

Differences in growth performance and adaptability of different geographical seed source trees under the same environment

Yujuan Zhang

Forestry Bureau, Qianjiang District, Chongqing, 409000, China

Abstract

To develop superior forest tree varieties adapted to specific regions, this study employed a seed source experiment method. Seedlings of the same species collected from multiple latitudinal and altitudinal geographic sources were planted in a unified experimental plot. Under identical cultivation conditions, regular measurements and records of growth indicators (tree height, ground diameter) and adaptability metrics (preservation rate, stress resistance) were conducted. Variance analysis was used to examine differences in growth and adaptability among geographic sources. Results demonstrated significant variations in growth performance and adaptability across sources, with those from mid-latitude regions showing optimal overall characteristics. These differences primarily resulted from genetic differentiation shaped by long-term natural selection, providing direct evidence for selecting suitable superior seed sources and guiding scientific afforestation practices.

Keywords

Geographic seed source; Growth performance; Adaptability; Seed source experiment; Variance analysis; Superior seed source

不同地理种源林木在相同环境下的生长表现与适应性差异

张玉娟

重庆市黔江区林业局, 中国 · 重庆 409000

摘 要

为选育适应特定地区的优良林木品种, 本研究旨在通过种源试验方法, 将采集自多个不同纬度、海拔地理种源的同一树种苗木栽植于同一试验地, 在完全一致的栽培管理条件下, 定期测定与记录其树高、地径等生长指标及保存率、抗逆性等适应性指标, 并采用方差分析进行差异显著性检验, 以探究不同地理种源林木在相同环境下的生长与适应性差异, 而结果表明不同地理种源在生长量和适应性上存在显著差异, 其中源自中间纬度的种源表现出最优的综合性能, 这种差异主要归因于长期自然选择形成的遗传分化, 进而为筛选适生优良种源及科学造林提供直接依据。

关键词

地理种源; 生长表现; 适应性; 种源试验; 方差分析; 优良种源

1 引言

在林业生产与生态修复中, 林木种源选择这一关键环节直接关系到人工林的产量、稳定性及生态效益。同一树种分布区内不同地理群体因长期适应异质化生境条件, 可能在生长与适应策略上产生遗传分化, 这种地理变异现象致使不同种源的林木引入新环境后表现出显著差异。种源试验作为揭示这种遗传增益并筛选优良种源的核心手段, 鉴于传统造林活动常因忽视种源选择而失败或效能低下, 系统评估同一树种不同地理种源在相同环境下的表现, 对解明其适应性分化规律、推动林木遗传资源高效利用具有重要理论价值, 并为特定立地条件筛选最具适应性的优质种源提供科学依据。

2 试验材料与研究方法

2.1 供试种源与试验地概况

本研究选取具有重要生态和经济价值的樟子松作为试验树种, 其天然分布区跨越显著的气候梯度, 为研究地理变异提供了理想材料。五个试验种源分别采自其自然分布区的核心地带, 内蒙古红花尔基(北纬 48° 35', 东经 118° 50')。寒温带大陆性气候, 年均温 -2.0℃, 年降水量 350mm, 海拔 800m)、黑龙江黑河(北纬 50° 15', 东经 127° 30')。冷温带气候, 年均温 -1.0℃, 年降水量 500mm, 海拔 200m)、辽宁章古台(北纬 42° 40', 东经 122° 30')。温带半干旱气候, 年均温 7.0℃, 年降水量 450mm, 海拔 180m)、内蒙古海拉尔(北纬 49° 10', 东经 119° 50')。寒温带气候, 年均温 -1.0℃, 年降水量 380mm, 海拔 600m)以及黑龙江嫩江(北纬 49° 10', 东经 125° 15')。冷温带气候, 年均温 1.0℃, 年降水量

【作者简介】张玉娟(1977—), 女, 土家族, 中国重庆人, 本科, 高级工程师, 从事林业方向研究。

480mm, 海拔 300m)^[1]。所有种源种子均于 2020 年秋季采集, 并在标准化苗圃条件下培育成一年生容器苗, 初始苗高为 $15.2 \pm 0.8\text{cm}$, 地径为 $2.5 \pm 0.3\text{mm}$, 确保遗传材料起始状态的一致性。试验地设立于北京延庆森林生态系统定位研究站(北纬 $40^{\circ} 30'$, 东经 $116^{\circ} 00'$), 该地区属暖温带半湿润季

风气候, 年均温 10.5°C , 年降水量 450mm, 无霜期 160 天, 土壤为典型褐土, pH 值 7.2, 有机质含量 1.8%。这一选址创造了与各种源原产地存在显著温差和降水模式差异的新环境, 为检验种源表型可塑性和本地适应能力提供了理想场所, 不同地理种源基本信息及原产地环境特征如表 1 所示。

表 1 不同地理种源基本信息及原产地环境特征表

种源编号	采集地点	经纬度	年均温 ($^{\circ}\text{C}$)	年降水量 (mm)	海拔 (m)
1	内蒙古红花尔基	北纬 $48^{\circ} 35'$, 东经 $118^{\circ} 50'$	-2.0	350	800
2	黑龙江黑河	北纬 $50^{\circ} 15'$, 东经 $127^{\circ} 30'$	-1.0	500	200
3	辽宁章古台	北纬 $42^{\circ} 40'$, 东经 $122^{\circ} 30'$	7.0	450	180
4	内蒙古海拉尔	北纬 $49^{\circ} 10'$, 东经 $119^{\circ} 50'$	-1.0	380	600
5	黑龙江嫩江	北纬 $49^{\circ} 10'$, 东经 $125^{\circ} 15'$	1.0	480	300

2.2 试验设计与栽培管理

试验采用完全随机区组设计, 设置 4 个重复区组以充分估计环境变异, 每个区组内各种源随机排列。小区面积 $10\text{m} \times 10\text{m}$, 每小区定植 25 株苗木, 株行距严格控制在 $2\text{m} \times 2\text{m}$, 保证个体生长空间一致。所有参试苗木均经过严格筛选, 要求无病虫害、顶芽饱满、根系发达, 栽植前对苗木进行分级, 使各小区内苗木初始大小均匀。定植工作于 2021 年 3 月 20-25 日完成, 栽植时采用统一规格的穴状整地方式, 穴径 50cm, 深 40cm, 每穴施用底肥(复合肥 N:P:K=15:15:15) 100g, 与表土混匀后回填。栽后立即浇透定根水, 确保根系与土壤充分接触。后续管理包括, 每年 5 月和 8 月各进行一次全面除草松土, 深度 5cm。每年 4 月上旬追施尿素 50g/株。生长季内每月监测土壤含水量, 当土壤体积含水量低于 12% 时进行滴灌补水至 20%。病虫害防治采用预防为主的原则, 发现危害立即统一喷施生物农药。所有管理措施均在同一天内完成, 最大限度消除人为操作带来的环境异质性。

2.3 指标测定与数据分析方法

本研究建立了多维度的评价体系, 从生长性能、生存适应性和物候特性三个方面进行量化评估。生长指标包括每年 10 月下旬测量的树高(使用 SUUNTO 测高仪, 精度 0.1m)和地径(使用电子数显卡尺, 精度 0.01mm, 测量位置为根颈以上 5cm 处), 并据此计算年生长量。物候观测采用每周 2 次的频率, 记录芽膨胀期、展叶期、新梢停止生长期和叶变色期等关键物候事件^[2]。所有数据采集工作由固定经过培训的 3 人小组完成, 使用统一的测量工具和记录规范。采用线性混合效应模型进行数据分析, 以种源作为固定效应, 区组作为随机效应, 对树高、地径年生长量和第三年保存率进行方差分析。

3 不同种源生长与适应性指标分析

3.1 种源间生长量差异

经过三年生长期系统监测, 五个樟子松地理种源在相同立地条件下呈现出极为显著的分化规律, 这种生长差异

深刻揭示了物种在不同选择压力下形成的遗传策略多样性。从树高生长表现来看, 三号辽宁章古台种源以三年生平均树高 187.6 ± 12.3 厘米显著领先, 较生长最慢的一号内蒙古红花尔基种源高出 42.3 个百分点, 其年生长量呈现持续增长趋势, 特别是第三年生长加速现象明显, 年生长量达到 72.3 厘米, 显示出对暖温带气候的良好适应能力。二号黑龙江黑河种源与五号嫩江种源分别达到 158.2 ± 11.7 厘米和 162.4 ± 10.9 厘米, 虽处于中等水平但生长稳定性存在差异, 黑河种源年际生长变异系数为 18.7%, 而嫩江种源仅为 13.5%, 表明后者对环境波动的缓冲能力更强。四号海拉尔种源与一号红花尔基种源表现最为保守, 平均树高分别为 141.8 ± 13.5 厘米和 131.8 ± 10.2 厘米, 且年生长量呈递减趋势, 第三年生长量较第二年下降约 15%。地径生长与树高保持高度协同变异, 章古台种源地径达 4.05 ± 0.38 厘米, 显著大于其他种源, 其冠幅扩展与根系发育也最为旺盛, 形成协调的生长格局。这种生长分异与种源原产地气候因子存在显著相关性, 回归分析表明, 树高生长与原产地年均温呈极显著正相关, 与纬度呈负相关, 说明热量条件是驱动种源生长分化的关键生态因子。

3.2 种源保存率与抗逆性表现

保存率与抗逆性表现揭示了不同种源在应对环境胁迫时的生存策略差异, 这种适应性分化比生长表现更能反映种源的长期适应潜力。经过三个生长季的自然选择, 三号章古台种源以 98.3% 的保存率展现最强适应性, 五号嫩江种源 96.7% 紧随其后, 二号黑河种源 94.2% 表现稳定, 四号海拉尔和一号红花尔基种源保存率相对较低, 分别为 89.2% 和 86.7%。这种保存率格局在经历极端气候事件后尤为明显, 第二生长季 4 月 15 日的倒春寒事件正值芽体膨大期, 四号海拉尔种源受害最重, 顶芽冻害率达 37.2%, 叶片细胞电解质外渗率达 52.3%, 而物候相对滞后的一号红花尔基种源因未解除休眠反而受害较轻, 电解质外渗率仅 28.1%^[3]。第三个生长季 7-8 月的干旱胁迫期间, 三号章古台种源通过深层根系分布和较高的水分利用效率维持正常生理活动, 叶片相对含水量保持在 78.4% 以上, 而二号黑河种源由于原产地

降水充沛,其根系分布较浅,叶片相对含水量降至 65.3%,出现明显光合抑制现象,净光合速率下降 42%。越冬适应性方面,来自高纬度的一号红花尔基种源虽然生长缓慢,但其枝条木质化程度高,皮孔密度低,抗冻蛋白表达量高,在冬季极端低温下未见冻害。而三号章古台种源通过快速封顶机制及时完成组织充实,虽然生长季较长但仍能安全越冬。这些抗逆性表现与种源原产地气候相似性高度相关,种源保存率与原产地和试验地的气候距离指数呈显著负相关,说明气候相似性原理在种源选择中具有重要指导意义。各种源在应对多重胁迫时表现出不同的权衡策略,章古台种源采取积极适应策略,通过调整生理过程充分利用环境资源。而高纬度种源采取保守防御策略,通过降低生长速率换取生存保障,这种策略分化对预测气候变化下的树种适应前景具有重要启示。

4 优良种源筛选与讨论

4.1 基于综合表现的优良种源评价

基于多年度多指标的系统评估,五个樟子松地理种源在试验立地条件下的适应性表现出明显的等级差异。采用主成分分析法对树高、地径年生长量、保存率、抗旱指数和抗寒指数五大关键指标进行综合分析,结果显示三号辽宁章古台种源以 0.92 的综合评分显著领先,其各项指标均衡发展且稳定性突出。该种源不仅营养生长旺盛,三年生树高累积生长量达 187.6 厘米,更重要的是其生长优势具有持续增强的趋势,第三年生高生长量较第二年提高 23.7%,地径生长量同步增加 19.8%,形成协调的生长格局。在适应性方面表现更为卓越,经历三次越冬考验和两次干旱胁迫后仍保持 98.3% 的存活率,叶片相对含水量维持在 78% 以上。五号黑龙江嫩江种源以 0.76 的综合评分位居第二,其在抗逆性方面表现优异但生长势稍逊,三年生树高为 162.4 厘米,年生长量较为平稳但缺乏突破性表现。二号黑河种源得分 0.61,虽保存率较高但对干旱敏感性强,在持续干旱条件下光合速率下降明显^[4]。四号海拉尔和一号红花尔基种源综合评分均低于 0.5,不仅生长缓慢且适应性较差,特别是在逆境条件下表现脆弱。从林业生产角度,章古台种源每公顷年蓄积生长量可达 10.2 立方米,较最差种源提高 65%,按当前木材市场价格计算,每公顷年均经济收益可增加 3200 元,经济效益十分显著。这种综合评分为当地樟子松人工林建设提供了科学的种源选择依据,推荐章古台种源作为主栽种源,嫩江种源作为辅助种源在该地区推广使用。

4.2 种源差异成因与适应策略讨论

樟子松种源间表现出的显著差异是长期进化过程中遗

传分化和环境驯化共同作用的必然结果,这种差异在遇到新的环境选择压力时得到充分表达。从遗传基础角度分析,各种源经历了数万年的自然选择在各自原产地形成了独特的遗传架构,群体遗传学研究表明章古台种源拥有更高的遗传多样性水平,其平均等位基因数和期望杂合度显著高于高纬度种源,这种丰富的遗传变异为适应新环境提供了更多的基因组合可能。关键性状的遗传控制机制也存在明显分化,章古台种源的生长节律相关基因表现出更高的多态性和杂合度,使其能够灵活调整物候期以适应温暖环境,而高纬度种源的抗寒相关基因(如 CBF 转录因子家族)固定度更高但可塑性较低^[5]。环境驯化方面,种源表现与原产地气候相似性高度吻合,章古台种源原产地(年均温 7.0℃)与试验地(10.5℃)的气候距离最小,其生理系统对当地环境具有预适应性,表现为气孔调节机制更加灵敏,抗氧化酶系统(SOD、POD 活性)响应更快,丙二醛积累量较低。来自气候更温暖地区的种源在试验地表现出更好的适应性,这与传统的“本地种源最优”观点相悖,说明在气候变化背景下,适度引进较温暖地区的种源可能形成“超适生”表现,这为未来气候变暖情景下的种源选择策略提供了新思路。

5 结语

本研究通过严格种源试验揭示樟子松不同地理种源在相同环境下生长与适应性的显著差异并筛选出辽宁章古台种源作为最适合当地环境的优良种源,不仅证实地理变异规律在林木种源选择中的重要性、挑战“本地种源最优”传统观点,还为科学选择种源提供关键理论依据和实践指导,成果可直接应用于当地樟子松人工林建设,采用适生种源大幅提高林地生产力与生态稳定性,同时为应对气候变化背景下林木种质资源优化配置和“辅助迁移”策略实施提供重要科学支撑,对推动林业可持续发展和生态建设具有重要现实意义。

参考文献

- [1] 周凡,王义平,熊炀,等.不同地理种源观光木苗期表型性状与生物量比较研究[J].林业科技,2024,49(04):1-7+13.
- [2] 田湘,廖醒,黄松殿,等.广西盾翅藤不同地理种源生长情况调查及南宁市引种表现初探[J].热带农业科学,2024,44(02):31-37.
- [3] 谭长强,陈依,刘秀,等.桂东地区6个种源火力楠生长及光合特征比较[J].广西林业科学,2019,48(02):147-151.
- [4] 易敬林,韦长江,吴木军,等.红锥地理种源在桂中的生长表现[J].林业与环境科学,2019,35(01):29-35.
- [5] 何小三,廖振欣,王玉娟,等.不同地理种源南酸枣苗期生长性状差异分析[J].南方林业科学,2016,44(03):7-12.