doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.19370

生物菌肥与化肥配施对土沉香生长及土壤养分的影响

庞圣江1,张 培1,杨保国1,刘士玲2,冯昌林2*

(1. 中国林业科学研究院热带林业实验中心,广西 凭祥 532600; 2. 广西友谊 关森林生态系统国家定位观测研究站,广西 凭祥 532600)

摘 要: 探寻适合与化肥配施的生物菌肥用量,以期为土沉香苗木施肥提供指导。通过 2 年生土沉香盆栽试验,以不同水平处理的生物菌肥与化肥配施,研究生物菌肥与化肥配施对土沉香生长、叶片生理和土壤养分含量的影响。结果表明,(1)施用单一生物菌肥及其与 N、P、K 或复合肥配施对土沉香植株生长量均优于对照处理,M,(10 g 生物菌肥 +20 g 复合肥)处理幼苗生长效果最好,与其他处理差异显著(P < 0.05)。(2)不同水平处理组的土沉香叶片叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量均高于 CK,M3 处理叶绿素和可溶性糖的含量最大,M5 处理可溶性蛋白质含量最大。(3)生物菌肥与化肥配施皆可有效地提高土壤肥力,M2 处理的土壤碱解 N 含量增幅最大,M5 处理的有机质、有效 P 和速效 K 含量增幅最为显著。10 g 生物菌肥与 20 g 复合肥配施,促进土沉香生长的效果最好,增强土壤肥力的效果更佳,可作为此生物菌肥与复合肥配施的推荐用量。

关键词: 土沉香; 生物菌肥; 化肥; 生长; 生理; 土壤养分

生物菌肥是指一类具有活性微生物且可获取特 定肥力效应的生物肥料制品[1]。生物菌肥主要以微 生物的活动产生代谢产物和所包含的酶类物质,增 强植物抗逆和抗病能力、提高土地肥力和土壤生物 活性,从而促进植物生长[2]。由于我国长期过量 的施用单一化肥, 致使土壤养分供给不均衡和土壤 理化性状恶化的形势严峻^[3]。Zhao 等^[4]研究也指 出, 植物根际有限时间内吸收到少量的化肥, 其余 多数流失而造成环境污染,因此,探寻以生物菌肥 为主的新肥源,用于替代或部分替代化肥的研究倍 受关注。相关学者研究发现,生物菌肥与化肥组合 配施时,杨树(Populus spp.)幼苗生长、叶绿素形 成和土壤养分增幅效果较为明显[5]。在提高湿地松 (Pinus elliottii) 幼苗生长、土壤微生物种类、数量 和所含酶类活性方面尤为显著[6]。同时,对油茶 (Camellia oleifera) 幼苗生长、生理指标和土壤养分 含量提升具有明显促进作用,且以生物菌肥与磷肥 合适配施的效果更好[7]。

总体而言, 生物菌肥与化肥配施能够有效改善

收稿日期: 2019-08-16; 录用日期: 2019-09-07

基金项目:中国林业科学研究院基本业务费项目(CAFYBB2017 MB020)。

作者简介: 庞圣江(1986-), 男, 广西桂平人, 工程师, 硕士, 从事人工林与生态研究。E-mail: rlzxpang@126.com。

通讯作者: 冯昌林, E-mail: 1031677673@163.om。

土壤结构、养分比例失衡和环境污染,又具有低投入高增产出的特点,可作为一种无公害生态肥料用于实际生产和土壤改良^[8]。然而,生物菌肥配施多以集中于杨树^[5]、松树(*Pinus* spp.)^[6,9]和油茶^[10]等林木生长方面,对于诸珍贵树种的研究鲜见报道。通过生物菌肥与化肥配施培育优质苗木,不仅有利于珍贵树种产业的健康发展,也对实现我国林业转型升级战略和实施极具重要意义。

土沉香 (Aquilaria sinensis) 属于瑞香科沉香属 常绿乔木树种, 天然分布于广东、广西和海南以及 香港等省区。土沉香木材含油脂部分称为沉香,因 其具有优异的医疗和保健功能, 香味浓郁且价值 不菲,为我国特有的乡土珍贵木材和药材兼用树 种[11-12]。近年来,随着土沉香种植业的规模化发 展,其优质苗木繁育研究也引起林业工作者所关 注。如王冉[13] 开展传统施肥和指数施肥的土沉香 幼苗氮(N)肥响应研究指出,指数施肥处理的幼 苗生长形态指标表现更为优异,通过建立苗期营养 诊断指数表, 获取幼苗所需 N、P 和 K 肥配方。何 茜等[14]利用不同浓度指数施肥研究方法,初步揭 示土沉香苗期需肥规律,并推断幼苗氮(N)肥施 用量。但生物菌肥与化肥配施对土沉香生长及土壤 养分的影响试验尚未见报道,难以满足土沉香育苗 产业的旺盛需求。因此,本研究以土沉香为研究对 象,开展生物菌肥与氮肥、磷肥、钾肥或复合肥配 施对土沉香苗期生长、叶片生理和土壤养分含量的 影响,为土沉香优质苗木培育和育苗技术体系的完 善提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2018年3月以来,从广西友谊关森林生态系统国家定位观测研究站热林中心站点苗木繁育基地选取生长良好、比较均匀的2年生土沉香实生苗,平均地径为0.72 cm,平均苗高为0.76 m,盆栽于广西凭祥市夏石树木园附近(N22°05′, E106°53′)。供试验所用土壤为林地周边(0~30 cm)红壤土,采用多点取样具有代表性的红壤土 1 kg,共计 3 份;土壤样品测定理化性质作为本底数据。经检测盆栽所用红壤土理化平均数值分别为:土壤 pH值 4.21,有机质 28.72 g·kg⁻¹,碱解 N 78.59 mg·kg⁻¹,有效 P 0.83 mg·kg⁻¹,和速效 K 32.34 mg·kg⁻¹,全 N 1.83 g·kg⁻¹、全 P 0.87 g·kg⁻¹和全 K 1.45 g·kg⁻¹。

供试生物菌肥主要包括土壤益生菌、多元盛肽、有机酸等成分; N 肥(N 46.3%)、P 肥(P₂O₅ 50.8%) 和 K 肥(K₂O 50.8%) 以及复合肥(N:P₂O₅: K₂O=16:16:16, 总养分质量分数 \geqslant 48%)。1.2 试验方法

采用随机完全区组设计,设置不同水平处理的生物菌肥与化肥配施试验:即不施肥处理(CK), N_1 (5g生物菌肥)、 N_2 (5g生物菌肥+20gN肥)、 N_3 (5g生物菌肥+20gP肥)、 N_4 (5g生物菌肥+20gK肥)和 N_5 (5g生物菌肥+20g复合肥); M_1 (10g生物菌肥)、 M_2 (10g生物菌肥+20gN肥)、 M_3 (10g生物菌肥+20gP肥)、 M_4 (10g生物菌肥+20gK肥)和 M_5 (10g生物菌肥+20g层肥),共计11个处理。3次重复。每重复栽植12株,共36株・处理⁻¹,本次试验总计用苗396株。

将栽植所用的红壤土进行高锰酸钾消毒和自然风干处理,先把 CK、土壤与需添加不同比例的肥料混合均匀后装入聚乙烯育苗容器(容器直径和高度 30 cm×20 cm)内,装土共计 6.5 kg·盆⁻¹。在2018 年 4 月初将土沉香栽植于经过各处理的育苗容器土壤中进行培育。

1.3 测定项目与方法

2018年12月中下旬,采用显数游标卡尺(精确度0.1 mm)和钢卷尺(精确度0.1 cm)测量土沉香幼苗地径和高度,叶绿素仪(SPAD502)测定叶绿素含量、考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量和蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[7,15]。采用收获法,从各试验处理随机取样15株土沉香幼苗,称量植株地上部分和地下部分生物量,并带回实验室于80℃烘干至恒重称重。

将土沉香幼苗从育苗容器移出后,土壤取样带回实验室风干,用于测定土壤理化性质。其中,采用酸度计测定土壤 pH值, K_2 Cr₂O₇氧化-外加热法测定土壤有机质含量、碱解扩散法测定碱解 N含量、NaHCO₃浸提-钼锑抗比色法测定有效 P含量和 CH₃ COONH₄ 浸提-火焰光度法测定速效 K含量^[16],所有的土壤样品重复测定 3 次取平均值。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 20.0 对数据统计分析,各处理的土沉香幼苗地径、苗高和生物量以及土壤养分进行单因素(One-way ANOVA)方差分析。同时,每个处理间各项生长调查指标进行 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 生物菌肥与化肥配施对土沉香生长指标的影响 2.1.1 地径

从图 1 可以看出,生物菌肥与化肥配施的土沉香幼苗地径差异达到显著水平 (P<0.05)。与不施肥处理 (CK) 比较发现,其他处理的幼苗地径均显著增加。施用 5 和 10 g单一生物菌肥时,二者幼苗地径平均值 (2.38 和 2.46 cm)与 CK 处理 (1.37 cm)差异显著 (P<0.05)。5 g生物菌肥与20 g N、P、K或复合肥配施时,土沉香幼苗地径平均值与 CK 相比分别增加 100%、120%、83.94%和135.77%。10 g生物菌肥与20 g N、P、K或复合肥配施时,土沉香幼苗地径平均值与 CK 相比分别增加 114.60%、127.01%、109.49%和 205.84%。总体上来看,10 g生物菌肥的水平处理组明显优于5 g生物菌肥的梯度,以生物菌肥与复合肥配施对土沉香地径的促进作用效果最好。

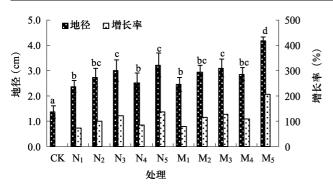


图 1 生物菌肥配施对土沉香地径的影响

注:不同字母表示不同处理间差异显著(P<0.05),下同。

2.1.2 苗高

由图 2 可知,生物菌肥与化肥配施对土沉香苗高有显著的促进作用。与 CK 处理相比,其他处理的平均苗高亦均呈显著地增加。施用 5 和 10~g 单一生物菌肥时,CK 处理的平均苗高(0.96~m)与前者(1.12~m)差异不显著(P>0.05),而与后者(1.44~m)差异达到显著水平(P<0.05)。5 g生物菌肥与 20~g N、P、K 或复合肥配施处理差异不显著(P>0.05),但生物菌肥与化肥配施的效果均优于施用单一生物菌肥,其平均苗高大小顺序依次为 $N_5>N_3>N_4>N_2>N_1$ 。 10~g 生物菌肥与 20~g N、P、K 或复合肥配施处理差异显著(P<0.05),其苗高均值大小顺序为 $M_5>M_3>M_2>M_4>M_1$ 。其中,10~g 生物菌肥的水平处理组优于 5~g 生物菌肥的梯度,以生物菌肥与复合肥配施对土沉香地径的促进作用效果最优。

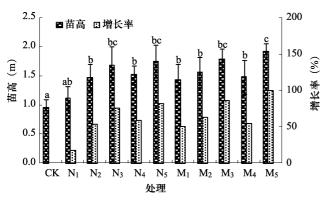


图 2 生物菌肥配施对土沉香苗高的影响

2.1.3 生物量

由图 3 可知,生物菌肥与化肥配施的土沉香生物量差异显著 (P<0.05)。与 CK 处理相比,其他处理的土沉香幼苗生物量均显著增加。其中,生物菌肥与 N、P、K 或复合肥配施的效果均优于施用单

一生物菌肥,与土沉香幼苗地径和苗高的增长基本一致。5 g生物菌肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施时,N₅ 处理的效果最好,比 CK 增加 79.00%; 10 g 生物菌肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施时,M₅ 处理的效果最好,比 CK 增加 131.19%。说明适当的增加生物菌肥用量与复合肥配施可显著地提高土沉香幼苗的生物量积累。

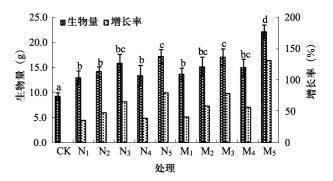


图 3 生物菌肥配施对土沉香生物量的影响

2.2 生物菌肥与化肥配施对土沉香生理指标的影响 2.2.1 叶绿素

图 4 显示,生物菌肥与化肥配施的土沉香叶片叶绿素含量差异达到显著水平(P<0.05)。与 CK 相比,其他处理的土沉香叶绿素含量均有所增加,但不同水平的生物菌肥与化肥配施处理组间增幅各异。5 g生物菌肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施,N₃ 处理叶绿素含量增幅最大(44.09%),N₅ 处理组增幅次之(38.58%),其他 3 个处理组的增幅范围为 21.26% ~ 27.56%。10 g生物菌肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施,M₃ 处理叶绿素含量增幅最大(66.14%),M₅ 处理组增幅次之(55.91%),其他 3 个处理组的增幅范围为 25.20% ~ 32.28%。

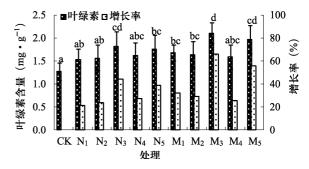


图 4 生物菌肥配施对土沉香叶片叶绿素含量的影响

2.2.2 可溶性糖

图 5 显示, 生物菌肥与化肥配施的土沉香叶片 可溶性糖含量差异显著。与 CK 相比, 其他处理的 土沉香叶片可溶性糖含量均有所增加, 但不同水平 处理组间增幅各异。5g生物菌肥与20gN、P、K或 复合肥配施, 土沉香叶片可溶性糖含量的增幅大小 依次为 N₅ (23.67%) >N₃ (22.14%) >N₂ (21.56%) > N₄ (20.45%) >N₁ (20.32%); 10 g 生物菌肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施, 土沉香叶片可溶性糖含量 的增幅大小依次为 M₃(26.13%) > M₅(26.12%) > M_2 (24.08%) $>M_4$ (22.97%) $>M_1$ (22.51%)_o

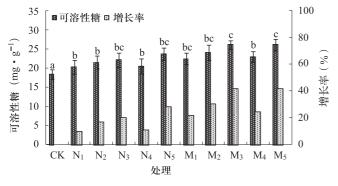


图 5 生物菌肥配施对土沉香叶片可溶性糖含量的影响

2.2.3 可溶性蛋白质

图 6 显示,不同水平处理组的土沉香叶片可溶性 蛋白质含量明显高于 CK。5 g 生物菌肥与 20 g N、P、 K 或复合肥配施, 土沉香叶片可溶性蛋白质含量的增 幅范围为 12.68 ~ 19.74%, N₂(19.59%) 和 N₅(19.74%) 可溶性蛋白质含量的增幅效果最为明显。10g生物菌 肥与 20 g N、P、K 或复合肥配施, 土沉香叶片可溶 性蛋白质含量的增幅次序依次为 M_5 (31.74%)> M_5 $(29.61\%) > M_4 (24.63\%) > M_2 (24.09\%) > M_1 (20.08\%)$ 说明 10 g 生物菌肥与化肥配施的处理组可溶性蛋白 含量明显高于5g菌肥的处理组,且不同水平处理组 间差异达到显著水平(P<0.01)。

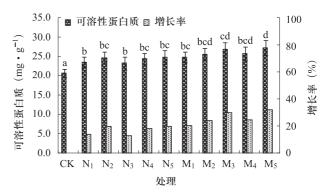


图 6 生物菌肥配施对土沉香叶片可溶性蛋白质含量的影响

2.3 生物菌肥与化肥配施对土沉香土壤养分的影响 由表 1 可知,不同水平生物菌肥与化肥配施的 土壤有机质、碱解 N、有效 P和速效 K含量差异显 著 (P<0.05)。与 CK 相比,经过施肥处理的土沉香 土壤有机质含量均表现为增加的趋势。5 g 生物菌 肥与20gN、P、K或复合肥配施,No处理的碱解 N 含量较高, N₅处理的土壤有机质、有效 P 和速效 K含量提高幅度较大; 10g生物菌肥与20g复合肥 配施时, M, 处理的碱解 N 含量为最高, M, 土壤有 机质含量、有效 P 和速效 K 增幅效果最大, 说明 适当的生物菌肥与复合肥配施提高土壤养分的效果 更好。

表 1 生物菌肥配施对土壤有机质、碱解 N 、有效 P 和速效 K 含量的影响				
处理	有机质(g・kg ^{-l})	碱解 N (mg·kg ⁻¹)	有效 P (mg・kg ⁻¹)	速效 K (mg・kg ⁻¹)
CK	28.72 ± 4.65 a	85.67 ± 7.18 a	0.86 ± 0.18 a	32.82 ± 1.86 a
\mathbf{N}_1	$39.61 \pm 3.14 \mathrm{b}$	$93.36 \pm 7.44 \text{ ab}$	$1.10 \pm 0.26 \text{ ab}$	$40.48 \pm 2.39 \; \mathrm{bc}$
N_2	$40.17 \pm 4.49 \; \mathrm{b}$	$110.39 \pm 6.13 \text{ bc}$	$1.36\pm0.21~\rm bc$	$42.81 \pm 2.76 \: \mathrm{bc}$
N_3	$43.96 \pm 5.14 \: \mathrm{bc}$	96.14 ± 12.20 ab	$1.41 \pm 0.22 \; \mathrm{bc}$	$41.89 \pm 1.91~\mathrm{bc}$
N_4	$41.52 \pm 4.83 \text{ b}$	$90.53 \pm 11.91 \text{ ab}$	$1.00 \pm 0.16 \text{ ab}$	$46.41 \pm 3.16 \mathrm{~c}$
N_5	$46.42 \pm 3.76 \mathrm{bc}$	$101.56 \pm 7.35 \mathrm{b}$	$1.45\pm0.28~\mathrm{bc}$	$45.13 \pm 1.78 \; \mathrm{c}$
\mathbf{M}_1	$42.37 \pm 2.62 \text{ be}$	$98.42 \pm 7.41 \text{ abc}$	$1.17 \pm 0.35 \text{ ab}$	$35.02 \pm 4.75 \text{ ab}$
\mathbf{M}_2	$44.18\pm1.84~\mathrm{bc}$	$123.33 \pm 6.46 \; \mathrm{cd}$	$1.28 \pm 0.39 \text{ ab}$	$43.07 \pm 5.68 \ \mathrm{bcd}$
M_3	$46.88 \pm 2.97 \mathrm{~c}$	$100.78 \pm 6.32 \mathrm{b}$	$1.53 \pm 0.22 \; \mathrm{c}$	$42.12 \pm 3.42 \text{ be}$
M_4	$43.72 \pm 2.99 \; \mathrm{bc}$	96.63 ± 7.24 ab	$1.07 \pm 0.28 \text{ ab}$	$46.57 \pm 2.37 \; \mathrm{cd}$
M_5	$51.12 \pm 2.16 \; \mathrm{cd}$	$116.40 \pm 6.29 \; \mathrm{cd}$	$1.56 \pm 0.36 \; \mathrm{c}$	$48.81 \pm 2.64 \mathrm{cd}$

注:表中数据为平均值 ± 标准误,同一列数据具有相同字母者,表示处理间差异不显著(P>0.05, Duncan 多重比较,n=3)。

3 结论与讨论

研究表明,施用单一生物菌肥及其与 N、P、K 或复合肥配施对土沉香植株生长量均优于对照处 理, M₅(10g生物菌肥+20g复合肥)处理幼苗生长 效果最好,与其他处理差异显著(P<0.05)。与CK 相比,在土沉香苗期施用生物菌肥对幼苗地径、苗 高和生物量有着显著的促进作用,这与生物菌肥能 显著地提高油茶[7]、马尾松[9]、巨尾桉[17]苗期生 长量的研究结果相似。同时,施用化肥对于幼苗生 长亦有显著促进作用,但施用单一过量的化肥可造 成土壤的严重污染[18]。本研究发现, 经不同处理 水平的生物菌肥与N、P、K或复合肥配施比施用 单一生物菌肥的效果更好,以 M, 处理的效果最优, N, 处理相对较差, 说明合适的生物菌肥与化肥配施 对促进苗木生长、减少环境污染极具重要意义。也 有学者研究认为, 生物菌肥与 P 肥配施对油茶生长 的效果最佳[7],这与本研究的结果有所差异,原 因可能与树种生物学特性、幼苗养分需求以及育苗 土壤来源方面各异有关。

研究结果显示,不同水平处理组的土沉香叶片叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量均高于 CK, M_3 处理叶绿素和可溶性糖的含量最大, M_5 处理可溶性蛋白质含量最大。

以往其他树种研究发现,生物菌肥与化肥配施的油茶^[10]、杨梅^[19]以及鼓节竹^[20]幼苗叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量等生理指标的增幅效果较好,与本研究的结果基本一致。究其原因,可能与生物菌肥和化肥配施,不仅有效地改善土壤环境,利于土壤微生物繁殖代谢,提高土壤呼吸强度,促进植物生长发育。但不同水平处理组之间存在一定的差异性,其原因颇为复杂,尚待从幼苗光合利用效率以及土壤微生物多样性方面开展深入研究。

本研究还发现,生物菌肥与化肥配施皆可有效地提高土壤肥力, M_2 处理的土壤碱解 N 含量增幅最大, M_5 处理的有机质、有效 P 和速效 K 含量增幅最为显著。杨盼盼等^[2]研究亦表明,生物菌肥与化肥配施能够快速增加土壤有机质含量,有效地提高土壤碱解 N、有效 P 和速效 K 含量,Bouranis等^[21]研究亦得出相类似观点,与本研究的结论基本一致。他们研究认为,这可能是生物菌肥含有固氮菌、解磷菌和解钾菌等大量有益微生物,其生命

活动可达到培肥地力的缘故。因此,生物菌肥与化肥配施是提高土壤有益微生物多样性、数量以及土壤养分含量的关键。

综上所述,适当的生物菌肥与化肥配施可使土壤养分潜力得到充分挖掘,利于增强土壤的肥力,为苗木培育提供更多的养分元素。同时,增加土壤有益微生物的种类和数量,抑制有害病原菌和提高苗木抗逆抗病能力,从而为幼苗生长创造良好的环境^[22]。在本研究中 M,处理,即 10 g 生物菌肥与20 g 复合肥配施,增强土壤肥力的效果更佳,促进土沉香幼苗生长的效果最好,可作为此生物菌肥与化肥配施的推荐用量。本研究成果为培育优质土沉香苗木和推广利用生物菌肥提供理论指导,也说明生物菌肥在复合肥研发中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴建峰,林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势 [J]. 土壤,2002,34(2):68-72.
- [2] 杨盼盼,蒋慧敏,蒲强,等. 与化肥配施的菌肥用量对土壤肥力特性的影响[J]. 华南农业大学学报,2017,38(3):26-31.
- [3] 俞有志,王清奎,于小军,等. 施氮磷肥对杉木人工林土壤活性有机碳的影响[J]. 生态学杂志,2018,37(10):
- [4] Zhao Q G, Ji Z H, Yan X Y, et al. Progress in significant soil science fields of China over the last three decades; A Review [J]. Pedosphere, 2011, 21 (1): 0-10.
- [5] 唐菁. 杨树施用细菌肥料的增长效应及作用机理研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006.
- [6] 赵京京,王超群,董玉红,等.细菌肥料对湿地松幼龄林生长及土壤性质的影响[J].林业科学研究,2019,32(1):
- [7] 苏小青,陈慧洁,冯丽贞,等. 不同配比菌肥对土壤养分及油茶生长的影响[J]. 森林与环境学报,2014,(4):356-361.
- [8] 夏觅真,马忠友,曹媛媛,等. 棉花根际固氮菌、解磷菌及解钾菌的相互作用[J]. 中国微生态学杂志,2010,22(2):102-105.
- [9] 杨承栋, 焦如珍, 孙启武, 等. 细菌肥料促进马尾松生长效应的研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(3): 361-363.
- [10] 杨芳芳. 菌肥不同配比对油茶生长及土壤养分的影响 [D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [11] 黄玮婷, 孔凡芹, 王海燕, 等. 沉香属植物繁殖研究进展 [J]. 世界林业研究, 2017, 30(1): 44-48.
- [12] 庞圣江,张培,马跃,等. 白木香容器苗基质配比与缓释 肥施用量的生长效应[J]. 东北林业大学学报,2018,46 (11):14-17.
- [13] 王冉. 沉香植物苗期营养特性与施肥效应研究[D]. 北京:

- 北京林业大学, 2011.
- [14] 何茜,王冉,李吉跃,等.不同浓度指数施肥方法下马来 沉香与土沉香苗期需肥规律[J].植物营养与肥料学报, 2012,18(5):1193-1203.
- [15] 王文杰,李雪莹,王慧梅,等. 便携式测定仪在测定叶片衰老过程中氮和叶绿素含量上的应用[J]. 林业科学,2006,42(6):20-25.
- [16] LY/T 1210 1275-1999, 森林土壤分析方法 [S].
- [17] 覃华东. 复合固氮菌肥料对巨尾桉萌芽林生长的影响 [D]. 南宁:广西大学, 2014.
- [18] 付晓凤, 王莉姗, 朱原, 等. 不同施肥处理对海南风吹楠幼苗生长及生理特性影响[J]. 植物科学学报, 2018, 36(2): 273-281.

- [19] 宋其岩. 肥水管理对杨梅容器苗生长及生理生态影响[D]. 杭州:浙江农林大学,2010.
- [20] 薛磊,凡莉莉,赖金莉,等.生物菌肥对鼓节竹发笋期生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):131-134.
- [21] Bouranis D L, Theodoropoulos A G, Drossopoulos J B. Designing synthetic polymers as soil conditioners [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1995, 26 (9): 1455-1480.
- [22] 杨芳,田俊岭,杨盼盼,等. 高效光合细菌菌剂对番茄品质、土壤肥力及微生物特性的影响[J]. 华南农业大学学报,2014,35(1):49-54.

Effects of suitable ratio of biological fertilizer and chemical fertilizer on growth of Aquilaria sinensis and soil nutrients

PANG Sheng-jiang¹, ZHANG Pei¹, YANG Bao-guo¹, LIU Shi-ling², FENG Chang-lin² (1. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang Guangxi 532600; 2. National Positioning Observation and Research Station of Forest Ecosystem of Guangxi Youyiguan, Pingxiang Guangxi 532600)

Abstract: A pot experiment was conducted with two-year-old Aquilaria sinensis, different rates of biological fertilizer were applied with different chemical fertilizers to explore the effects on growth, physiological indexes and soil nutrients, and find a suitable combination of biological fertilizer and chemical fertilizer. The results showed that: (1) To the control, the height and ground diameter of Aquilaria sinensis had been accelerated for all treatments with fertilizer application, and in the M_5 (10 g bio-fertilizer and 20 g chemical fertilizer) treatment the growth was the best, which was significantly better than other treatments (P<0.05). (2) In all treatments, the contents of chlorophyll, soluble sugar and soluble protein in Aquilaria sinensis leaves increased significantly when compared to the control. The increases of chlorophyll and soluble sugar were more remarkable in M_3 treatment, while the increase of soluble protein was most obvious in M_5 treatment. (3) The application of all the formulas of biological fertilizer and chemical fertilizer had significantly improved the soil fertility. The soil available nitrogen was most remarkable in M_2 treatment, while the increases of soil organic matter, available phosphorus and available K were more obvious in M_5 treatment. These results demonstrated that M_5 treatment (10 g bio-fertilizer and 20 g chemical fertilizer) was the optimum formula to promote the growth of Aquilaria sinensis and strengthen soil fertility, which is the recommended dosage of the biological fertilizer and chemical fertilizer.

Key words: Aquilaria sinensis; biological fertilizer; chemical fertilizer; growth; physiological; soil nutrients