

文章编号:1001—7380(2020)06—0007—07

不同基质配比对刨花楠幼苗生长及养分吸收的影响

徐永宏¹, 盛卫星^{2*}, 周振琪¹, 王 相³, 王雅琪⁴, 吴小盈²

(1. 建德市林业总场, 浙江 建德 311600; 2. 建德市林业局, 浙江 建德 311600;
3. 建德市大洋镇林业站, 浙江 建德 311600; 4. 建德市杨村桥镇林业站, 浙江 建德 311600)

摘要:刨花楠是重要的珍贵树种,在大力推广珍贵树种造林中,优质容器苗的培育是造林成功的关键,而育苗基质直接影响苗木质量。为了筛选出刨花楠容器苗培育的适合基质,该文以刨花楠1年生苗为研究对象,采用盆栽的方法,研究了不同基质5个质量配比的混合物(80%黄心土+10%锯末+10%泥炭,60%黄心土+20%锯末+20%泥炭,40%黄心土+30%锯末+30%泥炭,20%黄心土+40%锯末+40%泥炭,100%黄心土)对苗木株高、地径、生物量和氮磷钾养分积累的影响,结果表明:以60%黄泥+20%锯末+20%泥炭的混合基质最有利于刨花楠1年生苗的生长,与单一基质100%黄心土相比,株高显著增加了30.1%($P<0.05$);该混合基质培育的刨花楠叶片、枝干、根系和总生物量均最大,分别为22.73,34.72,39.82,97.27 g/株;刨花楠苗全株氮、钾积累量也以该混合基质为佳,分别达到了1999.0,825.9 mg/株,而磷积累量则以40%黄心土+30%锯末+30%泥炭的混合基质为最大(123.3 mg/株)。灰色关联度法评价表明,60%黄泥+20%锯末+20%泥炭的混合基质为刨花楠1年生容器苗培育的最佳基质。

关键词:基质配比;容器苗;生长;养分积累;刨花楠

中图分类号:Q945.12;S723.1⁺33;S792.24

文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.06.002

Effect of substrate proportion on the growth and nutrient absorption in *Machilus pauho* seedlings

Xu Yonghong¹, Sheng Weixing^{2*}, Zhou Zhenqi¹, Wang Xiang³, Wang Yaqi⁴, Wu Xiaoying²

(1. Forestry General Farm of Jiande City, Jiande 311600, China; 2. Jiande Forest Bureau, Jiande 311600, China;
3. Jiande Dayang Forestry Station, Jiande 311600, China; 4. Jiande Yangcunqiao Forestry Station, Jiande 311600, China)

Abstract: In order to screen out the suitable substrate for the cultivation of the container seedlings of *Machilus pauho*, with the 1-year-old seedlings taken as the research material, the effects of 5 different mass percentage mixtures (80% yellow soil +10% sawdust +10% peat, 60% yellow soil +20% sawdust +20% peat, 40% yellow soil +30% sawdust +30% peat, 20% yellow soil +40% sawdust +40% peat, and single yellow soil) were studied on the seedling height, ground diameter, biomass and accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium. Results showed that the mixture as 60% yellow soil +20% sawdust +20% peat was most conducive to the growth of *M. pauho*, compared with substrate as single yellow soil, the plant height was significantly increased by 30.1% ($P<0.05$), and the leaves, branches, root and total biomass, cultivated by this mixture got the largest, i. e., 22.73, 34.72, 39.82, 97.27 g per plant respectively, and nitrogen and potassium contents of the whole plant were also better, reaching 1999.0, 825.9 mg per plant respectively, but phosphorus content of the plant cultivated by the mixture as 40% yellow soil +30% sawdust +30% peat, got the largest (123.3 mg per plant). Grey Relational Analysis showed that the mixture as 60% yellow soil +20% sawdust +20% peat was the most favorable for the cultivation of the *M. pauho* container seedlings.

Key words: Substrate proportion; Container seedling; Growth; Nutrient accumulation; *Machilus pauho*

收稿日期:2020-10-08;修回日期:2020-10-23

基金项目:杭州市科技计划资助项目“珍贵树种容器大苗繁育关键技术研究示范”(2017R50033)

作者简介:徐永宏(1970-),男,浙江建德人,工程师,大学本科毕业。从事森林资源保护与管理工作。E-mail:xuyonghong305@163.com。

* 通信作者:盛卫星(1983-),男,浙江建德人,高级工程师,硕士。从事林业科技推广工作。E-mail:89357222@qq.com。

刨花楠 (*Machilus pauho*) 是樟科 (Lauraceae) 润楠属常绿乔木树种, 主要分布在广东、广西、江西、福建和浙江等地, 是我国亚热带常绿阔叶林的重要建群树种^[1]。其干形通直圆满, 出材率高而树皮率低^[2], 是培育大径材的理想树种^[3]; 刨花楠树冠浓郁, 枝繁叶茂, 嫩叶红色, 是优良的庭院观赏和园林绿化树种^[4]; 树皮含果胶糖、木糖、葡萄糖, 具有较高的医疗作用与保健功能^[5]。现有研究表明, 边采边播有利于刨花楠种子的萌发, 发芽率可达 75%^[6]; 中杯 (10 cm×10 cm) 是较理想的容器育苗规格^[7]; 施肥可以促进幼苗的生长, 以 N:P 介于 10 与 12 之间为佳^[8-9], 氮肥的施用可增加叶片氮含量^[10]; 充足的水分是保证幼苗生长的关键^[11]; 阴坡更加有利于刨花楠的生长^[12]。

育苗基质为植物生长提供肥、气以及稳固植株, 决定着苗木能否培育成功及苗木质量, 一直是国内外学者研究的重点。前人对北美红杉^[13]、香椿^[14]、栓皮栎^[15]、桢楠^[16]等研究表明, 不同树种容器苗生长的最佳基质配比差异较大。本文以刨花楠 1 年生苗为研究对象, 设置 5 种不同比例的泥炭、锯末和黄心土的基质配方, 采用盆栽方法, 研究不同基质质量配比对幼苗株高、地径及生物量的生长和氮磷钾等养分吸收的影响, 旨在筛选出适合刨花楠容器苗培育的基质质量配比, 为优质苗木培育提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在浙江省建德市新安江林场朱家埠林区珍贵树种温室大棚 (29°29'N, 119°16'E), 属于中亚热带季风气候, 年平均温度 16.9℃, 最热月 (7 月) 平均温度 29.2℃, 最冷月 (1 月) 平均温度 4.7℃。年均日照时数 1 940 h, 年均无霜期 254 d。年均降雨量 1 504 mm, 空气相对湿度 82%。苗木生长期间温室大棚中的气温 23—33℃, 空气湿度 60%—75%。

1.2 试验材料与基质配比

试验用苗为刨花楠的 1 年生容器幼苗, 苗高 (29.31±3.02) cm, 地径为 (0.36±0.03) cm。

2018 年 3 月 1 日采用 23 cm×24 cm×28 cm (底径×上口径×高) 的花盆, 每盆栽植苗木 1 株, 不同基质按表 1 所示的质量比混合均匀后用于移栽, 每盆基质均为 10 L。泥炭、锯末和黄心土取材或来源一

致。采用随机试验, 每个处理种植苗木 10 株, 重复 3 次。置于温室大棚中进行水分、施肥等日常管理, 所有育苗措施均一致。

表 1 不同基质的质量配比

基质	不同基质所占比例/%		
	泥炭	锯末	黄心土
A1	10	10	80
A2	20	20	60
A3	30	30	40
A4	40	40	20
A5	0	0	100

不同处理按一定基质配比完成后, 均取样 1 kg, 采用鲁如坤主编的《土壤农业化学分析法》开展基本理化性质分析, 结果如表 2 所示。

表 2 不同基质的基本理化性质

基质	pH	有机碳/ (g/kg)	容重/ (g/cm ³)	总孔隙/ %	速效钾/ (mg/kg)
A1	5.7	22.88	0.76	53.94	132.72
A2	5.8	37.95	0.58	64.85	142.64
A3	5.8	68.53	0.45	72.73	156.33
A4	5.3	115.79	0.34	79.39	186.45
A5	5.5	14.41	0.96	38.18	125.21

1.3 样品采集与分析

1.3.1 苗木测量与采样 2018 年 11 月 30 日对所有处理的苗木进行调查, 用钢卷尺分别测定幼苗株高, 用游标卡尺测量地径。然后选择不同处理的标准株 4 株, 采用全收获法, 分别将叶片、枝干和根系分离并洗净, 分别置于烘箱中杀青 30 min (105℃), 而后将温度调至 70℃, 烘干至恒质量, 测定不同器官生物量。烘干后的植物样品经粉碎后, 过 0.149 mm 筛, 待用。

1.3.2 测定方法 用元素分析仪法测定植物样品氮含量; 植物样品经 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后, 以火焰光度计法测定钾含量, 以钼蓝比色-分光光度法测定磷含量^[17]。

1.3.3 数据处理 总生物量 (g/株) = 根生物量 + 茎生物量 + 叶生物量。不同养分积累量 (mg/株) = 叶片/枝干/根系不同养分含量×相应器官生物量。

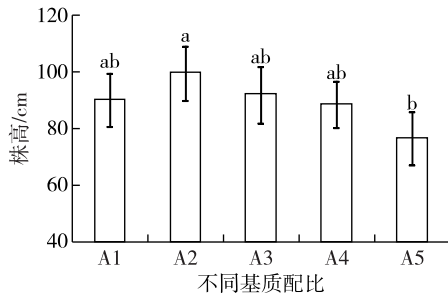
整株养分积累量 (mg/株) = 叶片养分积累量 + 枝干养分积累量 + 根系养分积累量

采用 Excel 2010 对数据进行统计分析。采用单因素和 Duncan 法进行方差分析和多重比较 (α = 0.05), 利用 Excel 2010 作图。

2 结果与分析

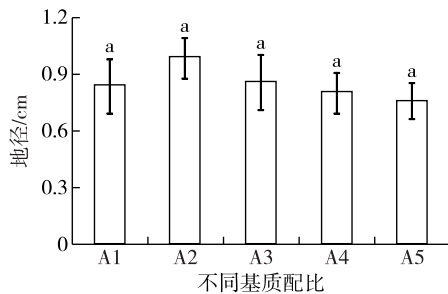
2.1 不同基质比对刨花楠幼苗生长及养分积累的影响

2.1.1 不同基质比对幼苗株高和地径生长的影响 从图1可知,刨花楠株高(cm)在不同基质中的排序为 A2(99.6) > A3(92.0) > A1(90.2) > A4(88.6) > A5(76.6),其中 A2 基质培育的刨花楠幼苗株高显著高于 A5 ($P < 0.05$),高出 30.1%。刨花楠苗木地径介于 0.76—0.99 cm(如图2),不同混合基质间没有显著性差异 ($P > 0.05$)。刨花楠苗木高径比介于 100.8—110.2,在不同混合基质间没有显著差异 ($P > 0.05$)(如图3)。



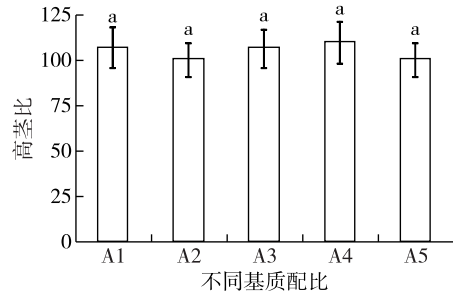
注:不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图1 不同基质培育的刨花楠幼苗株高



注:相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

图2 不同基质培育的刨花楠幼苗地径



注:相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

图3 不同基质对刨花楠高径比的影响

2.1.2 不同基质比对幼苗生物量的影响 从表3可知,刨花楠不同器官平均生物量(g/株)大小表现为根系(31.40) > 枝干(29.22) > 叶片(17.78)。刨花楠叶片、枝干、根系、总生物量分别介于 13.86—22.73, 24.82—34.72, 25.58—39.82, 65.23—97.27 g/株之间。A2 基质培育的刨花楠叶片生物量、根系生物量和总生物量显著高于 A1, A4, A5 ($P < 0.05$),枝干生物量显著高于 A1, A5 ($P < 0.05$),另外 A3 基质培育的刨花楠枝干、根系生物量也显著高于 A1, A5 ($P < 0.05$)。刨花楠苗木根冠比介于 0.59—0.72,不同基质配比间没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 不同基质比对幼苗养分吸收的影响

2.2.1 对幼苗不同器官氮、磷、钾含量的影响 从表4可知,刨花楠不同器官营养元素平均含量(g/kg)大小排序:氮为叶片(25.46) > 枝干(25.18) > 根系(12.77),磷为根系(1.60) > 枝干(1.06) > 叶片(0.84),钾为根系(11.64) > 叶片(7.22) > 枝干(4.43)。3种营养元素含量总体表现为氮 > 钾 > 磷。

表3 不同基质比对刨花楠生物量的影响

基质	叶片/(g/株)	枝干/(g/株)	根系/(g/株)	总生物量(g/株)	根冠比
A1	15.80±1.86 cd	24.82±2.15 b	27.72±2.56 b	68.34±6.58 b	0.68±0.07 a
A2	22.73±2.05 a	34.72±3.99 a	39.82±3.32 a	97.27±9.36 a	0.69±0.06 a
A3	19.52±2.31 ab	31.38±3.37 a	36.56±3.53 a	87.46±9.21 ab	0.72±0.07 a
A4	17.00±1.69 bc	29.40±2.98 ab	27.30±2.74 b	73.70±7.41 b	0.59±0.06 a
A5	13.86±1.53 d	25.78±2.87 b	25.58±2.24 b	65.23±6.63 b	0.65±0.06 a
平均值	17.78	29.22	31.40	78.40	0.67

注:同一列数据后不同小写字母表示不同基质配比间的差异达显著水平 ($P = 0.05$)。

氮、磷、钾含量在叶片、枝干和根系中具有相对稳定性,不同基质培育的刨花楠相同器官内同一元素的含量(g/kg)之间没有显著性差异。叶片氮、磷、钾质量分数分别为 23.54—27.10, 0.70—0.97,

5.74—8.20 g/kg, 枝干氮、磷、钾质量分数分别为 23.45—27.61, 0.87—1.31, 3.28—4.90 g/kg, 根系氮、磷、钾质量分数分别为 10.91—14.37, 1.22—2.03, 10.76—12.57 g/kg。

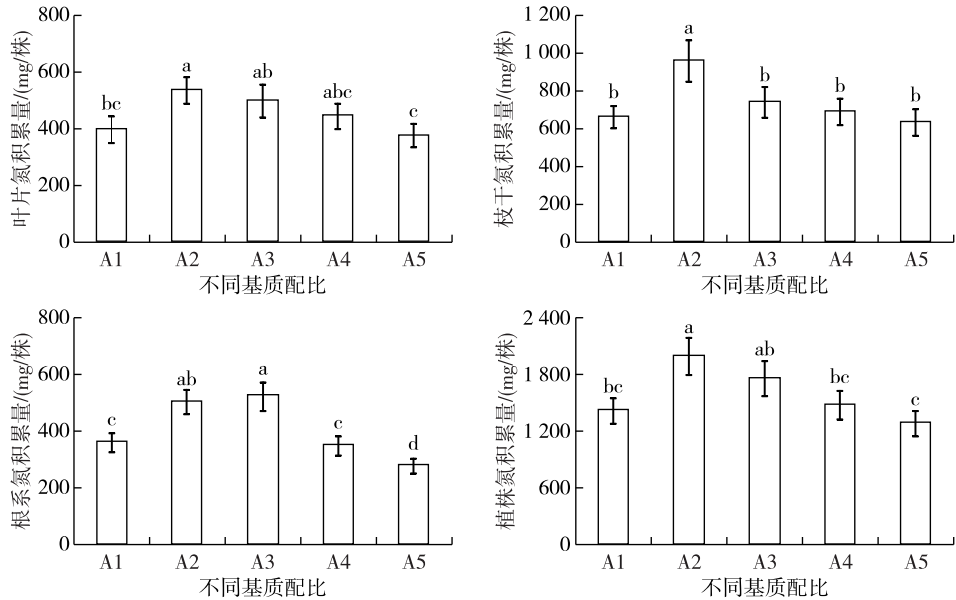
表 4 不同基质比对刨花楠幼苗不同器官内氮、磷、钾含量的影响

		g/kg		
器官	基质	氮	磷	钾
叶片	A1	25.06±2.56 a	0.97±0.09 a	5.74±0.57 a
	A2	23.54±2.43 a	0.86±0.07 a	7.71±0.78 a
	A3	25.49±2.14 a	0.84±0.08 a	6.85±0.69 a
	A4	26.09±2.69 a	0.83±0.08 a	7.60±0.81 a
	A5	27.10±2.73 a	0.70±0.07 a	8.20±0.85 a
	平均	25.46	0.84	7.22
枝干	A1	26.69±2.81 a	1.14±0.02 a	3.28±0.36 a
	A2	27.61±2.57 a	1.01±0.08 a	4.82±0.48 a
	A3	23.59±2.23 a	1.31±0.15 a	4.90±0.51 a
	A4	23.45±2.36 a	0.97±0.12 a	4.48±0.47 a
	A5	24.55±0.44 a	0.87±0.08 a	4.65±0.73 a
	平均	25.18	1.06	4.43
根系	A1	13.07±1.17 a	2.03±0.26 a	12.57±1.26 a
	A2	12.69±1.22 a	1.67±0.18 a	12.14±1.21 a
	A3	14.37±1.41 a	1.80±0.16 a	11.22±1.13 a
	A4	12.83±1.23 a	1.29±0.15 a	10.76±1.05 a
	A5	10.91±1.09 a	1.22±0.17 a	11.49±1.18 a
	平均	12.77	1.60	11.64

注:同一列数据后相同小写字母表示不同基质培育的刨花楠相同器官内元素的含量(g/kg)之间没有显著性差异($P>0.05$)。

2.2.2 不同基质比对幼苗氮吸收的影响 如图4所示,刨花楠幼苗叶片、枝干和全株氮积累量分别为375.6—535.1,633.0—958.6,1 287.7—1 999.0 mg/株,大小排序均为A2>A3>A4>A1>A5。叶片氮积累量表现为A2显著高于A1,A5($P<0.05$),

枝干氮积累量表现为A2显著高于其他处理($P<0.05$),全株氮积累量表现为A2显著高于A1,A4,A5($P<0.05$)。根系氮积累量为279.1—525.4 mg/株,大小排序为A3>A2>A1>A4>A5,其中A3氮积累量显著高于A1,A4,A5($P<0.05$)。



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

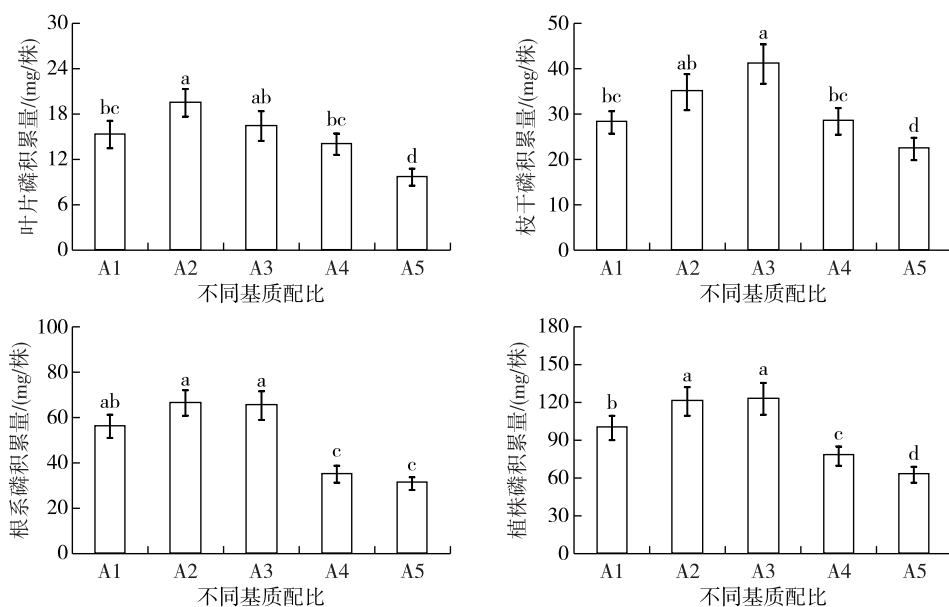
图 4 不同基质比对刨花楠幼苗氮积累的影响

2.2.3 不同基质比对幼苗磷吸收的影响 如图5所示,刨花楠幼苗叶片磷积累量为9.6—19.6 mg/

株,大小排序均为A2>A3>A1>A4>A5,其中A2显著高于A1,A4,A5($P<0.05$);枝干磷积累量为

22.4—41.1 mg/株,大小排序为 A3 > A2 > A4 > A1 > A5,其中枝干磷积累量表现为 A3 基质显著高于 A1, A4, A5 ($P < 0.05$);根系磷积累量为 31.3—66.5 mg/株,大小排序为 A2 > A3 > A1 > A4 > A5,其中

A2, A3 显著高于 A4, A5 ($P < 0.05$)。全株磷积累量为 63.5—123.3 mg/株,大小排序为 A3 > A2 > A1 > A4 > A5,其中 A2, A3 显著高于其他处理 ($P < 0.05$)。

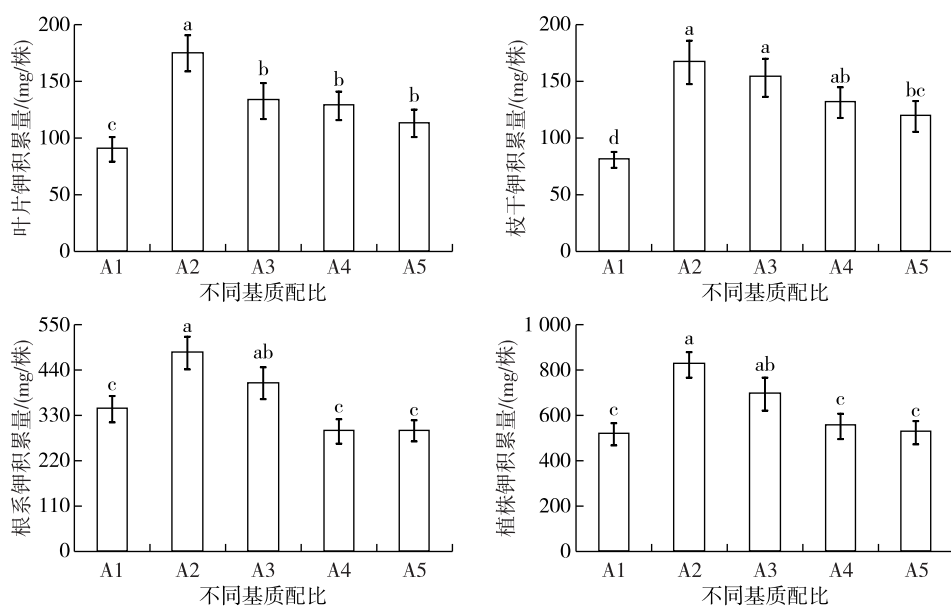


注:不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图5 不同基质比对刨花楠幼苗磷积累的影响

2.2.4 不同基质比对幼苗钾吸收的影响 如图6所示,刨花楠幼苗叶片、枝干、全株钾积累量分别为 90.7—175.2, 81.4—167.5, 520.6—825.9 mg/株,大小排序均为 A2 > A3 > A4 > A5 > A1,其中叶片钾积累量表现为 A2 显著高于其他处理 ($P <$

0.05),枝干钾积累表现为 A2, A3 显著高于 A1, A4 ($P < 0.05$),全株钾积累量表现为 A2 显著高于 A1, A4, A5 ($P < 0.05$);根系钾积累量为 293.8—483.3 mg/株,大小排序为 A2 > A3 > A1 > A5 > A4,其中 A2 显著高于 A1, A4, A5 ($P < 0.05$)。



注:不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图6 不同基质比对刨花楠幼苗钾积累的影响

2.2.5 不同基质比对幼苗氮、磷、钾分配的影响
刨花楠幼苗地上部生物量,氮、磷、钾积累量占全株的比率分别为 58.2%—63.0%,70.2%—78.3%,43.7%—54.7%,33.1%—47.0%,不同处理间没有

显著性差异($P>0.05$);3 种营养元素地上部所占比率平均值大小为氮(74.8%)>磷(41.4%)>钾(38.2%)(如图 7)。

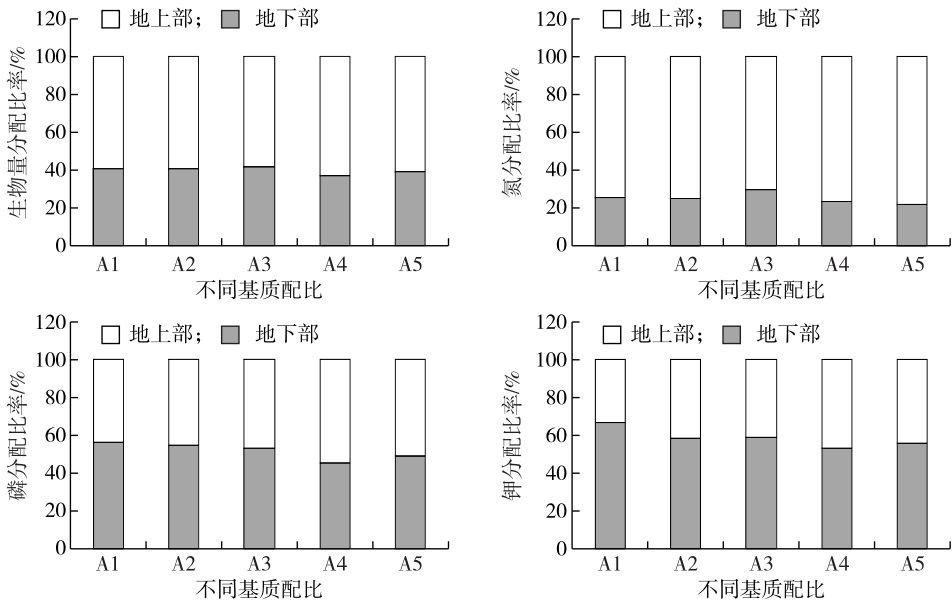


图 7 不同基质配比的刨花楠生物量及氮、磷、钾的分配

2.3 灰色关联度法评价不同基质配比

由灰色系统理论与应用的配套建模软件计算得出 6 个指标的关联度系数值,如表 5 所示。从表

5 可知,培育刨花楠幼苗适宜基质的排序为 A2>A3>A1>A4>A5,即刨花楠幼苗培育的最佳基质为 A2 (60%黄心土+20%锯末+20%泥炭)。

表 5 不同基质比对苗木生长的关联度

基质类型	株高	地径	总生物量	氮积累量	磷积累量	钾积累量	平均值	排序
A1	0.65	0.59	0.65	0.60	0.52	0.47	0.58	3
A2	0.93	0.88	0.91	0.87	0.49	0.71	0.80	1
A3	0.71	0.79	0.79	0.80	0.67	0.56	0.72	2
A4	0.51	0.53	0.80	0.69	0.32	0.53	0.56	4
A5	0.46	0.48	0.58	0.55	0.31	0.43	0.47	5

3 讨论与结论

3.1 不同基质配比与幼苗苗高、地径和生物量的关系

育苗基质是苗木生长发育的关键载体,不同的基质比对苗木的生长和质量产生显著影响^[18-20]。在基质选配时需要考虑树种的适应性和经济性^[21]。锯末为微营养基质,黄心土为中营养基质,泥炭为富营养基质。3 种原料的不同组合和比例决定了育苗基质的物理、化学性质,显著影响着苗木的生长^[22]。苗木的株高、地径和生物量是比较容易测量的苗木形态

指标^[23],可以直接反映珍贵树种的苗木质量,是重要的形态学指标^[24],在一定程度上可以预测造林效果。不同树种由于生物学、生态学、生长特性的不同,苗木生长对基质的要求和配方也存在较大的差异,苗木株高、地径、生物量等形态学指标对不同的基质配比会产生明确的响应,研究表明,刨花楠容器苗株高生长以 A2(60%黄心土+20%锯末+20%泥炭的混合基质)为最优,显著高于单纯黄心土栽培苗木高生长的 30.1%($P<0.05$)。高生物量的苗木在造林后,与杂草竞争的优势更加明显^[25]。不同基质比对苗木生物量的影响与苗木株高、地径的表现规律一致,即刨花

楠叶片、枝干、根系和总生物量均以 60% 黄心土+20% 锯末+20% 泥炭的混合基质为最高,其中总生物量显著高于其他配比的混合基质($P<0.05$)。刨花楠幼苗株高、地径、生物量均以 A2 为最优,基质配方中的泥炭比例低于余士香等认为的最佳配方^[9],这可能与混合基质中的其他 2 种材料不同有关。在株高、地径、生物量等方面在 A1, A5 基质配方中的表现最差,主要原因是基质配比中的黄心土比例过高(黄心土占比 80%, 100%),造成基质过于粘重、孔隙度小、透气性差,不利于刨花楠的生长。而 A4 基质(20% 黄心土+40% 泥炭+40% 锯末)培育的幼苗生长情况也表现一般,主要原因是泥炭和锯末所占比例过高(占 80%),而黄心土占比过小(20%),其饱和持水率大、容重小(仅 0.34 g/cm^3),植物根团不容易形成,影响植物根系的生长、对幼苗的生长发育产生明显的抑制作用^[26-27]。

3.2 不同基质配比与幼苗养分吸收、积累与分配的关系

幼苗植株体内氮、磷、钾吸收和积累量对幼苗造林后期起着关键作用。在造林初期,苗木是否能存活及生长的好坏与植株体内贮藏的氮、磷、钾多少有关。新移栽的幼苗根系缓慢生长,很难从土壤中获取氮、磷、钾等养分,其生长主要依靠植株体内贮存的氮、磷、钾等养分的再分配与转移。造林成活后,幼苗新抽的芽、根系等不同器官中的氮素有 40%—60% 来源于原有苗木体内氮的转移和再分配^[25]。因此幼苗体内高含量的氮、磷、钾可以显著增强苗木的生长和抗逆性。植株不同器官氮、磷、钾含量的变化可反映不同育苗基质的优劣,植株体内养分积累量的多少不仅决定于生物量,而且也取决于不同器官氮、磷、钾质量分数。本研究发现,刨花楠全株氮、钾积累量以 A2 基质为佳,积累量分别为 $1\,999.0, 825.9 \text{ mg/株}$;而磷积累量以 A3 基质(40% 黄心土+30% 泥炭+30% 锯末)为最大,其值为 123.3 mg/株 。有利于苗木株高、地径生长的基质配方,也有利于氮、磷、钾等养分的积累。这与刘欢等^[28]、肖遥等^[29]、李峰卿等^[30] 表明的苗木株高、地径、生物量与植株体内氮、磷等养分承载量有显著性相关的研究结果相似。

3.3 结论

以株高衡量,刨花楠容器苗的最佳基质为 A2,其叶片、枝干、根系和总生物量均为最高。全株氮、钾吸收量以 A2 基质为多,而磷吸收量以 A3 基质为

最大。灰色关联度法评价表明,A2 基质是刨花楠容器苗生长的最优基质。

参考文献:

- [1] 钟智群,杨志玲.刨花楠生长发育特点及开发前景分析[J].湖南林业科技,1997,24(2):50-51.
- [2] 蓝肖,梁瑞龙,周全连.刨花润楠栽培技术初探[J].广西林业科学,2008,37(4):203-205.
- [3] 廖龙泉.刨花楠生长规律的初步研究[J].江苏林业科技,1997,24(1):39-41.
- [4] 胡松竹,钟全林,黄志强,等.刨花楠人工栽培技术初探[J].江西农业大学学报,2001,23(3):332-335.
- [5] 邓腊云,覃族,陈茜文,等.刨花楠木聚戊糖的含量分析[J].现代农业科技,2013(2):170-171.
- [6] 王增,赵永春,周侃.不同处理方式对刨花楠种子萌发特性的影响[J].浙江林业科技,2015,35(6):50-53.
- [7] 刘艺玮.刨花润楠育苗技术研究[D].长沙:中南林业科技大学,2015.
- [8] 王艳.氮磷施肥对刨花楠细根及土壤微生物的影响[D].福州:福建农林大学,2015.
- [9] 李桃祯.氮磷钾配方施肥对刨花润楠幼林生长生理和土壤性质的影响研究[D].南宁:广西大学,2017.
- [10] 李曼,靳冰洁,钟全林,等.氮磷添加对刨花楠幼苗叶片 N、P 化学计量特征的影响[J].应用与环境生物学报,2016,22(2):285-291.
- [11] 吴永宏,王玲红,程栋梁,等.氮、水处理对刨花楠一年生扦插苗光合特性和生物量分配的影响[J].安徽农业大学学报,2016,43(2):202-208.
- [12] 童国华.坡向与造林密度对刨花润楠幼林生长的影响[J].福建林业科技,2010,37(4):70-72.
- [13] 孟格蕾.不同基质理化性质及养分含量对北美红杉容器苗生理生长的影响研究[D].上海:上海应用技术大学,2019.
- [14] 黄丹.基质配比与施肥对香椿容器苗质量的影响[D].成都:四川农业大学,2016.
- [15] 范佳林.磨菇渣基质对比对栓皮栎苗木生长与养分状况的影响[D].北京:北京林业大学,2016.
- [16] 周光良.营养袋不同基质对比对桢楠幼苗生长及光合特性的影响[D].成都:四川农业大学,2016.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 徐敏雄,刘武欢,吴波,等.南方红豆杉轻基质容器育苗试验[J].浙江林业科技,2012,32(1):30-33.
- [19] 赵翔,李清莹,姜清彬,等.不同基质和促根剂对灰木莲嫩枝扦插生根的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2):23-30.
- [20] 严巍,杨瑞卿,胡永红,等.不同栽培基质条件对 4 种行道树苗根系生长的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(4):192-198.
- [21] 陈甜甜,夏宜平.容器育苗中基质、养分及添加剂研究进展[J].陕西林业科技,2007(1):20-25.

(下转第 18 页)

样性较高,雁鸭类的群落多样性指数在历年调查中也均高于其他巡护调查样点。鸟类作为生物链的较高等级、对生态环境变化十分敏感,能够监测与评价栖息地环境变化^[10-11]。本研究发现,自 2016—2019 年洪泽湖湿地保护区内雁鸭类群落多样性整体逐渐增加,表明生境质量得到提高与雁鸭类适宜栖息地面积可能显著增加。

参考文献:

- [1] CHEN A, SUI X, WANG D, et al. Landscape and avifauna changes as an indicator of Yellow River Delta Wetland restoration[J]. *Ecological Engineering*, 2016, 86: 162-173.
- [2] 邵明勤,陈 斌,蒋剑虹.鄱阳湖越冬雁鸭类的种群动态与时空分布[J].*四川动物*, 2016, 35(3): 460-465.
- [3] 陈 艳.鄱阳湖雁鸭类种群状态研究[J].*农技服务*, 2017, 34(11): 134-136.
- [4] 王国祥,马向东,常 青.江苏泗洪洪泽湖湿地国家级自然保护区科学考察报告[M].北京:科学出版社,2014.
- [5] 唐 剑,鲁长虎,袁安全.洪泽湖东部湿地自然保护区雁鸭类种类组成、数量及生境分布[J].*动物学杂志*, 2007, 42(1): 94-101.
- [6] 约翰·马敬能,卡伦·菲力普斯,何芬奇.中国鸟类野外手册[M].长沙:湖南教育出版社,2000.
- [7] 郑光美.中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M].北京:科学出版社,2017.
- [8] 黄文几,黄正一,温业新.洪泽湖、高宝湖雁形目鸟类初步调查报告[C]//中国动物学会.中国动物学会三十周年学术讨论会论文摘要汇编.北京:科学出版社,1965, 233.
- [9] 马克·布拉齐尔.东亚鸟类野外手册[M].北京:北京大学出版社,2020.
- [10] 熊 舒,纪伟涛,伍旭东,等.气温与水位对鄱阳湖越冬雁属鸟类数量变化影响分析——以大湖池、常湖池和朱市湖为例[J].*江西林业科技*, 2011(1): 1-5.
- [11] 朱铮宇,范竟成,张铭连.苏州市湿地公园鸟类评估指标研究[J].*江苏林业科技*, 2016, 43(4): 27-30.
- (上接第 13 页)
- [22] 郭素娟.容器规格和基质配比对栓皮栎容器苗质量的影响[D].北京:北京林业大学,2011.
- [23] 朱旻华.氮素指数施肥对水杉、池杉、落羽杉幼苗生长及养分积累的影响[D].杭州:浙江农林大学,2018.
- [24] 刘 欢.不同施肥处理对杉木无性系幼苗生长及养分积累的影响[D].杭州:浙江农林大学,2017.
- [25] 孙明慧,郑 宇,林 荫.造林用苗木质量评价研究进展综述[J].*华东森林经理*, 2020, 34(1): 19-24.
- [26] 颜丽菊,朱建军,任海英,等.杨梅大苗控根容器育苗基质配方优化研究[J].*果树学报*, 2014, 31(4): 667-672.
- [27] 赵 绮.5 种重要造林树种容器育苗相关技术研究[D].杭州:浙江农林大学,2012.
- [28] 刘 欢,王超琦,吴家森,等.氮素指数施肥对 1 年生杉木苗生长及氮素积累的影响[J].*浙江农林大学学报*, 2017, 34(3): 459-464.
- [29] 肖 遥,楚秀丽,王秀花,等.缓释肥加载对 3 种珍贵树种大规格容器苗生长和 N、P 库构建的影响[J].*林业科学研究*, 2015, 28(6): 781-787.
- [30] 李峰卿,王秀花,楚秀丽,等.缓释肥 N/P 比及加载量对 5 种珍贵树种 1 年生苗生长和养分库构建的影响[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*, 2020, 44(1): 72-80.