桉树科技　2021,38(2):53-57
EUCALYPT SCIENCE & TECHNOLOGY

DOI:10.13987/j.cnki.askj.2021.02.011

蓝花楹生长与土壤养分的相关性研究

李小梅[1]，刘学锋[2]，黄敏[2]，张沛健[2]，张国武[2*]

(1. 湛江科技学院，广东 湛江 524000；2. 国家林业和草原局桉树研究开发中心，广东 湛江 524022)

摘要：为了解土壤养分对蓝花楹生长的影响，利用主成分回归方法，研究广东省遂溪县 2 个试验地 20 个样地的 6 种土壤养分与蓝花楹生长的相关性。结果表明：蓝花楹样地土壤养分中，土壤有机质、土壤全氮、碱解氮、有效铁含量分别为 12.43 ~ 39.69 g ㎏$^{-1}$、0.37 ~ 1.95 g ㎏$^{-1}$、52.56 ~ 180.27 mg ㎏$^{-1}$ 和 30.51 ~ 64.06 mg ㎏$^{-1}$，其变幅较大；速效钾和交换性钙的含量分别为 51.75 ~ 74.83 mg ㎏$^{-1}$、113.11 ~ 178.27 mg ㎏$^{-1}$，其变幅较小；变异系数范围为 12.63% ~ 55.27%，均为中等变异；蓝花楹的生物量、平均胸径、平均树高变异系数分别是 59.54%、52.68%、35.83%，均为中等变异。从土壤养分对蓝花楹生长的相关系数看，有机质、全氮、碱解氮与生物量、平均树高为极显著正相关，平均胸径为显著正相关；且养分间有机质与全氮、碱解氮极显著正相关，速效钾与有机质、全氮、碱解氮为显著正相关。主成分分析表明有机质、全氮、碱解氮对蓝花楹生长均有影响，且有机质对蓝花楹生长影响较大且略大于全氮。

关键词：蓝花楹；土壤养分；相关性

中图分类号：S685.99　　**文献标志码**：A

Study on the Relationship between the Growth of *Jacaranda mimosifolia* and Soil Nutrients

LI Xiaomei[1], LIU Xuefeng[2], HUANG Min[2], ZHANG Peijian[2], ZHANG Guowu[2]

(1. *Zhanjiang University of Science and Technology, Zhanjiang 524000, Guangdong, China*;
2. *China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang 524022, Guangdong, China*)

Abstract: In order to comprehend the effect of soil nutrients on the growth of *Jacaranda mimosifolia*, principal component regression and correlations were used to examine relationships between 6 soil nutrients and the growth of Jacaranda in 20 plots of two experimental plots in Suixi County, Guangdong Province. The results showed that the contents of soil organic matter nitrogen, available nitrogen, alkaline hydrolysis nitrogen and available iron in the sample plots were 12.43 ~ 39.69 g ㎏$^{-1}$, 0.37 ~ 1.95 g ㎏$^{-1}$, 52.56 ~ 180.27 mg ㎏$^{-1}$ and 30.51 ~ 64.06 mg ㎏$^{-1}$ respectively, and that the amplitude of variation of these nutrients was large; The contents of available potassium and exchangeable calcium were 51.75 ~ 74.83 mg ㎏$^{-1}$ and 113.11 ~ 178.27 mg ㎏$^{-1}$ respectively, and these two nutrients showed a low amplitude of variation with variation coefficients ranging from 12.63% to 55.27%. The variation coefficients of biomass, DBH and height were 59.54%, 52.68% and 35.83% respectively, which were all moderate. From the perspective of the correlation coefficients of soil nutrients on the growth of Jacaranda, organic matter, total nitrogen, and alkali hydrolyzed nitrogen are extremely significantly positively correlated with biomass and average tree height, and average diameter at breast height is significantly positively correlated; and organic matter among nutrients is related to total nitrogen and alkalinity. Nitrogen solution is extremely significantly positively correlated, and available potassium is significantly positively correlated with organic matter, total nitrogen, and alkali-hydrolyzable nitrogen. Principal component analysis showed that organic matter, total nitrogen and alkali-hydro nitrogen all affected the growth of Jacaranda, while soil organic matter content had greater effect on its growth, and the effect of total soil nitrogen was slightly greater than total nitrogen.

Key words: *Jacaranda mimosifolia*; soil nutrients; correlation

---

基金项目：中央级公益科研院所专项资金项目“蓝花楹种质资源保存评价及其遗传多样性研究”(CAFYBB2019MB004)；广东省林业科技创新专项资金项目“全国蓝花楹种质资源测定与保存评价技术研究”(2018KJCX024)

作者简介：李小梅(1988—　)，女，硕士，讲师，主要从事园林植物学研究，E-mail: 592189491@qq.com.

***通信作者**：张国武(1966—　)，男，博士，教授级高级工程师，主要从事园林植物学研究，E-mail: fyzgwu@163.com

蓝花楹(*Jacaranda mimosifolia*)系紫葳科蓝花楹属植物，别名巴西紫葳、非洲紫葳、西紫葳、金凤花、紫云木[1]。原产中南美洲，广泛分布于秘鲁、墨西哥、坡利维亚、巴西、阿根廷、南非等国[2]。由于蓝花楹在木本植物中具有与众不同的蓝紫色花朵，花期为春末至夏季的少花时节，壮观、浪漫、优雅的开花特点别具一格，因此被多国首都选为行道树种植[3]。其树形优美，花紫色，可作行道树、遮荫树同时还是优良的家具用材，是一种值得推广应用的园林树种[4-7]。

土壤养分状况是影响植被生长和生产力的重要因素，是植被生长的基础[8]。国内关于蓝花楹的研究报道比较少，且主要集中于蓝花楹的抗寒性及病虫害等，鲜有对土壤养分与蓝花楹生长关系的研究。本文主要采用主成分回归分析法对湛江市蓝花楹样地林下土壤养分与蓝花楹生长之间的相关性进行研究，以期为蓝花楹生长提供一定的科学依据。

1 试验地概况

试验地 1、2 均位于广东省湛江市遂溪县，其中试验地 1 位于遂溪县岭北镇南方国家级林木种苗示范基地院内(21°30′ N，111°38′ E)，面积 0.83 hm^2，种植年份为 2013 年。试验地 2 位于遂溪县周屋村，面积 2.88 hm^2，造林时间为 2013 年。遂溪属北热带季风气候，夏长，春秋冬季短；日光充足，太阳辐射能丰富；高温多雨，雨热同季，分布不匀，干湿季明显；夏秋季雨多，雷多，台风多。年平均温度为 22.7℃。土壤为砖红壤，成土母质主要有：浅海沉积物占 68.4%，玄武岩占 20.4%，砂页岩占 5.4%，滨海沉积物占 5.8%。

2 材料与方法

2.1 试验地设置

试验地 1、2 均设置于 2016 年，在蓝花楹林内共设置 20 m × 30 m 标准地，共设样地 18 块。

2.2 生物量测定

(1)树高、胸径：为确保调查数据具有代表性，对每个样方内的蓝花楹进行每木胸径、树高测量。树高用测高杆测量，单位为 m，胸径用数显游标卡尺，单位为 cm。

(2)树干树皮干质量：按照 2 cm 胸径为径阶分别选取标准木，以 1 m 为区分段在每一区分段中部位置剥取 10 cm 长的完整且无病虫害的树皮，并称其鲜质量。将树皮样品带回 105℃恒温箱内烘干至恒质量，称干质量，计算含水率，按比例推算出整个树干树皮干质量。

(3)整株树的树枝与树叶的干质量：分别从区分段中挑选出 2 ~ 3 枝标准枝，先测量标准枝的带叶鲜质量，随后将叶子全部摘除后测量其去叶后的鲜质量，同时称其叶片后的鲜质量。每段按比例取少量样品称量其鲜质量后在 105℃恒温箱中烘至恒质量，称其干质量并计算得到含水率，进而推算整株树的树枝与树叶的干质量。

(4)根系生物量：在样地内分层分级称取根部，取样并称其鲜质量。将样品置于 105℃恒温箱中烘至恒质量后得到其干质量，计算其含水率推算出根系生物量。

根据上述可得到每径阶标准木生物量，依据每径阶蓝花楹株数，即可得到每径阶蓝花楹生物量，各个径阶蓝花楹生物量之和，即为样地蓝花楹总生物量。

2.3 土壤测定

2019 年 7 月对蓝花楹试验地 0 ~ 40 cm 根际土壤进行了取样测定，土壤基本理化性质测定参照《土壤农业化学分析方法》[9]。

2.4 数据处理

采用 SPSS 20.0 对土壤养分含量和蓝花楹生物量数据进行描述性统计分析，计算其最大值、最小值、平均值、标准差。采用主成分分析法分析，以土壤养分有机质(N1)、全氮(N2)、碱解氮(N3)、有效磷(N4)、速效钾(N5)、交换性钙(N6)为自变量，蓝花楹生物量(Y)为因变量。对土壤养分进行综合评价，得出对蓝花楹生物量贡献率较大的主成分。再对生物量和贡献率较大的主成分进行逐步回归分析，得到回归方程，用标准化方程替代。

3　结果与分析

3.1　土壤养分含量与蓝花楹生长的统计特征

由表 1 可知，从蓝花楹纯林下土壤养分含量看，速效钾、交换性钙含量分别为 51.75 ~ 74.83、113.11 ~ 178.27 mg kg^{-1}，其变幅不大；土壤有机质、土壤全氮、碱解氮、有效铁含量分别为 12.43 ~ 39.69 g kg^{-1}、0.37 ~ 1.95 g kg^{-1}、52.56 ~ 180.27 mg kg^{-1}、30.51 ~ 64.06 mg kg^{-1}，其变幅较大。

土壤的变异系数范围为 12.63% ~ 55.27%，均为中等变异，说明不同取样点的土壤含量存在一定的差异；生物量、平均胸径、平均树高变异系数分别是 59.54%、52.68%、35.83%，均为中等变异，说明样地中蓝花楹的生长情况存在一定变化，可能与林地土壤养分含量有一定关系，需要进一步研究与分析。

表 1　土壤养分含量与蓝花楹生长

指标	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数%
有机质/(g kg^{-1})	12.43	39.69	25.99	12.22	47.02
全氮/(g kg^{-1})	0.37	1.95	1.16	0.63	55.27
碱解氮/(mg kg^{-1})	52.56	180.27	119.62	55.08	46.05
有效磷/(mg kg^{-1})	1.16	5.56	3.40	1.66	48.80
速效钾/(mg kg^{-1})	51.75	74.83	63.74	8.05	12.63
交换性钙/(mg kg^{-1})	113.11	178.10	140.84	23.45	16.65
有效铁/(mg kg^{-1})	30.51	64.06	42.52	12.03	28.30
生物量/(g hm^{-2})	564.75	2 143.33	1 136.07	676.43	59.54
平均胸径/cm	3.14	11.31	6.20	3.26	52.68
平均树高/m	3.80	8.97	5.52	1.98	35.83

注：变异系数为标准差与平均值之比，≤10%时为弱变异性，10% ~ 100%为中等变异，≥100%为强变异性。

3.2　土壤养分与蓝花楹生长的相关矩阵

由表 2 可知，土壤养分与蓝花楹的生物量、胸径和树高存在一定的相关关系，其中有机质、全氮、碱解氮与生物量、平均树高为极显著正相关，与平均胸径为显著正相关，且生物量、平均胸径、平均树高两两极显著正相关。同时养分间有机质与全氮、碱解氮为极显著正相关，速效钾与有机质、全氮、碱解氮为显著正相关，表明土壤养分之间具有一定的相互促进作用。

表 2　生长与土壤养分的相关矩阵

	有机质	全氮	碱解氮	有效磷	速效钾	有效铁	干生物量	地径	树高
有机质	1								
全氮	0.975**	1							
碱解氮	0.984**	0.990**	1						
有效磷	0.223	0.148	0.235	1					
速效钾	0.890*	0.840*	0.845*	0.392	1				
交换性钙	0.338	0.333	0.427	0.714	0.015	1			
生物量	0.851*	0.895*	0.923**	0.428	-0.649	-0.863*	1		
平均胸径	0.918**	0.924**	0.953**	0.499	0.569	-0.917*	0.972**	1	
平均树高	0830*	0.831*	0.861*	0.581	-0.492	-0.790	0.975**	0.966**	1

注：**与*分别表示 $P<0.01$、$P<0.05$。

3.3　土壤养分与蓝花楹生长的主成分回归分析

3.3.1　多重共线性诊断

有机质、全氮、有效率、交换性钙、有效铁、有效锰进行性诊断结果(表 3)表示，第 3 ~ 6 个特征根的条件数均>10，且第 5 ~ 6 个特征根的条件数>30，第 5 个特征根中有碱解氮、有效磷所占比

例较大，说明两者之间存在一定的共线性。

3.3.2 多重线性回归

通过试验数据的逐步回归，在回归方程中保留了有机质、全氮自变量，由表 4 得出，仍存在中等程度的共线性，第 2 个特征根的条件数大于 10，因此可采用主成分回归分析。

3.3.3 主成分回归

在各土壤养分的主成分分析中(表 5)，前 3 个主成分包含了原始变量 82.61%的信息，因此选择前 3 个主成分取代原来的 6 个原始变量，同时用前 4 个主成分对蓝花楹生物量、平均胸径、平均树高进行预测。表 5 显示了前 3 个主成分的特征向量，以蓝花楹生物量 *Y*1、平均胸径 *Y*2、平均树高 *Y*3 为因变量和主成分 *Z*1、*Z*2、*Z*3 进行逐步回归分析，得出 *Z*1 与 *Y*1、*Y*2、*Y*3 的回归方程：

$$Y1=62.667+13.34\times Z1 \quad (1)$$

$$Y2=12.948+0.56\times Z1 \quad (2)$$

$$Y3=9.224+0.31\times Z1 \quad (3)$$

由表 5，将主成分 Z1 用标准化变量表达，得到如下函数表达式：

$$Z1=0.56x_1+0.49x_2+0.27x_3-0.37x_4+0.22x_5+0.19x_6 \quad (4)$$

将式(4)分别代入式(1)、(2)、(3)中得到新方程：

$$Y1=62.667+7.47x_1+6.54x_2+3.60x_3-4.94x_4+2.93x_5+2.53x_6 \quad (5)$$

$$Y2=12.948+0.31x_1+0.28x_2+0.15x_3-0.21x_4+0.12x_5+0.11x_6 \quad (6)$$

$$Y3=9.224+0.17x_1+0.15x_2+0.09x_3-0.11x_4+0.07x_5+0.06x_6 \quad (7)$$

由式(5)、式(6)、式(7)可知，自变量系数越大，其代表的对应养分对蓝花楹生长的影响越大，由此可见，X1、X2、X3、X5、X6 系数依次递减，即有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙，其中有机质、全氮、碱解氮对蓝花楹生长影响较大，且有机质对蓝花楹生长影响最大，从系数数值来看，有机质比全氮对蓝花楹生长影响略大，可能是土壤有机质中含有其他的土壤养分元素。

表 3 生长与土壤养分的多重线性诊断

模型维数	特征值	条件索引	方差比例					
			有机质	全氮	碱解氮	有效磷	速效钾	交换性钙
1	5.791	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.152	6.22	0.02	0.00	0.3	0.00	0.03	0.00
3	0.031	12.17	0.54	0.00	0.03	0.00	0.57	0.01
4	0.015	23.529	0.15	0.32	0.12	0.06	0.02	0.69
5	0.005	32.649	0.11	0.45	0.53	0.79	0.35	0.05
6	0.001	308.615	0.00	0.05	0.01	0.15	0.03	0.25

表 4 生长与土壤养分逐步回归的多重线性诊断

模型		特征值	条件索引	方差比例	
				有机质	全氮
1	1	0.072	5.435	0.07	0.04
	2	0.028	12.959	0.36	0.96

表 5 各土壤养分的主成分分析及前 3 个主成分的特征向量

主成分	贡献率%	累计贡献率%	标准化自变量	Z_1	Z_2	Z_3
Z_1	58.57	48.57	x_1	0.56	0.42	-0.14
Z_2	23.56	62.13	x_2	0.49	0.21	0.18
Z_3	10.47	82.61	x_3	0.27	-0.14	0.29
Z_4	5.69	88.30	x_4	-0.37	0.12	-0.33
Z_5	3.69	97.03	x_5	0.22	-0.28	0.18
Z_6	1.11	100.00	X_6	0.19	0.12	0．27

注：Z_1、Z_2、Z_3、Z_4、Z_5. Z_6 分别表示第 1、2、3、4、5、6 个主成分，x_1、x_2、x_3、x_4、x_5、x_6 分别表示有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙。

4　结论与讨论

(1)对土壤养分含量与蓝花楹生长的统计特征分析，有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙变异系数范围为 12.63% ~ 55.27%，均为中等变异，说明不同样地的土壤存在一定的差异；蓝花楹的生物量、平均胸径、平均树高变异系数分别是 59.54%、52.68%、35.83%，均为中等变异。

(2)土壤养分与蓝花楹生长的相关矩阵表明了有机质、全氮、碱解氮与生物量、平均树高为极显著正相关，与平均胸径为显著正相关，说明蓝花楹生长与养分之间存在密切关系；从养分间的相关系数表明了有机质与全氮、碱解氮为极显著正相关，速效钾与有机质、全氮、碱解氮为显著正相关，说明林地土壤养分之间的元素有一定的增效作用，需要进一步研究其间的量化关系。

(3)主成分分析表明在有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙六种土壤养分中，有机质、全氮、碱解氮对蓝花楹生长均有影响，且有机质对蓝花楹生长影响较大且略大于全氮，可能是土壤有机质中含有其他的土壤养分元素，也说明了在实际的施肥措施中要注意有机肥的施加。

蓝花楹的生长除了与土壤养分有关以外，实际栽培中与样地地形、温度、湿度、抚育措施等因子均有关。本研究侧重于对蓝花楹的生长于土壤养分的相关性分析，表明了土壤肥力与蓝花楹的生长存在密切相关，但是实际的林木经营管理措施如不合理，也可能导致蓝花楹生长不佳，因此需要进一步研究，才能更好发挥林地施肥及养分之间的管理对蓝花楹生长的指导作用。

参考文献

[1] 王红梅.蓝花楹组培技术研究[J].西部林业科学,2008,37(3):18-22.

[2] 谢玉华.优美的园林树种—蓝花楹[J].西南园艺,2004(6):31-32,58.

[3] SOARES A L,REGO F C,MCPHERSON E G, et a1.Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal [J]. Urban Forestry&Urban Greening,2011.10:69-78.

[4] 四川植物志编辑委员会.四川植物志第4卷(种子植物)[M].成都:四川科学技术出版社,1998.

[5] 吴征镒,路安民,汤颜承,等.中国被子植物科属综论[M].北京:科学出版社,2003.

[6] 赵志法,谢益民,张业聪,等.速生材新品种——蓝花楹[J].黑龙江造纸业,2006(4):8.

[7] NICASIO P,MECKES M. Hypotensive effect of the hydroalcoholic extract from *Jacaranda mimosifolia* leaves in rats[J]. Journal of Ethnopharmacology,2005,97(2):301-304.

[8] 衣晓丹,王新杰.杉木人工纯林与混交林下几种土壤养分对比及与生长的关系[J].中南林业科技大学学报,2013,33(2):34-38.

[9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.