使用保水剂、粘合剂和生根粉的情况下(ZN_1 和 ZJN_1)的移栽成活率表现最好,分别达到 86.00%和 73.00%,且桢楠的成活率明显高于浙江楠。试验结果表明,对于桢楠来说,加生根粉处理对比不加生根粉处理,成活率虽然有提高,但不显著;保水剂、粘合剂与生根粉联合处理能显著提高浙江楠的裸根苗移栽的成活率。不同处理对桢楠的移栽成活率效果优于浙江楠。



图中数据为平均值±标准误,同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

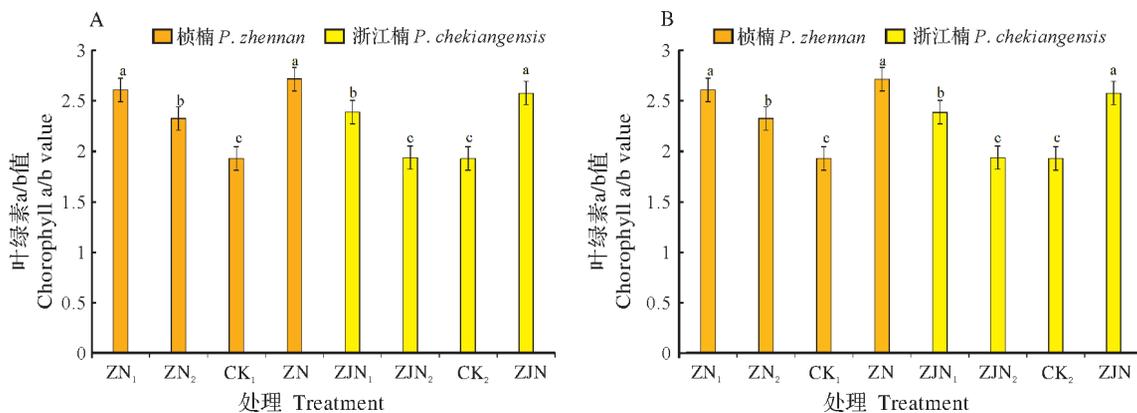
Data are means±SE. Data followed by different letters in a same category indicate significant difference at 0.05 level.

图 1 不同处理下 2 种楠属植物裸根苗移栽后的成活率

Fig.1 Survival rate of two two bare-root *Phoebe* transplanted seedlings under different treatments

2.2 不同处理剂对 2 种楠属植物裸根苗移栽后生理指标的影响

2.2.1 叶片叶绿素含量及叶绿素 a/b 值 由图 2 可知,2种楠属植物有使用处理剂的处理,叶片叶绿素含量均高于对照组。基准组 ZN 和 ZJN 的叶绿素含量最高,分别为 2.21 mg/g 和 2.18 mg/g;对照组 CK_1 和 CK_2 的叶绿素含量最低,分别为 1.53 mg/g 和 1.32 mg/g。而 ZN_1 组和 ZN_2 组相比于 CK_1 组的叶片叶绿素含量均出现显著上升($P < 0.05$),分别上升了 38.56% 和 21.57%;而浙江楠只有 ZJN_1 组相比于 CK_2 组显著上升,



图中数据为平均值±标准误,同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。ZN 和 ZJN 分别代表正常生长而未经过裸根移栽的桢楠和浙江楠。

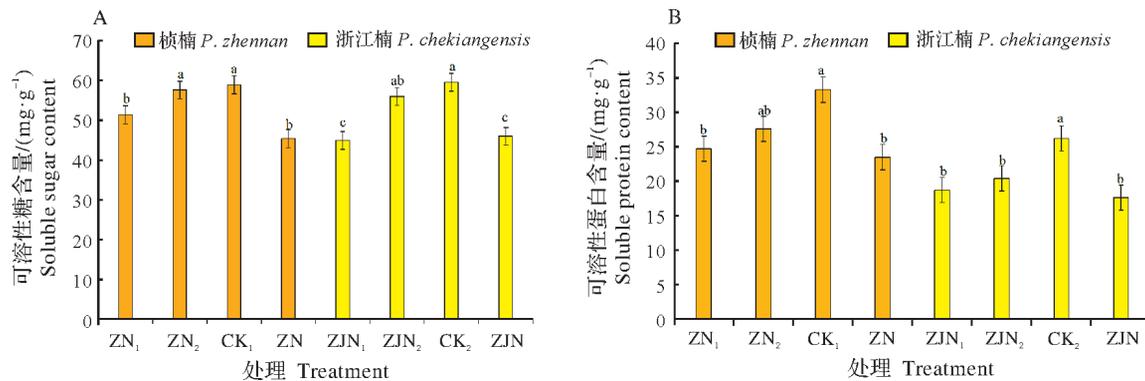
Data are means±SE. Data followed by different letters in a same category indicate significant difference at 0.05 level. ZN and ZJN represent *P. zhennan* and *P. chekiangensis* grow in normal environment without bare-root transplanting.

图 2 不同处理下 2 种楠属植物裸根苗移栽后的叶片叶绿素含量(A)和叶绿素 a/b 值(B)

Fig.2 Chlorophyll content(left)and chlorophyll a/b value(right)of leaves of two bare-root *Phoebe* transplanted seedlings with different treatments

ZJN₂组相比于CK₂组差异不显著($P>0.05$)。2种楠属植物裸根苗移栽后的叶片叶绿素含量a/b值在不同处理组间的变化趋势与叶片叶绿素含量的变化趋势基本一致。

2.2.2 叶片可溶性糖和可溶性蛋白含量 由图3可知,对照组CK₁和CK₂分别是2种楠属植物叶片可溶性糖含量的最高值处理,分别为58.70 mg/g和59.40 mg/g;桢楠处理组ZN₁和ZN₂相比于CK₁组的叶片可溶性糖含量分别下降12.78%和2.14%,而浙江楠处理组ZJN₁、ZJN₂相比于CK₂组的叶片可溶性糖含量分别下降了约24.58%和6.06%;ZN₁组和ZJN₁组的叶片可溶性糖含量分别比ZN₂组和ZJN₂组显著降低10.80%和19.71%,而ZN₁组和ZJN₁组的叶片可溶性蛋白含量分别比ZN₂组和ZJN₂组降低10.55%和8.37%,表明使用生根粉对浙江楠裸根苗移栽后叶片可溶性蛋白含量的恢复作用不显著。



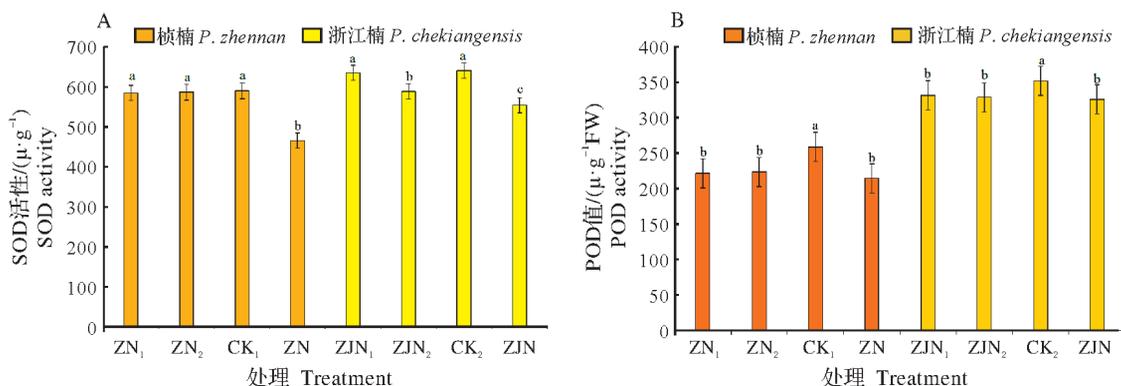
图中数据为平均值±标准误,同一类型柱上无相同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data are means±SE. Data followed by different letters in a same category indicate significant difference at 0.05 level.

图3 不同处理2种楠属植物裸根苗移栽后的叶片可溶性糖含量(A)和可溶性蛋白含量(B)

Fig.3 Soluble sugar content(left)and soluble protein content(right)of leaves of two bare-root *Phoebe* transplanted seedlings under different treatments

2.2.3 叶片SOD和POD活性 由图4可知,桢楠处理组ZN₁、ZN₂和对照组CK₁之间的叶片SOD活性无显著差异($P>0.05$),但均显著高于正常生长的基准组ZN($P<0.05$);而POD活性表现为ZN₁、ZN₂组与CK₁组有显著差异($P<0.05$),与基准组无显著性差异($P>0.05$)。浙江楠裸根苗移栽后的叶片POD活性表现与桢楠基本一致,不同的是,ZJN₂组的SOD活性相比于ZJN₁、CK₂降低1.99%和12.31%($P<0.05$)。结果表明,保水剂、粘合剂和生根粉处理对2种楠属植物的叶片SOD活性的影响不明显($P>0.05$),而能够显著降低2种楠属植物裸根苗移栽后的叶片POD活性($P<0.05$),使2种楠属植物裸根移栽后的叶片POD值恢复到正常水平。



图中数据为平均值±标准误,同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data are means±SE. Data followed by different letters in a same category indicate significant difference at 0.05 level.

图4 不同处理下2种楠属植物裸根苗移栽后的鲜叶片SOD活性(A)和POD活性(B)

Fig.4 SOD value(A)and POD value(B)of fresh leaves of two bare-root *Phoebe* transplanted seedlings under different treatments

3 结论与讨论

本研究结果表明,保水剂、粘合剂和生根粉联合处理能够明显提高2种楠属植物裸根苗移栽后的成活率,成活率可分别达到86.00%和73.00%。其中,保水剂、粘合剂和生根粉联合处理分别比保水剂处理和粘合剂处理的移栽成活率提高2.40%和5.50%,这与李红晓^[16]和彭丽娜^[17]的研究结果相似。这是因为粘合剂能使根系和水分充分接触,而保水剂则保持住了根系周围的水分,保障了根系充足的水分需求,使其适应胁迫环境^[18];生根粉则促进裸根苗移栽后根系的生长,使得植株能更好地吸收水分,裸根苗移栽后的缓苗期减少。

裸根苗在移栽过程中,其体内的生理指标会发生一系列的变化。郑雨等^[19]发现,在牡丹幼苗叶片中,胁迫环境中的叶绿素相对含量显著低于未受到胁迫的。当植物处于不利条件下,其体内短时间内会有大量物质的聚集,比如可溶性糖(SS)、可溶性蛋白(SP)等一些能够反应植物细胞内渗透压变化的化合物^[20];与此同时,植株体内会发生代谢紊乱和活性氧物质过量聚集等现象,作为植物体内抗氧化酶系统的重要组成部分的SOD和POD,在去除植株体内活性氧方面起到重要的作用。卫矛叶片中的保护酶活性,在移栽后呈现出先升高后降低的变化趋势^[21]。本试验中,2种楠属植物裸根苗在移栽后,在其叶片中的叶绿素含量(CHL)、可溶性糖和可溶性蛋白含量、SOD和POD含量均有显著性的变化,而经过保水剂、粘合剂和生根粉处理后,其叶片内的生理指标大部分能恢复到正常水平,这说明保水剂、粘合剂和生根粉能够显著提高植株的耐胁迫能力,提高裸根苗移栽成活率。

本研究分别对桢楠和浙江楠4年生小苗进行2种不同的处理:ZN₁和ZJN₁处理组为保水剂、粘合剂和生根粉联合处理;ZN₂和ZJN₂处理组为未添加生根粉的保水剂和粘合剂联合处理;对照组CK₁和CK₂为未加任何处理剂的裸根移栽苗。试验结果表明,桢楠和浙江楠裸根苗移栽后的叶片可溶性糖含量(SS)、叶绿素a/b、叶绿素含量(CHL)均表现为ZN₁>ZN₂>CK₁、ZJN₁>ZJN₂>CK₂的变化趋势;而可溶性蛋白含量、POD活性、SOD活性等指标则表现为CK₁>ZN₂>ZN₁、CK₂>ZJN₂>ZJN₁,其中ZN₁和ZJN₁组叶片生理指标与正常生长的叶片最接近。究其原因:一是保水剂的施用提高了裸根苗根系周围土壤的保水性,提高了植物根系周围土壤的含水量^[22-26],有利于裸根苗移栽后根系恢复正常生长;二是生根粉对于诱导生根具有很强的能力,添加生根粉后植物生根迅速,发根量较大,配合保水剂联合使用可以更有效地促进裸根苗移栽根系的发生,根系越早发生,移栽苗就能更早期地从土壤中吸收到满足自身需求的水分,缓解因移栽导致的水分胁迫,对于根系恢复正常生长和移栽后的成活均具有积极的促进作用^[27-28]。本试验中,在ZN₁组和ZJN₁组中由于添加了生根粉,有利于提高裸根苗移栽成活率。因此,保水剂、粘合剂和生根粉联合处理对裸根苗生根的促进效果最好,而未添加生根粉处理的效果其次,未加任何处理剂的对照组CK₁和CK₂的效果最差。

参考文献 References:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第三十一卷[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 112-113.
Editorial Committee of Chinese Flora of the Chinese Academy of Sciences. Volume 31 of Flora of China[M]. Beijing: Science Press, 1982: 112-113.
- [2] 傅立国, 金鉴明. 中国植物红皮书: 稀有濒危植物 第一册[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 364.
FU L G, JIN J M. Red Book of Chinese Plants: Volume 1 of Rare and Endangered Plants[M]. Beijing: Science Press, 1992: 364.
- [3] 刘志雄, 费永俊. 我国楠木类种质资源现状及保育对策[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2011, 8(5): 221-223.
LIU Z X, FEI Y J. The present status and conservation strategies for *Phoebe nees* and *Machilus nees* [J]. Journal of yangtze university (natural science edition), 2011, 8(5): 221-223.
- [4] MENA-PETITE A, LACUESTA M, MUNOZRUEDA A. Ammonium assimilation in *Pinus radiata* seedlings: effects of storage treatments, transplanting stress and water regimes after planting under simulated field conditions[J]. Environmental and experimental botany, 2006, 55(1): 1-14.
- [5] SUNG S J S, KORMANIK P P, BLACK C C. Vascular cambial sucrose metabolism and growth in loblolly pine (*Pinus taeda*

- L.) in relation to transplanting stress[J]. *Tree physiology*, 1993, 12(3): 243-258.
- [6] 梁小春, 韦中绵, 李婷, 等. 擎天树裸根苗移栽试验研究[J]. *林业科技通讯*, 2018(4): 21-24.
LIANG X C, WEI Z M, LI T, et al. Experimental study on bare root transplanting of *Parashorea chinensis*[J]. *Forest science and technology*, 2018(4): 21-24.
- [7] 冷英, 敖书飞, 孔红霞, 等. 油用牡丹大苗裸根移栽技术[J]. *湖北林业科技*, 2017, 46(3): 89-90.
LENG Y, AO S F, KONG H X, et al. Bare root transplanting technology of oil tree of *Paeonia suffruticosa*[J]. *Hubei forestry science and technology*, 2017, 46(3): 89-90.
- [8] 单和卫, 尹丰年, 冯士兴. 多年生香樟苗裸根移栽试验[J]. *林业与生态*, 2016(5): 34.
SHAN H W, YIN F N, FENG S X. Bare root transplanting of perennial tree of *Cinnamomum camphora*[J]. *Forestry and ecology*, 2016(5): 34.
- [9] 张苏州, 蒋明. 野生浙江红山茶大树裸根移栽方法初探[J]. *广东林业科技*, 2014, 30(4): 79-82.
ZHANG S Z, JIANG M. Preliminary study on bare root transplanting of wild big *Camellia chekiangoleosa*[J]. *Forestry science and technology of Guangdong Province*, 2014, 30(4): 79-82.
- [10] 徐奎源, 徐永星, 徐裕良. 红楠等4种楠木树种的栽培试验[J]. *江苏林业科技*, 2005, 32(2): 26-27.
XU K Y, XU Y X, XU Y L. The cultivation experiment of *Machilus thunbergii* and other three *Phoebe* species[J]. *Journal of Jiangsu forestry science & technology*, 2005, 32(2): 26-27.
- [11] 朱雁. 珍贵树种楠木容器苗芽苗移栽技术[J]. *中国林副特产*, 2010(3): 54-55.
ZHU Y. Transplanting technology of container shoot seedlings of *Precious Phoebe nees* and *Machilus nees* species[J]. *Forest by-product and speciality in China*, 2010(3): 54-55.
- [12] 王寒, 陈建军, 林锐峰, 等. 粤北地区移栽期对烤烟成熟期生理生化指标和经济性状的影响[J]. *中国烟草学报*, 2013, 19(6): 71-77.
WANG H, CHEN J J, LIN R F, et al. Effects of transplanting date on several physiological and biochemical indexes at maturation stage and economic trait of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)[J]. *Acta tabacaria Sinica*, 2013, 19(6): 71-77.
- [13] WELLBURN A R, LICHTENTHALER H. Formulae and program to determine total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf extracts in different solvents[M]. Brussels: advances in agricultural biotechnology, 1984: 9-12.
- [14] 王兴荣, 张彦军, 李玥, 等. 干旱胁迫对大豆生长的影响及抗旱性评价方法与指标筛选[J]. *植物遗传资源学报*, 2018, 19(1): 49-56.
WANG X R, ZHANG Y J, LI Y, et al. Effects of drought stress on growth and screening methods and indexes for drought-resistance in soybean[J]. *Journal of plant genetic resources*, 2018, 19(1): 49-56.
- [15] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
ZHANG Z L. Experimental Guidance of Plant Physiology[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [16] 李红晓. ABT生根粉和保水剂对三种观赏树木移栽后生长和抗寒性的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
LI H X. The effects of ABT rooting powder and super-absorbent polymer on growth and frost hardiness of three ornamental trees after transplanting[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2013.
- [17] 彭丽娜. 保水剂对华北驼绒藜生长生理和建植力的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2007.
PENG L N. Effect of super-absorbent polymers on physiology and establishment of *Ceratoides arborescens*[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2007.
- [18] 白岗栓, 耿伟, 何登峰. 保水剂施用量对秦巴山区土壤特性及烤烟生长的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2019, 45(3): 343-354.
BAI G S, GENG W, HE D F. Effects of super-absorbent polymer with different application rates on soil characteristics and flue-cured tobacco growth in Qinba mountain area[J]. *Journal of Zhejiang university (agriculture & life sciences)*, 2019, 45(3): 343-354.
- [19] 郑雨, 赵玉文, 费文群, 等. 干旱胁迫下西藏2种牡丹幼苗叶绿素含量和光合特征比较[J]. *高原农业*, 2018, 2(5): 453-461.
ZHENG Y, ZHAO Y W, FEI W Q, et al. Comparison of chlorophyll content and photosynthetic characteristics of 2 species of plateau *Paeonia* seedlings under drought stress[J]. *Journal of plateau agriculture*, 2018, 2(5): 453-461.

- [20] 张健,张明,侯云鹏,等.干旱胁迫对甘肃中部春小麦生理性状及灌水利用效率的影响[J].干旱气象,2019,37(1):139-145.
ZHANG J,ZHANG M,HOU Y P, et al.Effects of drought stress on physiological characteristics and irrigation water use efficiency of spring wheat in central Gansu[J].Journal of arid meteorology,2019,37(1):139-145.
- [21] 宋鹏,丁彦芬.卫矛属植物抗旱性研究进展[J].江苏农业科学,2019,47(3):11-15.
SONG P,DING Y F.Research progress of drought resistance of *Euonymus* [J].Jiangsu agricultural sciences,2019,47(3):11-15.
- [22] 刘挺,张文静,常安然,等.“保水剂+秸秆覆盖”对烤烟土壤养分的影响[J].湖南农业科学,2016(2):51-53.
LIU T,ZHANG W J,CHANG A R, et al.Effects of water-retaining agent and straw mulching on tobacco soil nutrients[J].Hunan agricultural sciences,2016(2):51-53.
- [23] 丁莉萍,孙维红,李朋飞.复合菌剂对樟树苗移栽生长及圃地土壤的影响[J].生物技术进展,2017,7(3):236-240.
DING L P,SUN W H,LI P F.Effect of composite microbial agents on transplant of *Cinnamomum camphora* seedlings and nursery soil[J].Current biotechnology,2017,7(3):236-240.
- [24] 朱丽,刘建立,吴勇明,等.不同浓度1-萘乙酸对闽楠和楠木1年生移栽苗生长的影响[J].湖北林业科技,2015,44(1):13-15.
ZHU L,LIU J L,WU Y M, et al.Effects of different concentrations of 1-naphthyl acetic acid on transplant one-year-old seedlings of *Phoebe boarnei* and *Phoebe zhennan*[J].Hubei forestry science and technology,2015,44(1):13-15.
- [25] 单和卫,尹丰年,冯士兴.多年生香樟苗裸根移栽试验[J].林业与生态,2012(4):51.
SHAN H W,YIN F N,FENG S X.Bare root transplanting experiment on perennial seedlings of *Cinnamomum camphora*[J].Forestry and ecology,2012(4):51.
- [26] 马晓娣,杨英华,孙玉霞,等.保水剂在翠菊移栽中的应用研究[J].北方园艺,2007(2):103-104.
MA X D,YANG Y H,SUN Y X, et al.Research on application effect of water-retaining agent in transplantation of *Callistephus chinensis*[J].Northern horticulture,2007(2):103-104.
- [27] 朱晗,罗红艳,李茂,等.生根粉处理对杉木扦插生根和内源激素含量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(24):104-108.
ZHU H,LUO H Y,LI M, et al.Effects of rooting powder on adventitious root formation and endogenous hormones contents of shoot cuttings of *Cunninghamia lanceolata*[J].Jiangsu agricultural sciences,2019,47(24):104-108.
- [28] 吴连明,郭伟,王景利.SAP保水剂与ABT生根粉在造林上的应用研究[J].天津农林科技,2007(1):30-31.
WU L M,GUO W,WANG J L. et al.Application research on forestation with super-absorbent polymer and ABT rooting powder[J].Science and technology of Tianjin agriculture and forestry,2007(1):30-31.