

文章编号: 1001-1498(2000) 05-0039-05

木麻黄接种弗兰克氏菌海藻酸钙菌剂 大田试验研究

康丽华¹, 李素翠¹, 彭耀强², 刘玉粼², 陈华成², 罗成就²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520; 2. 广东省林业厅, 广东广州 510173)

摘要: 在广东省西部的阳西县、东部惠来县和中部台山市的滨海沙丘进行木麻黄接种弗兰克氏菌海藻酸钙菌剂的大田试验。结果表明: 接菌树木的高生长比对照增加 6.6% ~ 53.1%, 胸径增加 16.8% ~ 45.9%; 叶片的 N 含量增加 18.1% ~ 40.2%; 土壤营养元素除了 K 比造林前降低外, 其余均增加 64.3% ~ 249.9%, 其中速效 N 增加最多; 根际土壤弗兰克氏菌数量增加 277.4%。接菌效果可以持续到造林后第 4 年, 但在第 2 年时效果最好, 增加的幅度最大。不同的弗兰克氏菌在不同地点的接种效果存在差异。

关键词: 木麻黄; 弗兰克氏菌; 接种; 大田造林

中图分类号: S718.83

文献标识码: A

木麻黄(*Casuarina* spp.) 是滨海地区重要的防护林和用材林树种, 主要分布在我国的海南、广西、广东、福建和浙江等省、自治区。同时木麻黄也是非豆科共生固氮树种之一, 其根系与土壤中的放线菌——弗兰克氏菌(*Frankia*) 共生形成根瘤, 将大气中植物不能吸收利用的分子态氮转化为自身可吸收利用的氨态氮, 促进其生长。苗圃试验表明人工接种弗兰克氏菌能显著地提高木麻黄的高生长及生物量^[1,2], 但大田接种的效果如何呢? 这方面研究较少。50~60 年代营造的木麻黄林已进入成熟期, 亟待更新改造, 但当前面临二代更新成活率低, 生长衰退和生产力下降等不利局面^[3], 能否通过接种弗兰克氏菌, 提高二代更新的成活率, 克服生长衰退和生产力下降的局面, 建设稳固的沿海防护林体系, 这是生产中提出的问题, 也是本研究的出发点。

1 材料与方法

1.1 菌株来源及菌剂制作

弗兰克氏菌 9022、9041 菌株分离自本所粗枝木麻黄(*Casuarina glauca* Sieb. ex Spreng) 根瘤; 弗兰克氏菌 JCT 287 菌株分离自澳大利亚细枝木麻黄(*C. cunninghamiana* Miq) 根瘤^[4], 弗兰克氏菌在 28~30 ℃ 的 Bap^[5] 培养液中通气培养 15 d, 用海藻酸钠溶液包埋, 使之成为 0.5~0.7 cm 的球形颗粒^[6], 在 Bap 培养液培养 10 d 后倾去培养液, 自然风干成干菌剂备用。

1.2 苗木接种方法

采用苗木注射法, 苗木用普通木麻黄(*C. equisetifolia* L.) 无性系水培苗, 待其长至 6~7

收稿日期: 1998-08-21

基金项目: 广东省林业厅项目“木麻黄根瘤菌——弗兰克氏菌应用研究”内容

作者简介: 康丽华(1955-), 女, 福建龙海人, 副研究员。

cm 高时接种。接种时用磷酸缓冲液浸泡干海藻酸钙菌剂 2~3 h, 将其搅拌均匀成菌悬液, 用无菌注射器吸取 15 mL 注射到苗木根系周围, 使其接种干海藻酸钙量为 $0.05 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。苗木出圃前按常规方法管理。

1.3 林地土壤弗兰克氏菌数量测定

土壤样品分别取自林地内接种与不接种处理的木麻黄根际土壤, 采用植物侵染试验的 MPN 方法(最大可能数法)测定土壤样品的弗兰克氏菌数量^[7]。

1.4 叶片 N 含量及土壤营养元素的分析

造林后第 2 年取木麻黄末梢嫩叶, 于 80 ℃ 烘箱内烘干粉碎, 用凯氏定氮法测定样品含 N 量。造林前用十字交叉法取林地 5~15 cm 土壤, 造林后第 2 年用相同方法取样分析。有机质含量用丘林法, 全 N 用蒸馏法, 速效 N 用扩散法, 全 P 用酸溶比色法和全 K 用碱溶-火焰光度计法。

1.5 造林设计

造林地点选在广东省的西部阳西县、东部惠来县和中部台山市。试验采用随机区组设计, 每小区 36 株, 每个区组 144 株, 4 次重复, 株行距 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, 挖穴规格为 $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$, 造林时每穴施复合肥($\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$) 25 g 作基肥。造林后每年调查树高、胸径及叶片含 N 量。数据进行方差分析。广东省阳西县试验点在 1993 年 6 月 24 日接种, 1993 年 8 月 26~27 日造林; 广东省惠来县试验点在 1994 年 5 月 5 日接种, 1994 年 7 月 4 日造林; 广东省台山市试验点在 1994 年 4 月 9 日接种, 1994 年 6 月 8~9 日造林。

1.6 造林地概况

广东省西部的阳西县造林地位于 $112^{\circ}21' \text{ E}$, $21^{\circ}31' \text{ N}$, 年平均温度 $21 \sim 23.3$ ℃, 7 月份最热, 1 月份最冷, 年降雨量为 2 133 mm, 主要集中在 3 月下旬至 10 月上旬, 台风频繁发生在 6~9 月份。属南亚热带海洋性季风气候。造林地土壤为滨海沙土。

广东省东部的惠来县造林地位于 $116^{\circ}33' \text{ E}$, $22^{\circ}54' \text{ N}$, 年平均温度 $21.4 \sim 21.9$ ℃, 7 月份最热, 1 月份最冷, 年降雨量为 1 867 mm, 5~10 月的雨量占全年的 85.4%, 受台风影响主要在 7~9 月份。属南亚热带季风气候。造林地土壤为浅海沉积土。

广东省中部的台山市造林地位于 $113^{\circ}03' \text{ E}$, $22^{\circ}25' \text{ N}$, 年平均温度 $21.6 \sim 22.8$ ℃, 7 月份最热, 1 月份最冷, 年降雨量为 1 936.5 mm, 雨季始于 4 月上旬, 结束于 10 月上旬, 集中在 4~9 月份, 台风影响以 7~9 月份为多。属南亚热带海洋性季风气候。造林地土壤为滨海盐渍土。

表 1 3 个造林地土壤养分情况

造林地点	有机质/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	全 N/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	全 P/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	全 K/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	速效 N/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$
阳 西	1.19	0.05	0.1	4.96	55.9
惠 来	4.62	0.20	4.1	1.32	32.7
台 山	0.51	0.04	3.1	0.58	6.2

2 结果与分析

2.1 接菌对木麻黄林生长的影响

表 2 和表 3 是阳西试验林不同接菌处理影响木麻黄树木生长的结果。试验表明木麻黄接种不同的弗兰克氏菌后, 对树木生长的促进作用十分明显。由表 2、表 3 可见, 接菌树木的高生

长比对照增加 6.6% ~ 53.1%; 胸径增加 16.8% ~ 45.9%。增加幅度最大的为接种弗兰克氏菌 9022 菌株, 其次为弗兰克氏菌 287 菌株。结果经方差分析检验, 差异极显著。

表 2 阳西试验林不同接菌处理对树高生长的影响

处理	1 a			2 a			3 a			4 a		
	均值/m	LSD	相对值/%	均值/m	LSD	相对值/%	均值/m	LSD	相对值/%	均值/m	LSD	相对值/%
CK	0.86	a	100	2.31	a	100	3.77	a	100	4.71	a	100
9041	0.95	ab	110.5	3.24	b	140.2	4.86	b	129.0	5.90	ab	125.3
287	1.05	b	122.0	3.44	b	148.9	5.17	b	137.4	6.44	ab	136.7
9022	0.92	a	106.6	3.54	b	153.1	5.23	b	139.0	6.49	b	137.8
$F_{0.05}$	6.359**			41.471**			20.334**			2.699*		

注: 同一项内, 不具有共同字母的数据, 表明经 LSD 分析差异显著($P=0.05$)。

表 3 阳西试验林不同接菌处理对胸径生长的影响

处理	2 a			3 a			4 a		
	均值/cm	LSD	相对值/%	均值/cm	LSD	相对值/%	均值/cm	LSD	相对值/%
CK	1.51	a	100	3.48	a	100	4.83	a	100.0
9041	1.76	a	116.8	4.29	b	123.5	5.94	ab	123.0
9022	2.20	b	145.9	4.40	b	126.5	6.08	b	125.9
287	2.15	b	142.5	4.42	b	127.2	6.09	b	126.1
$F_{0.05}$	23.133**			6.202**			2.128*		

注: 同一项内, 不具有共同字母的数据, 表明经 LSD 分析差异显著($P=0.05$)。

2.2 接菌效果的持续性

表2、表3和图1结果可以看出阳西试验林接菌效果的持续性。图1表明, 造林后第2年木麻黄高生长的增长量最大, 接菌树木的高生长比对照增加 40.2% ~ 53.1%; 第3年开始下降, 到第4年仅为 CK 的 125.3% ~ 137.8%。说明造林后第2年木麻黄接菌的效果最高, 接菌效果可以持续到第4年, 但差异性由第1年的极显著降低到第4年的显著。

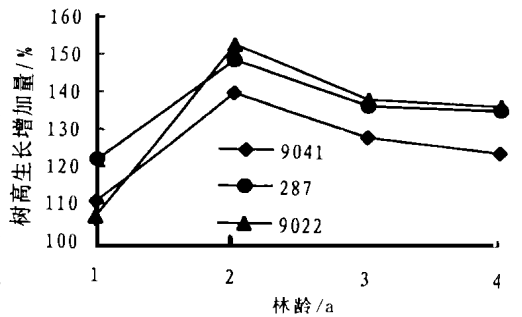


图 1 接菌处理对林木高生长的持续效果

2.3 不同地点接菌处理对木麻黄生长的影响

从表4结果看出, 不同地点接菌处理对木麻黄生长的效应是存在差异的。阳西、惠来和台山3个不同造林点接菌处理的木麻黄高生长均

表4 不同地点接菌处理对木麻黄生长的效应(2年生树高)

处理	阳 西			惠 来			台 山		
	均值/m	LSD	相对值/%	均值/m	LSD	相对值/%	均值/m	LSD	相对值/%
CK	2.31	a	100	3.89	a	100	0.77	a	100
9041	3.24	b	140.2	4.29	ab	110.1	0.93	b	120.8
9022	3.44	b	148.9	4.67	bc	119.9	0.97	b	126.0
287	3.54	b	153.1	8.12	c	131.5	0.81	a	105.2
$F_{0.05}$	41.471**			16.973**			10.104**		

注: 同一项内, 不具有共同字母的数据, 表明经 LSD 分析差异显著($P=0.05$)。

比对照高 10.1% ~ 53.1%。在阳西试验点, 弗兰克氏菌 9041、9022 和 287 菌株的接种效果差别不大; 在惠来试验点, 弗兰克氏菌 287 菌株的接种效果最好; 在台山试验点, 弗兰克氏菌 9041 和 9022 菌株的接种效果较 287 菌株好。说明在不同地点接种木麻黄需要选择适应当地的弗兰克氏菌菌株。

2.4 接种对木麻黄叶片 N 含量及土壤营养元素的影响

木麻黄接种弗兰克氏菌后, 与对照树木叶片 N 含量明显不同。从表 5 看出, 接菌木麻黄叶片的 N 含量比对照增加了 18.1% ~ 40.2%。土壤营养元素除了 K 比造林前降低外, 其余均增加 64.3% ~ 249.9%, 其中速效 N 增加最多(表 6)。

表 5 木麻黄叶片 N 含量的比较

菌株	含 N 量/(g · kg ⁻¹)	相对值/%
9041	11.68	118.1
9022	12.97	131.1
287	13.87	140.2
CK	9.89	100

表 6 土壤营养元素的变化

处 理	有机质		全 N		全 P		全 K		速效 N	
	含量/ (g · kg ⁻¹)	相对值/%	含量/ (g · kg ⁻¹)	相对值/%	含量/ (g · kg ⁻¹)	相对值/%	含量/ (g · kg ⁻¹)	相对值/%	含量/ (mg · kg ⁻¹)	相对值/%
造林后林地	2.63	221.0	0.13	260.0	0.23	164.3	3.58	- 27.8	195.6	349.9
造林前林地	1.19	100	0.05	100	0.14	100	4.96	100	55.9	100

2.5 接种对木麻黄根际土壤弗兰克氏菌数量变化的影响

表 7 结果表明, 接菌与不接菌处理的木麻黄根际土壤弗兰克氏菌数量存在差异。接菌处理的木麻黄根际土壤弗兰克氏菌数量比不接菌处理增加 277.4%。说明接菌处理能显著地提高土壤中弗兰克氏菌数量。

表 7 木麻黄根际土壤弗兰克氏菌数量

处 理	弗兰克氏菌数量/ (个 · g ⁻¹)	相对值/%
接 菌	11.7	377.4
不接菌	3.1	100

3 结 语

(1) 大田人工接种弗兰克氏菌对木麻黄的生长具有显著的增产效果, 接菌树木的高生长比对照增加 6.6% ~ 53.1%; 胸径增加 16.8% ~ 45.9%。造林后第 2 年的增产效果最大, 而且接种效果可以持续至第 4 年。

(2) 木麻黄人工接种弗兰克氏菌的增产效果在不同地点是存在差异的, 说明在不同地点接种木麻黄需要选择适应当地的弗兰克氏菌菌株。

(3) 接菌木麻黄叶片的 N 含量比对照增加了 18.1% ~ 40.2%; 土壤营养元素除了 K 比造林前降低外, 其余均增加 64.3% ~ 249.9%, 其中速效 N 增加最多。接菌处理的木麻黄根际土壤弗兰克氏菌数量比不接菌处理增加 277.4%。

参考文献:

- [1] Reddell P, Rosbrook P A, Bowen G D, et al. Growth responses in *Casuarina cunninghamiana* plantings to inoculation with *Frankia*[J]. Plant and Soil, 1988, (108): 79 ~ 86.
- [2] 康丽华. 木麻黄苗期接种弗兰克氏菌效应及其与营养元素的关系[J]. 林业科学研究, 1994, 7(2): 129 ~ 132.
- [3] 徐燕千, 劳家骥. 木麻黄栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984.

- [4] 康丽华. 木麻黄根瘤内生菌——弗兰克氏菌侵染特性的研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(3): 233 ~ 236.
- [5] Murry M A. Growth kinetics and nitrogenase induction in frankia SP HFPPArI growth in batch culture[J]. Plant and Soil, 1984, 78: 61 ~ 78.
- [6] 康丽华. 木麻黄弗兰克氏菌接种技术与接种效果的研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(4): 341 ~ 347.
- [7] 伯杰森 F J. 生物固氮研究法[M]. 陈冠雄等译. 北京: 科学出版社, 1987. 222 ~ 227.

Study on the Inoculation Effects of Field-grown *Casuarina equisetifolia* with *Frankia* Alginate Beads

KANG Li-hua¹, LI Su-eui¹, PENG Yao-qiang²,
LIU Yu-tin², CHEN Hua-cheng², LUO Cheng-jiu²

(1. The Research Institute of Tropical Forestry, CA F, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Guangdong Forestry Department, Guangzhou 510173, Guangdong, China)

Abstract: A large scale field experiments were carried out in coastal sandy areas of Yangxi, Huilai and Taishan of Guangdong Province, to evaluate the inoculation effects of *Casuarina equisetifolia* with *Frankia* alginate beads. Results showed that tree height, tree diameter at 1.3 m height, N content and *Frankia* quantity in inoculated trees increased by 6.6% ~ 53.1%, 16.8% ~ 45.9%, 18.1% ~ 40.2% and 277.4% respectively than those of uninoculated trees. Soil nutrients except K increased by 64.3% ~ 249.9% compared with those of before afforestation. The inoculation effects could maintained to the 4th year but was much higher in the 2nd year than in the 1st, 3rd and 4th year. The response to inoculation displayed distinct differences among sites and *Frankia* strains.

Key words: *Casuarina*; *Frankia*; inoculation; field experiments