

不同种源 2 年生山桐子生长规律差异性分析

张小雪^{1,2}, 刘震^{1,2}, 王新建³, 李志^{1,2}, 蔡齐飞^{1,2}, 耿晓东^{1,2}, 王艳梅^{1,2*}, 吴慧源^{1,2}

(1. 河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南农业大学 中原地区森林资源培育国家林业和草原局重点实验室, 河南 郑州 450002;
3. 河南林业职业学院, 河南 洛阳 471002)

摘要:为探究不同种源山桐子生长发育规律差异,取湖南、四川、河南、贵州、江西、江苏 6 个种源的 2 年生山桐子苗木作为试验材料,观测不同种源在相同生境下的生长量、分枝数、展叶数等生长指标。结果表明:1)不同种源 2 年生山桐子苗木顶芽萌发时间差异不显著($P>0.05$)。2)各种源 2 年生山桐子主干顶芽抽枝、侧枝顶芽抽枝、二次分枝的伸长生长和粗生长都呈现“慢-快-慢”的生长趋势。3)6 个种源 2 年生山桐子苗木的生长量、展叶量、二次分枝数存在显著差异($P<0.05$)。主干顶芽抽枝中,贵州种源生长量、展叶量最多,生长量最少的是江苏种源,展叶最少的是河南种源;侧枝顶芽抽枝中,贵州种源生长量最多,河南种源的展叶量最多,四川种源生长量、展叶量最少;在二次分枝方面,贵州种源的生长量最多,其次是河南、四川、湖南,生长量最少的是江西种源;四川、江西、湖南种源的二次分枝数量明显高于河南、贵州和江苏种源;不同种源的二次分枝以上主干生长量表现为:贵州种源最多,其次是湖南种源,四川、江苏、江西种源较少,河南种源最少;4)在贵州、江西、江苏 3 个种源的主干顶芽抽枝伸长过程,四川种源的侧枝顶芽抽枝伸长过程,江西种源的二次分枝粗生长过程中都出现二次生长现象。不同种源山桐子之间具有一定的遗传差异性,在郑州地区以贵州种源的苗木生长可能有较好的适应性。

关键词:山桐子;种源;生长发育;顶芽

中图分类号:S722.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2021)04-0118-06

Comparison on the Growth Performance of 2-Year-Old *Idesia polycarpa* Seedlings from Different Provenances

ZHANG Xiao-xue^{1,2}, LIU Zhen^{1,2}, WANG Xin-jian³, LI Zhi^{1,2}, CAI Qi-fei^{1,2}, GENG Xiao-dong^{1,2},
WANG Yan-mei^{1,2*}, WU Hui-yuan^{1,2}

(1. College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China; 2. Key Laboratory of Central Plains Forest Resources Cultivation, National Forestry and Grassland Administration/Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China; 3. Henan Forestry Vocational College, Luoyang 471002, Henan, China)

Abstract: To explore the differences in growth and development of the seedlings from different provenances, 2-year-old plants of *Idesia polycarpa* from Hunan, Sichuan, Henan, Guizhou, Jiangxi, and Jiangsu were used as experimental materials to observe the growth indexes in the same habitat, such as the amount of growth, the number of branches and leaf expansion, and other parameters. The results indicated that 1) there was no significant difference in the sprouting time of terminal buds among the seedlings from different provenances ($P>0.05$). 2) The elongation and coarse growth trend of the trunk terminal bud branch, the lateral branch terminal bud, and the secondary branch from different provenances showed the pattern of “slow-fast-slow”. 3) There were significant differences in the growth, leaf expansion, and secondary branch

收稿日期:2020-11-01 修回日期:2021-01-25
基金项目:林业科技发展项目(生物安全与遗传资源管理项目);山桐子遗传资源遗传多样性调查与评价(KJZXSA2019041)。
作者简介:张小雪。研究方向:森林培育学。E-mail:1286699640@qq.com
* 通信作者:王艳梅,博士,副教授,硕士生导师。研究方向:森林培育学。E-mail:390107193@qq.com

number among the seedlings from 6 provenances ($P<0.05$). In the trunk terminal bud shoot, Guizhou provenance had the highest growth and leaf expansion rate, Jiangsu provenance had the lowest growth and Henan provenance had the fewest leaf expansion rate. Among the lateral branch terminal buds, Guizhou provenance had the highest growth, Henan provenance had the highest leaf expansion rate, and Sichuan provenance had the lowest and fewest growth and leaf expansion rate. In terms of secondary branches, Guizhou provenance had the highest growth, followed by Henan, Sichuan, and Hunan, and Jiangxi provenance had the lowest growth. The number of secondary branches of Sichuan, Jiangxi and Hunan provenances were significantly higher than those of Henan, Guizhou and Jiangsu provenances. The main stem growth above the secondary branch from different provenances was as follows: Guizhou provenance was the highest, followed by Hunan, Sichuan, Jiangsu, Jiangxi provenance, and Henan provenance was the lowest. 4) Secondary growths was observed in the process of shoot elongation of trunk terminal buds of Guizhou, Jiangxi and Jiangsu provenances, in the shoot elongation of lateral branch terminal buds of Sichuan provenance and in the coarse growth of secondary branches of Jiangxi provenance. Genetic differences were found among different provenances, and the seedling from Guizhou provenance may have a better adaptability in the Zhengzhou area.

Key words: *Idesia polycarpa*; provenance; growth and development; terminal bud

山桐子 (*Idesia polycarpa*) 是大风子科 (Flacourtiaceae) 落叶乔木, 广泛分布于中国、韩国以及日本等东亚地区^[1]。山桐子果实含油率高且品质优良, 其作为新兴的重要木本油料树种^[2], 在维护国家粮油安全中有重要地位。山桐子生长快, 对环境适应性强, 也是优质用材树种和良好观赏植物。

植物表型形状差异, 是植物适应自然环境以及内部遗传物质共同作用的结果。为适应不同环境, 植物能够在形态结构及生理特性等方面产生不同响应, 进而分化出不同的种源。对不同种源树种的生长差异进行分析研究^[3-6], 来判定种源优劣势, 能够为苗木的优良种源选育与资源利用提供理论基础。山桐子地理分布广泛, 生长于日本亚热带冲绳县与暖温带三重县两地区的山桐子高生长停止期相同, 都具有冬休眠特性, 但萌芽期阶段不同^[7]。那么分布于中国大陆性环境中各地区的山桐子生长是否有差异还需要进一步研究。贾青^[8]通过分析比较不同种系山桐子的生长量、结实量、含油量等性状差异评价筛选了优良无性系, 江锡兵^[9]根据果实的产量、含油率等经济评价性状对不同地区山桐子的野生资源进行优株选择。宋雨^[10]对不同种源以及不同家系的山桐子遗传变异情况进行了研究, 蔡齐飞^[11]对不同种源 1 年生山桐子的生长差异状况进行了试验调查, 为研究山桐子地理变异规律、选择优良种源奠定了基础, 但是不同种源山桐子 2~3 a 以上的生长发育状况还不明晰。为此, 试验收集湖南、四川、河南、贵州、江西、江苏 6 个种源山桐子, 选取顶芽萌发特性、枝条生长量、展叶量为评价指标对其进行 2 a 的连续观测。试验研究不同种源山桐子生长发育规律, 对选择适合生长的良种具有一定的指导意义, 能够为山桐子资源利用提供参考, 为山桐子种质资源信息收集、优良种源选育提供资料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

苗木种植于河南农业大学林学实验站。位于暖温带大陆性季风气候区, 年均气温 14.2℃, 极端最高气温 43℃, 极端最低气温 -17.9℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 4 717℃, 年均降水量 650.1 mm, 年日照 2 400 h, 无霜期 215 d。试验地为潮土 (沙壤土), 微碱性, 有机质含量 7.6 g·kg⁻¹, 全 N 含量 0.58 g·kg⁻¹, 全 P 含量 1.34 g·kg⁻¹, 全 K 含量 22.8 g·kg⁻¹。

1.2 试验材料

试验材料来自实验站培育的湖南张家界、四川广元、河南洛阳、贵州贵阳、江西赣州、江苏南京等 6 个种源 2 年生山桐子播种苗各 20 株, 种植株行距为 1.5 m×1.5 m。

1.3 试验方法

对湖南、四川、河南、贵州、江西、江苏等 6 个种源山桐子进行动态观测, 观测其顶芽萌发及生长发育情况。

3—5 月是山桐子顶芽萌发期, 期间对 6 个不同种源顶芽发育进行观测, 每次观测间隔 7 d。

4 月 13 日开始观测并记录抽枝生长情况, 分别观测山桐子主干顶芽抽枝、侧枝顶芽抽枝的伸长量、粗生长量、展叶数, 每 10 d 观测 1 次, 观测至其生长停止 (着叶数为 0 时)。萌发后的伸长量、粗生长量是从萌芽基部进行测定的。

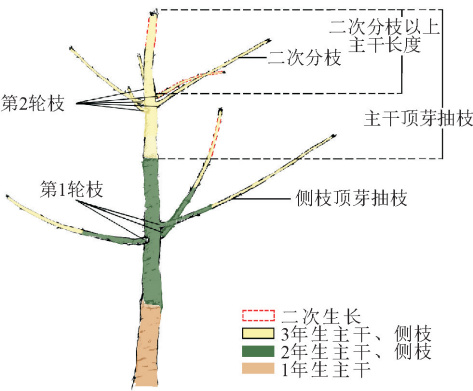
5 月 23 日观测到二次分枝 (主干顶芽抽枝上新生侧枝) 的生长, 并记录其伸长量、粗生长量、展叶数

等指标,每 10 d 观测 1 次。

12 月 23 日统计二次分枝数量、测量二次分枝以上主干生长长度。

1.4 数据处理

利用 Excel 和 SPSS 等软件进行数据处理。



注:部分种源主干顶芽抽枝与侧枝顶芽抽枝的伸长生长过程、二次分枝的粗生长过程出现二次生长现象。

图 1 山桐子观测示意图

Fig. 1 Schematic diagram of *Idesia polycarpa* observation

2 结果与分析

2.1 不同种源 2 年生山桐子的顶芽萌发状况差异

将山桐子顶芽萌发过程划分为未萌动、膨大、芽鳞开裂及展叶 4 个阶段,分别以 0、1、2、3 作为定量标示。

由图 3 可知,各种源 2 年生山桐子顶芽萌发时间在 3 月 10 日—4 月 7 日。其中,江苏种源顶芽萌发于 3 月中旬最先启动,并首先完成展叶;湖南、河南、四川、江西 4 个种源于 3 月中旬芽鳞始开裂,而贵州种源的芽鳞开裂较晚;贵州、湖南种源展叶最晚。方差分析结果显示,不同种源 2 年生山桐子顶芽萌发时间差异不显著($P>0.05$)。

2.2 不同种源 2 年生山桐子主干顶芽抽枝生长状况差异

由图 4A 可知,4—6 月是各种源山桐子主干顶芽抽枝迅速伸长期。其中,贵州、江西、江苏种源顶芽伸长过程发生二次生长现象。贵州种源主干顶芽伸长量最大,达 133.1 cm,四川种源伸长量达



图 2 山桐子顶芽萌发阶段

Fig. 2 Sprouting stage of the terminal bud of *I. polycarpa*

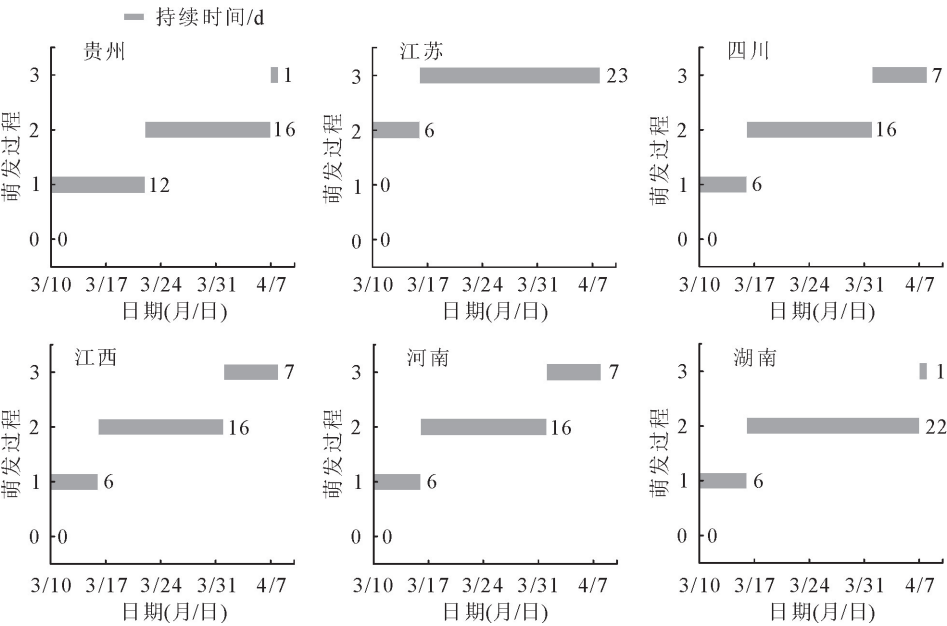


图 3 不同种源顶芽萌发过程

Fig. 3 Sprouting process of the terminal buds from different provenances

105.3 cm,湖南、河南种源伸长量达到 85.2、84.1 cm,其次江西种源为 77.3 cm,江苏种源仅 64.0 cm。

由图 4B 可知,各种源山桐子顶芽抽枝粗生长趋势基本一致,且较为平缓。4—8 月主干顶芽抽枝粗生长量持续增加,之后生长缓慢直至停止。贵州种源顶芽粗生长量最大,为 20.6 mm,河南种源粗生长量为 19.3 mm,四川、江苏 2 个种源粗生长量分别为 17.5 mm、17.2 mm,湖南种源较少,为 16.1 mm,江西种源顶芽粗生长量最少,为 13.9 mm。

由图 4C 可知,贵州、江西种源主干顶芽抽枝展叶分别在 7 月初、7 月中旬基本完成;江苏、湖南种源展叶数出现 2 个增长期,前者在 4—7 月初、9 月中旬—10 月中旬匀速增长,而湖南种源在 4—8 月初、11 月中旬—12 月中旬快速增长;四川种源展叶数在 4—8 月初快速增长;河南种源在 4—5 月末展叶迅速。方差分析结果显示,各种源 2 年生山桐子主干顶芽抽枝的伸长生长、粗生长、抽叶状况差异极

显著($P<0.05$)。

2.3 不同种源 2 年生山桐子侧枝顶芽抽枝生长状况差异

由图 5A 可知,5 月中旬,四川种源山桐子基本完成侧枝顶芽抽枝的伸长生长,直至 9 月中旬出现再次生长。湖南、贵州、河南种源侧枝顶芽抽枝伸长生长分别在 6 月初、7 月初和 8 月初基本完成。其中,河南种源伸长量最大,达 61.38 cm;贵州种源伸长量为 60.25 cm;湖南、四川种源伸长量较小,分别为 30.81、28.71 cm。

由图 5B 可知,不同种源山桐子侧枝顶芽抽枝粗生长中,贵州、河南种源侧枝顶芽抽枝粗生长在 4—7 月初快速增长,之后增长减缓直至 12 月,而湖南、四川种源均呈匀速增长趋势。其中,贵州种源粗生长量最大,为 10.1 mm,河南种源粗生长量为 9.2 mm,湖南、四川种源侧枝顶芽抽枝粗生长量较小,分别达到 6.7、6.2 mm。

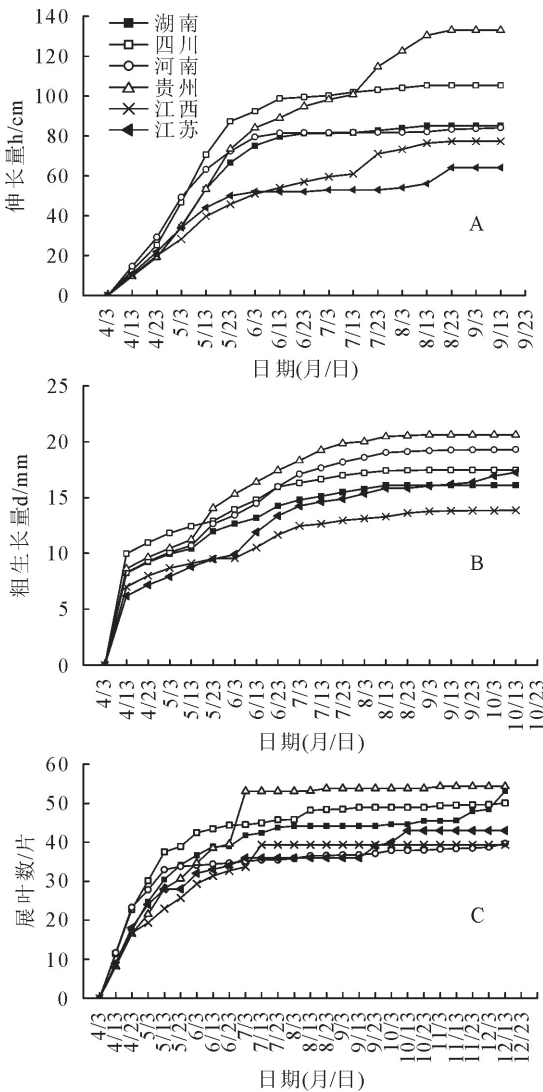


图 4 不同种源主干顶芽抽枝的生长差异

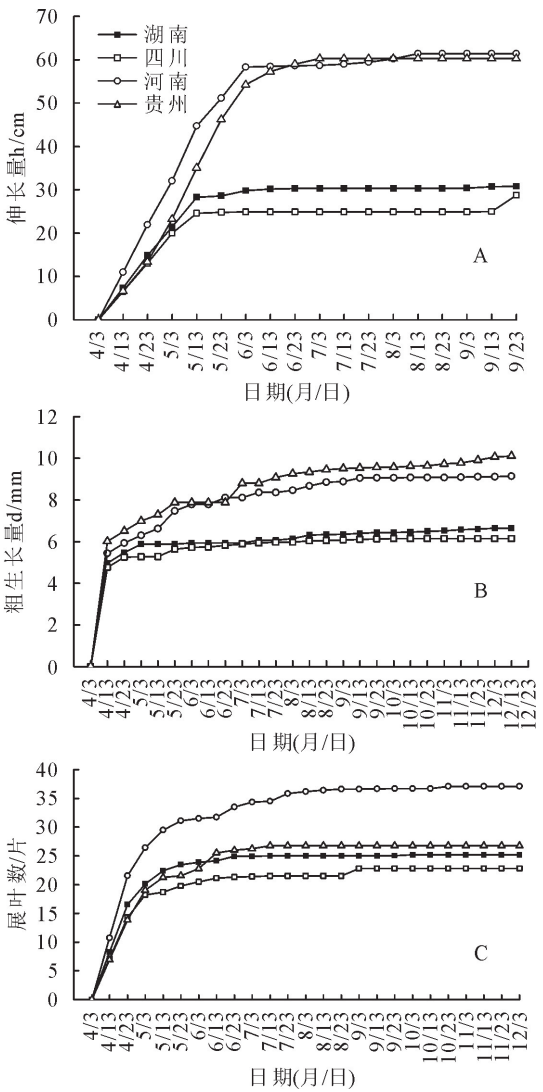


图 5 不同种源侧枝顶芽抽枝生长差异

Fig. 4 Growth difference of the trunk terminal buds from different provenances

Fig. 5 Growth difference in the growth of terminal bud of the lateral branches from different provenances

由图 5C 可知,不同种源山桐子侧枝顶芽抽枝展叶数在 4—5 月末快速增长,其中,四川种源在 8 月末~9 月初出现第 2 个增长期。河南种源侧枝顶芽抽枝展叶期持续到 10 月中旬,并且展叶数持续高于其他种源;湖南、贵州种源展叶在 7 月中旬基本完成;四川种源展叶数最少,于 9 月初不再展叶。方差分析结果显示,不同种源 2 年生山桐子侧枝顶芽抽枝伸长生长、粗生长、展叶状况差异极显著($P<0.05$)。

2.4 不同种源 2 年生山桐子二次分枝生长状况差异

由图 6A 可知,湖南、四川种源山桐子二次分枝伸长生长在 5—8 月初基本完成,而贵州、河南、江西种源伸长生长于 5—8 月中旬快速增长,之后增长减缓。其中,贵州种源二次分枝伸长生长量最大,为 100.67 cm;河南种源伸长量较少,达 76.54 cm;其次是湖南、四川种源,伸长量分别为 55.28、55.84 cm;江西种源伸长量最少,仅 48.18 cm。

由图 6B 可知,河南种源山桐子二次分枝粗生长 5 月末—8 月初,9—10 月 2 个增长期,生长量达 10.52 mm;四川种源二次分枝粗生长于 8 月末基本停滞,生长量仅为 7.63 mm;贵州、湖南、江西种源于 9 月初停止生长,二次分枝粗生长量为 9.34、7.59、7.24 mm。

由图 6C 可知,贵州、河南种源山桐子二次分枝展叶数明显大于湖南、四川、江西种源。四川、江西、湖南种源二次分枝展叶期为 5 月中—8 月中,而贵州种源展叶期较长,于 9 月初基本完成。方差分析结果显示,不同种源 2 年生山桐子二次分枝伸长生长、粗生长、展叶状况差异显著($P<0.05$)。

由图 7 可知,与四川、江西、湖南种源 3 个种源相比,河南、贵州、江苏种源二次分枝数量较少。四川种源平均二次分枝数为 6.1;江西、湖南种源平均 6 枝;河南、贵州种源平均 5.1 枝、4.8 枝;而江苏种源没有产生二次分枝。方差分析结果显示,不同种源 2 年生山桐子二次分枝数差异显著($P<0.05$)。

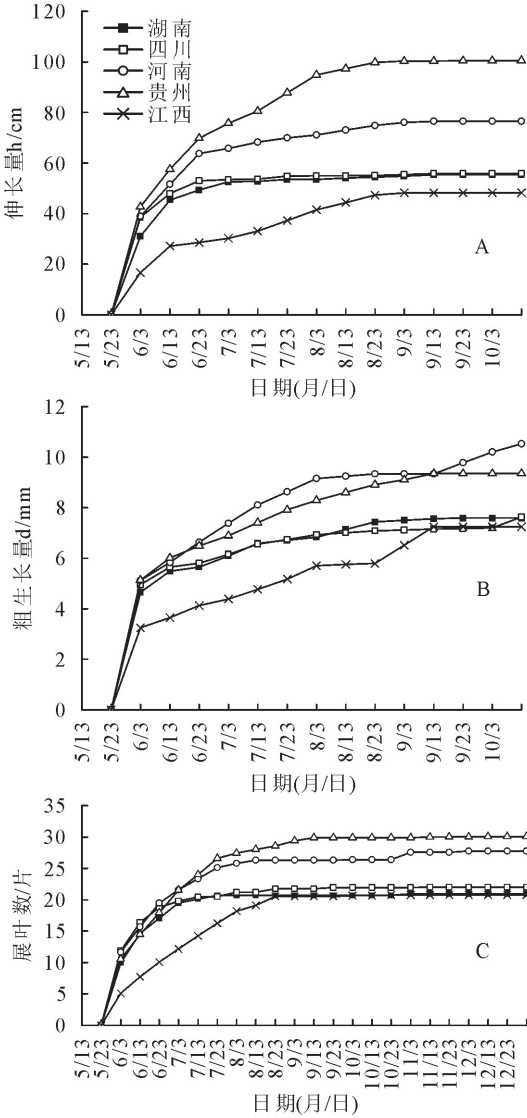


图 6 不同种源二次分枝生长状况

Fig. 6 Growth difference in the secondary branches from different provenances

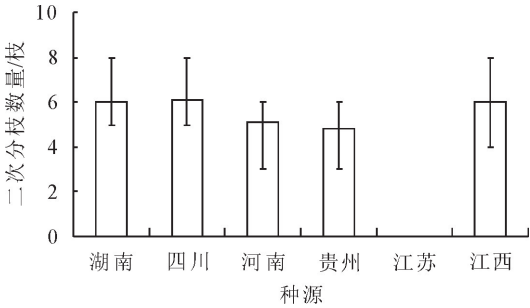


图 7 不同种源二次分枝数量差异

Fig. 7 Difference in the number of secondary branches from different provenances

2.5 不同种源 2 年生山桐子二次分枝以上生长状况差异

由图 8 可知,贵州种源顶端优势最为明显,二次分枝以上主干长度达 79.75 cm;其次湖南种源为 49.67 cm;四川种源为 40.57 cm;江苏、江西种源分别为 27.0、23.0 cm;河南种源顶端生长量明显少于其他种源,生长长度仅 7.45 cm。方差分析结果显示,不同种源 2 年生山桐子二次分枝以上主干长度的差异极显著($P<0.05$)。

3 讨论

大陆性气候环境下的山桐子冬芽具有休眠现象,并且不同种源山桐子顶芽萌发需要解除休眠的低温随着纬度降低而升高^[7,12]。本试验研究发现江苏种源的山桐子顶芽萌发早于其他种源,但是不同种源 2 年生山桐子苗木顶芽萌发启动时间差异不显著($P>0.05$),对截叶铁扫帚种子萌发差异的研究

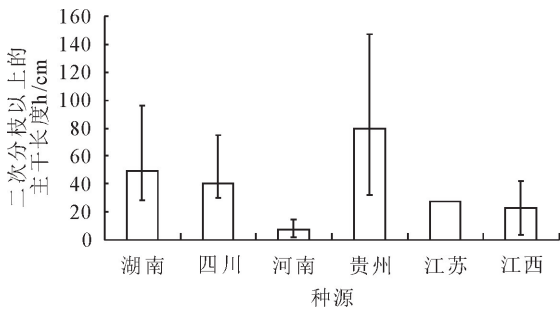


图 8 不同种源二次分枝以上的主干长度差异

Fig. 8 Differences in trunk length above the secondary branches from different provenances

中也发现与山桐子存在相同的生长习性规律^[13],可能原因是不同种源均处于大陆性气候环境。

不同种源山桐子主干顶芽抽枝、侧枝顶芽抽枝、二次分枝的伸长生长和粗生长都呈现“慢-快-慢”的生长趋势,与前人对山桐子^[14-15]、云南松(*Pinus yunnanensis*)^[16]等苗木的高、地径生长规律的研究结论一致,是苗木自身遗传物质决定的。但是,在自然环境和遗传基因作用下,不同区间之间或者区间内林木种源的表型性状表现出不同程度的变异^[10,18-20]。不同种源山桐子的主干顶芽抽枝、侧枝顶芽抽枝和二次分枝的生长量、展叶数差异显著($P<0.05$),与刘震^[15]研究结果一致,表明山桐子在不同分布区间具有显著的遗传差异性^[11,21]。研究发现,在 2 年生山桐子种源二次分枝的快速生长期,主干顶芽抽枝的生长速度开始变缓。陈君肆^[22]在研究变温环境中 1 年生山桐子生长状况中发现过相似现象,表明山桐子枝条顶端优势在主干和侧枝之间能够互换。

2 年生的贵州、江西、江苏种源山桐子主干顶芽抽枝伸长过程中出现二次生长,四川种源侧枝顶芽抽枝伸长过程中出现二次生长,江西种源二次分枝粗生长过程中出现二次生长,但相较于出现二次生长现象的江西、江苏、江西种源,贵州种源山桐子的生长量明显较大。一般认为洛阳与郑州气候环境最为相似,洛阳种源山桐子在郑州的生长情况会最优。但经研究发现,6 个种源 2 年生山桐子苗木中,贵州种源生长发育状况较好。

4 结论

山桐子顶芽萌发发展叶时期为 3 月上旬至 4 月上旬。其顶端优势明显,新梢通常由顶芽和腋芽抽生萌发而成;山桐子每年高生长可达 1 m,粗生长可达 1 cm,多数种源山桐子主干上 1 年萌发 1 轮侧枝,每轮 3~6 个侧枝,塔形树冠,层次分明。4—5 月山桐子主干顶芽抽枝伸长生长快速,6 月进入缓慢生长

期,7—8 月侧芽不再萌发,顶端继续进行高生长,9 月高生长停止达到最高;4—9 月进行粗生长,10 月粗生长停止。山桐子侧枝顶芽抽枝在 4—6 月快速伸长;4—5 月末快速进行粗生长,在 6 月初至 9 月末粗生长缓慢。在郑州地区,2 年生山桐子年展叶数可以达到 50 枚左右,一般 6 月开始落叶,11 月早霜后全部落叶。研究 6 个不同种源 2 年生山桐子生长差异,发现贵州种源的生长发育状况优于其他种源,这表明贵州种源山桐子在郑州地区可能有较好的适应性。

致谢:感谢加拿大湖首大学(Lakehead University)的 Dr. Chris 对英文部分修改提供帮助。

参考文献:

[1] 王东洪. 不同种源山桐子冬芽休眠的温度特性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.

[2] 刘芙蓉, 罗建勋, 杨马进. 山桐子的地理分布及其潜在适宜栽培区划[J]. 林业科学研究, 2017, 30(6): 1028-1033.

LIU F R, LUO J X, YANG M J. Geographic distribution and regionalization of potential suitable cultivated area for *Idesia polycarpa* [J]. Forest Research, 2017, 30(6): 1028-1033. (in Chinese)

[3] 张春回, 蒋华, 白天道, 等. 不同种源中国马褂木在广西的早期生长表现[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(6): 121-128.

ZHAN C H, JIANG H, BAI T D, et al. Early growth performance of *Liriodendron Chinense* from 5 provenances in Guangxi [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(6): 121-128. (in Chinese)

[4] 卢永艳, 林敏, 吴芳明, 等. 北美鹅掌楸不同种源子代苗期规律及生长比较分析[J]. 种子. 2020, 39(10): 89-93.

[5] 杨汉波, 郭洪英, 陈炙, 等. 引种桉树种源生长性状的遗传变异及早期评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(6): 109-114.

YANG H B, GUO H Y, CHEN J, et al. Genetic variation and early evaluation on the growth traits of provenances of *Eucalyptus* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(6): 109-114. (in Chinese)

[6] 谢英赞, 王朝英, 马立辉, 等. 不同种源区桉树种子形态、发芽特征及幼苗生长情况研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(4): 92-99.

XIE Y Z, WANG C Y, MA L H, et al. Seed traits and seedling growth of *Phoebe zhenan* from different provenances [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(4): 92-99. (in Chinese)

[7] 刘震. 亜熱帯域に分布するイイギリの休眠に関する研究[R]. 三重大学生物資源学部演習林報告, 2000, 24: 107-161.

[8] 贾晨, 王戈, 罗建勋, 等. 山桐子优良无性系选择初步评价[J]. 四川林业科技, 2019, 40(3): 57-62.

JIA C, WANG G, LUO J X, et al. A preliminary evaluation on the selection of superior clones of *Idesia polycarpa* [J]. Journal of Sichuan Science and Technology, 2019, 40(3): 57-62. (in Chinese)

[5] 刘映红,王伏雄,钱南芬. 花椒和野花椒的无融合生殖[J]. 遗传学报,1987,14(2):107-113.

[6] 朱亚艳,任世超,徐嘉娟,等. 顶坛花椒结实性状表型多样性分析[J]. 西北林学院学报,2016,31(6):140-145.
ZHU Y Y,REN S C,XU J J,*et al.* Phenotypic diversity of fruit bearing characters in *Zanthoxylum bungeanum* var. *dingtanensis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(6):140-145. (in Chinese)

[7] 王港,李周岐,刘晓敏,等. 花椒组织培养再生体系的建立[J]. 西北林学院学报,2008,23(3):117-119.
WANG G,LI Z Q,LIU X M,*et al.* Establishment of tissue culture regeneration system of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(3):117-119. (in Chinese)

[8] 周正君,田晶,李周岐. 花椒愈伤组织诱导剂细胞悬浮培养研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(4):153-156.
ZHOU Z J,TIAN J,LI Z Q. Studies on the callus induction and cell suspension culture of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(4):153-156. (in Chinese)

[9] 李南,杨秀平,周正君,等. 花椒原生质体分离与培养研究[J]. 西北林学院学报,2018,33(6):100-105.
LI N,YANG X P,ZHOU Z J,*et al.* Study on protoplast isolation and culture of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2018,33(6):100-105. (in Chinese)

[10] 赵建民. 花椒种子与扦插育苗技术[J]. 中国林副特产,1991,19(4):36-37.

[11] 郭伟珍,王金菊,林艳,等. 日本朝仓花椒硬枝扦插育苗试验[J]. 河北林业科技,2006(2):14-15.

[12] 宋建伟,郭雪峰,赵兰枝,等. 花椒硬枝扦插试验研究[J]. 河南职业技术学院学报,2000,28(2):21-23.

[13] 韦业,张明忠,吕桂云,等. 外源激素处理对花椒插穗生根及其生理生化特性的影响[J]. 经济林研究,2000,38(3):200-207,224.
WEI Y,ZHANG M Z,LYU G Y,*et al.* Effect of exogenous hormones on rooting development and biochemical characteristics of *Zanthoxylum bungeanum* during cutting treatment[J]. Non-wood Forest Research,2020,38(3):200-207,224. (in Chinese)

[14] 金娥,严昆生. 毛白杨优良无性系微扦插育苗研究[J]. 河北林业科技,1992(2):15-17.

[15] 王文华,李建国,姜文胜,等. 宁夏枸杞硬枝微型扦插育苗技术[J]. 林业实用技术,2010(7):34-35.

[16] 张云龙,李博扬,卫星. 覆膜滴灌对青杨扦插苗生长的影响[J]. 森林工程,2019,35(5):1-8.

[17] 王港. 花椒种质资源调查收集及组织培养再生体系建立[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2008.

(上接第 123 页)

[9] 江锡兵,龚榜初,李大伟,等. 山桐子实生优株选择研究初报[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(4):738-745.
JIANG X B,GONG B C,LI D W,*et al.* Selection of the plus trees of *Idesia polycarpa* Maxim. from the natural seedlings [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2014,15(4):738-745. (in Chinese)

[10] 宋雨. 不同种源和家系山桐子遗传变异研究[D]. 郑州:河南农业大学,2018.

[11] 蔡齐飞. 不同种源与家系山桐子苗木生长差异的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2015.

[12] 王艳梅,姚顺阳,刘宇新,等. 3 种源山桐子冬芽休眠及萌发的温度特性分析[J]. 河南科学,2013,31(12):2160-2165.

[13] 田宏,刘洋,熊军波,等. 不同种源截叶铁扫帚种子特性和萌发差异[J]. 种子,2020,39(4):105-109.
TIAN H,LIU Y,XIONG J B,*et al.* Study on seed characteristics and germination differences of different *Lespedeza cu-neata* provenances [J]. Seed,2020,39(4):105-109. (in Chinese)

[14] 江锡兵,李大伟,龚榜初,等. 不同产地山桐子苗木苗期生长规律初探[J]. 河南农业科学,2012,41(5):133-136.

[15] 梁珍梅,蒋泽平,李淑琴,等. 日本山桐子引种育苗及苗期生长规律研究初报[J]. 江苏林业科技. 2006,33(4):9-11.

[16] 李鑫,李昆,段安安,等. 不同地理种源云南松苗期表型性状与生物量比较研究[J]. 西北林学院学报,2020,35(1):94-100.
LI X,LI K,DUAN A A,*et al.* Phenotypic traits and biomass comparative analysis of *Pinus yunnanensis* seedlings from different provenances [J]. Journal of Northwest Forestry University,2020,35(1):94-100. (in Chinese)

[17] DAI L,WANG Y M,LIU Z,*et al.* Fruit quality of 12 provenances of *Idesia polycarpa* in China[J]. Journal of Food Agriculture and Environment,2014,12(2):802-807.

[18] 赵阳,毕泉鑫,句娇,等. 文冠果种子及苗期生长性状地理种源变异[J]. 林业科学研究,2019,39(1):160-168.

[19] 郭国业,徐莺,唐琳,等. 不同地理种源麻疯树表型变异研究[J]. 四川农业大学学报,2020,38(2):143-160.
GUO G Y,XU Y,TANG L,*et al.* Phenotypic variation analysis of *Jatropha curcas* from different geographical provenances [J]. Journal of Sichuan Agricultural University,2020,38(2):143-160. (in Chinese)

[20] 李林,崔凯,廖声熙,等. 不同种源地漆树种子生物学特性研究[J]. 西南农业学报,2016,29(5):231-236.
LI L,CUI K,LIAO S X,*et al.* Seed biological characteristics of *Toxicodendron vernicifluum* in different provenances [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2016,29(5):231-236. (in Chinese)

[21] 江锡兵,龚榜初,李大伟,等. 山桐子自然群体表型性状变异分析[J]. 林业科学研究,2013,26(1):116-120.
JIANG X B,GONG B C,LI D W,*et al.* Variation analysis of phenotypic traits in natural population of *Idesia polycarpa* [J]. Forest Research,2013,26(1):116-120. (in Chinese)

[22] 陈君肆,吴君,房丽莎,等. 温度与日长对山桐子萌芽成枝的影响[J]. 西北林学院学报,2019,34(3):111-117.
CHEN J Y,WU J,FANG L S,*et al.* Effects of temperature and photoperiod on the branching after sprouted from buds in *Idesia polycarpa* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2019,34(3):111-117. (in Chinese)