

文章编号: 1001-1498(2002)02-0163-06

N、P、K 营养元素不同配比对 马占相思苗期生长的影响

刘水娥, 张方秋, 陈祖旭, 孟宪法

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 采用 N、P、K 3 营养元素 5 个水平配比试验, 分析不同配比对马占相思苗期生长的影响; 通过正交试验, 确定马占相思苗木对各营养元素的实际需求水平。结果表明, P 素对马占相思苗期生长影响最大, 其次为 K 素, 而 N 素的影响相对较小。不同水平的 N、P、K 配比对试验苗有不同的影响, 其中, N、P、K 最佳配比为: 190 25 160(mg L⁻¹)。

关键词: 马占相思; 苗期施肥; N、P、K 营养元素; 配比试验

中图分类号: S723.3

文献标识码: A

马占相思(*Acacia mangium* Willd.) 原产于大洋洲的澳大利亚、新几内亚等地, 80 年代初我国开始引种栽培。鉴于马占相思早期生长迅速、干形通直、具固 N 功能等优良特性, 为我国热带、亚热带地区优良纸浆材和用材树种之一, 近年来还普遍用于生态公益林建设^[1]。目前, 马占相思已广泛用于短轮伐期工业用材林生产, 成为华南地区继桉树(*Eucalyptus* spp.) 之后又一重要纸浆、用材和绿化树种。特别是该树种根系能形成根瘤, 具有良好的固 N 作用, 对多代经营后退化的桉树人工林土壤可以起到良好的改良作用, 因而发展前景十分广阔^[2]。

良种壮苗是提高马占相思造林成活率和取得良好社会效益的基础, 目前人们对马占相思良种选育方面的报道较多^[3,4], 但对苗期施肥和壮苗培育研究较少。本文采用水培法培育马占相思幼苗并进行试验, 通过 N、P、K 不同水平的施肥配比, 探讨马占相思苗期生长对 N、P、K 3 要素的实际需求, 寻找出合理的营养配比, 为马占相思壮苗培育提供科学的施肥依据。

1 材料和方法

1.1 材料准备

马占相思种子用开水浸泡 30 s 后, 取出用冷水冲洗数次, 然后用清水浸泡 1 昼夜^[5]。将浸泡过后的种子取出阴干后播种于经 0.5% 高锰酸钾溶液消毒后的沙床中。

试验容器采用体积为 3.5 L 小桶, 桶外壁及盖先后用黑白油漆涂刷 1 次, 然后用清水浸泡 3 昼夜^[6], 防止渗漏和遮光。桶盖上方成四方形钻 4 个小孔, 用于放置试验苗。

1.2 营养液的配置

试验水培营养液采用霍格兰营养液配方(一)和阿农微量元素混合液配方配置成完全营养

收稿日期: 2001-04-11

基金项目: “九五”国家攻关“相思纸浆用材树种良种选育与培育技术研究”(96-01-011-05)

作者简介: 刘水娥(1975-), 女, 湖北孝感人, 实习研究员。

液(表1,2)^[7],每1L霍格兰营养液中加入1mL阿农微量元素混合液即为试验所用的完全营养液,再根据N、P、K元素不同水平配比调节营养液pH值在6.0~6.5。

表1 霍格兰营养液的营养成分(一)

盐类	含量/(g L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1.18
KNO ₃	0.51
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.49
KH ₂ PO ₄	0.14
酒石酸铁	0.005

表2 阿农微量元素混合液成分

盐类	含量/(g L ⁻¹)
H ₃ BO ₃	2.86
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.81
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08
H ₂ MbO ₄ ·4H ₂ O(85%MnO ₂)	0.09

1.3 试验设计

为探索马占相思苗期生长对N、P、K3要素需求的最佳配比,N、P、K3要素均取5个水平^[6](表3),试验采用L₂₅(5⁶)正交表^[8]。试验共25个处理,每处理4个重复,各重复植苗4株。处理苗随机排列于温室苗床上,并定期随机交换位置。

1.4 栽培条件及苗期管理

挑选已长出2~3片羽状真叶、3~4cm高、生长健壮的马占相思幼苗,洗净根系后,植于盖上小孔中,每盆植苗4株,用棉花加以固定。容器(小桶)内盛有配置好的营养液3L。整个试验均在温室中进行(75%遮光),12月和1月风大,每天室内喷雾加湿2次。移栽后,每天通气4次,每3d调节1次pH值和Fe素水平,10d更换1次营养液。

1.5 试验观测

根据试验苗生长情况,在移栽后8.5个月结束试验,对每苗进行有关生长指标的测定。生长指标包括:苗高、地茎、鲜质量和干质量。对观测数据应用L₂₅(5⁶)4次重复正交试验方差分析方法^[9],在SAS软件包上进行方差分析^[10]。

2 结果分析

2.1 N、P、K3要素对马占相思苗木生长的影响

将各处理相应生长指标的算术平均值列于表4。试验苗各生长指标方差分析结果列于表5,由表中可以看出:

2.1.1 N、P、K3要素对马占相思苗高和地茎生长的影响

(1)N、P、K3要素在 $\alpha = 0.01$ 时对苗高生长的影响极显著。其中P素的影响最大。

(2)在显著水平 $\alpha = 0.01$ 时,P素对马占相思地茎生长影响极显著,K素显著,而N素不显著。因此,对马占相思地茎生长影响最大的为P素,其次为K素,N素影响最小。

综合以上分析,3要素对马占相思苗高和地茎生长的影响为 $P > K > N$ 。

2.1.2 N、P、K3要素对马占相思苗木质量的影响

(1)N素对马占相思地上鲜质量影响显著,对地下鲜质量和全株鲜质量影响不显著;P素在 $\alpha = 0.05$ 时对马占相思地下鲜质量影响显著,在 $\alpha = 0.01$ 时对地上鲜质量和全株鲜质量影

表3 L₂₅(5⁶)正交试验的因素与水平

水平	因素		
	N/(mg L ⁻¹)	P/(mg L ⁻¹)	K/(mg L ⁻¹)
1	100	10	100
2	130	25	130
3	160	40	160
4	190	55	190
5	220	70	220

响极为显著 ;K 素对马占相思地下鲜质量影响不显著 ,在 $\alpha = 0.05$ 时对地上鲜质量影响显著 ,在 $\alpha = 0.01$ 时对全株鲜质量影响极显著。从对马占相思苗鲜质量的整体影响来看 ,P 素的影响最大 ,N 素最小。

表 4 不同 N、P、K 配比苗木生长指标的变化

试验号	处 理			苗高 /cm	地茎 /cm	鲜质量				干质量			
	N	P	K			地上/g	地下/g	地上地下 下比值	全株/g	地上/g	地下/g	地上地下 下比值	全株/g
1	1	1	1	26.10	0.52	17.78	6.30	2.82	24.08	3.62	1.39	2.60	5.01
2	1	2	2	28.15	0.67	23.94	8.93	2.68	32.87	5.01	1.97	2.54	6.98
3	1	3	3	28.02	0.59	19.55	6.33	3.09	25.88	3.83	1.31	2.92	5.14
4	1	4	4	18.96	0.41	11.72	5.29	2.22	17.01	2.78	1.05	2.65	3.83
5	1	5	5	17.97	0.37	10.07	4.24	2.38	14.31	1.94	0.77	2.52	2.71
6	2	1	2	26.13	0.52	18.23	5.39	3.38	23.62	3.47	1.16	2.99	4.63
7	2	2	3	35.94	0.64	28.58	8.90	3.21	37.48	5.79	1.82	3.18	7.61
8	2	3	4	25.40	0.51	15.60	7.58	2.06	23.18	2.99	1.35	2.21	4.34
9	2	4	5	22.77	0.50	13.54	4.79	2.83	18.33	3.01	1.08	2.79	4.09
10	2	5	1	20.99	0.49	17.12	6.05	2.83	23.17	3.42	1.30	2.63	4.72
11	3	1	3	28.32	0.58	20.28	8.55	2.37	28.83	4.15	1.63	2.55	5.78
12	3	2	4	29.08	0.61	24.58	9.07	2.74	33.92	5.14	1.72	2.99	6.86
13	3	3	5	27.49	0.52	15.62	6.97	2.24	22.59	3.02	1.20	2.52	4.22
14	3	4	1	25.08	0.54	13.21	5.96	2.22	19.17	2.78	1.11	2.50	3.89
15	3	5	2	22.35	0.53	16.57	7.41	2.24	23.98	3.70	1.48	2.50	5.18
16	4	1	4	31.27	0.58	22.82	7.11	3.21	29.93	4.88	1.65	2.96	6.53
17	4	2	5	25.12	0.53	17.03	6.66	2.56	23.69	3.27	1.47	2.22	4.74
18	4	3	1	25.40	0.54	19.07	5.66	3.37	24.73	5.07	1.43	3.55	6.50
19	4	4	2	23.24	0.52	17.64	7.78	2.27	25.42	3.69	1.62	2.28	5.31
20	4	5	3	29.10	0.60	22.35	7.32	3.05	29.67	5.18	1.74	2.98	6.92
21	5	1	5	23.38	0.64	19.88	8.60	2.31	28.48	4.17	1.78	2.34	5.95
22	5	2	1	23.46	0.49	13.45	4.86	2.77	18.31	3.07	1.08	2.84	4.15
23	5	3	2	18.27	0.41	9.47	5.83	1.62	15.30	2.06	1.04	1.98	3.10
24	5	4	3	23.05	0.53	17.62	6.74	2.61	24.36	4.01	1.51	2.66	5.52
25	5	5	4	22.05	0.41	6.41	3.28	1.95	9.69	1.79	0.78	2.29	2.57
总平均值				25.08	0.53	17.30	6.62	47.64	23.92	3.67	1.38	23.88	5.03

表 5 试验苗各生长指标方差分析结果

项 目	变异来源	自由度	F	项 目	变异来源	自由度	F
苗高	N	4	3.62 **	地径	N	4	1.53
	P	4	5.78 **		P	4	4.66 **
	K	4	4.32 **		K	4	2.58 **
地上鲜质量	N	4	2.50 *	地上干质量	N	4	2.26
	P	4	4.16 **		P	4	2.65 *
	K	4	2.84 *		K	4	2.65 *
地下鲜质量	N	4	1.99 *	地下干质量	N	4	2.37
	P	4	2.99 *		P	4	2.88 *
	K	4	2.23		K	4	2.36
地上地下 鲜质量比	N	4	5.06 **	地上地下 干质量比	N	4	1.55
	P	4	2.00		P	4	0.89
	K	4	3.37 **		K	4	2.24
全株鲜质量	N	4	2.27	全株干质量	N	4	2.43
	P	4	4.13 **		P	4	3.22 *
	K	4	2.67 *		K	4	3.09 *

注: **表示 $F_{0.01}(4,84) = 3.55$ 时极显著; *表示 $F_{0.05}(4,84) = 2.48$ 时显著。

(2)N 素对马占相思地上干质量,地下干质量和全株干质量影响不显著;P 素在 $\alpha = 0.05$ 时对马占相思地上干质量、地下干质量和全株干质量影响均显著;K 素对马占相思地下干质量影响不显著,在 $\alpha = 0.05$ 时对地上干质量和全株干质量影响均显著。从对马占相思干质量的整体影响来看,也是 P 素的影响大于 K 素,N 素最弱。

综上所述,在总体上,N、P、K 3 要素对马占相思苗木质量影响为 $P > K > N$ 。

2.1.3 N、P、K 3 要素营养分配 在显著水平 $\alpha = 0.01$ 时,N、K 要素对马占相思地上地下鲜质量比影响极为显著,P 素对此影响不显著;地上地下干质量比 N、P、K 3 要素影响均不显著。在营养生长期,N、P、K 大部分分布在幼嫩器官中,合适配比的 N、P、K 要素促进了马占相思枝叶的生长,由于叶子的含水量较高,因而 N、K 对地上地下鲜质量比影响均极显著而对地上地下干质量比影响不显著;同时 P 素能促进根系的发育(地下鲜质量及干质量只有 P 素差异显著亦说明这一点),故 P 素对地上地下鲜质量比及干质量比影响较弱^[11]。

2.2 N、P、K 最优组合的评定

为了评定 N、P、K 施肥的最优组合,对马占相思苗高、地径和质量以及地上地下鲜质量比及干质量比指标的 N、P、K 3 要素各水平的平均值进行邓肯多重比较,计算结果列于表 6。

表 6 试验苗各生长指标的邓肯多重比较

项目	N 水平	邓肯比较	P 水平	邓肯比较	K 水平	邓肯比较	项目	N 水平	邓肯比较	P 水平	邓肯比较	K 水平	邓肯比较
苗高	4	a	2	a	3	a	地茎	3	a	2	a	3	a
	3	a	1	ab	4	b		4	a	1	ab	2	ab
	2	a	3	bc	1	b		2	a	3	bc	1	b
	1	ab	4	c	2	b		1	a	4	c	5	b
	5	b	5	c	5	b		5	a	5	c	4	b
地上鲜质量	4	a	2	a	3	a	地上干质量	4	a	2	a	3	a
	2	a	1	ab	2	b		3	ab	1	ab	1	ab
	3	a	3	bc	4	b		2	ab	3	b	2	ab
	1	ab	4	c	1	b		1	ab	4	b	4	b
	5	b	5	c	5	b		5	b	5	b	5	b
地下鲜质量	3	a	2	a	3	a	地下干质量	4	a	2	a	3	a
	4	ab	1	ab	2	ab		3	ab	1	ab	2	ab
	2	ab	3	abc	4	ab		2	b	4	b	4	b
	1	ab	4	bc	5	b		1	b	3	b	1	b
	5	b	5	c	1	b		5	b	5	b	2	b
地上鲜质量比	4	a	1	a	3	a	地上干质量比	4	a	1	a	3	a
	2	a	2	a	1	ab		2	ab	2	a	1	ab
	1	ab	5	a	4	bc		3	ab	3	a	4	ab
	3	bc	3	a	5	bc		1	ab	5	a	2	ab
	5	c	4	a	2	c		5	b	4	a	5	b
全株鲜质量	4	a	2	a	3	a	全株干质量	4	a	2	a	3	a
	3	a	1	ab	2	ab		3	ab	1	ab	2	b
	2	a	3	bc	4	b		2	ab	3	b	1	b
	1	ab	4	c	1	b		1	b	4	b	4	b
	5	b	5	c	5	b		5	b	5	b	5	b

最优水平组合 $N_4P_2K_3$ P_2K_3 $N_4P_2K_3$ $N_3P_2K_3$ N_4K_3 $N_4P_2K_3$ $N_4P_2K_3$ $N_4P_2K_3$ N_4K_3 $N_4P_2K_3$

注:a,b,c 表示差异水平,字母相同表示水平无差异。

2.2.1 苗高和地茎 N、P、K 最优组合评定 在表 6 中,对马占相思苗高和地茎 N、P、K 3 要素的 5 个水平进行邓肯多重比较。

其中 N_4 、 N_3 、 N_2 水平的苗高平均值优于 N_1 水平,显著优于 N_5 水平, N_4 水平平均值最大; P_2 水平苗高平均值优于 P_1 水平,显著优于 P_3 水平,极显著优于 P_4 、 P_5 水平; K_3 水平株高平均值显著优于 K_4 、 K_1 、 K_2 、 P_5 水平。综上所述,马占相思苗高生长 N、P、K 的最优组合为 $N_4P_2K_3$ 。

地茎 N 素 5 个水平平均值差异不显著; P_2 水平地茎平均值优于 P_1 水平,显著优于 P_3 水平,极显著优于 P_4 、 P_5 水平; K_3 水平地茎平均值优于 K_2 水平,显著优于 K_1 、 K_5 和 P_4 水平,则马占相思地茎生长 N、P、K 最优组合为 P_2K_3 。

2.2.2 苗木质量 N、P、K 最优组合评定 N_4 、 N_3 、 N_2 水平马占相思地上鲜质量平均值优于 N_1 水平,显著优于 N_5 水平, N_4 水平平均值最大; P_2 水平马占相思地上鲜质量平均值优于 P_1 水平,显著优于 P_3 水平,极显著优于 P_4 、 P_5 水平; K_3 水平马占相思地上鲜质量平均值显著优于 K_2 、 K_4 、 K_1 和 K_5 水平。综合上述分析,马占相思地上鲜质量 N、P、K 的最优组合为 $N_4P_2K_3$ 。

同理,马占相思地下鲜质量 N、P、K 的最优组合为 $N_3P_2K_3$,全株鲜质量、地上干质量、地下干质量和全株干质量 N、P、K 的最优组合均为 $N_4P_2K_3$ 。

2.2.3 地上地下鲜质量比及干质量比 N、P、K 最优组合的评定 马占相思地上地下鲜质量比 N_2 、 N_4 水平平均值优于 N_1 水平,显著优于 N_3 水平,极显著优于 N_5 水平;P 素地上地下鲜质量比各水平平均值差异不显著;K 素地上地下鲜质量比的 K_3 水平平均值优于 K_1 水平,显著优于 K_4 和 K_5 水平,极显著优于 K_2 水平。因此,马占相思地上地下鲜质量比 N、P、K 的最优组合为 N_4K_3 。

同以上分析,马占相思地上地下干质量比 N、P、K 的最优组合为 N_4K_3 。

综合以上分析,根据 N、P、K 3 因素 5 水平对各指标影响的显著程度,马占相思苗期生长 N、P、K 施肥的最优水平为 $N_4P_2K_3$ 。

3 结论与建议

(1) 在本试验中, $N_4P_2K_3$ 水平即 N、P、K 配比依次为 190 25 160(mg L^{-1}) 的全营养液施肥对比对马占相思苗期生长最有利。

(2) 因马占相思具有固 N 根瘤菌,在试验中苗木根系上已有根瘤形成,故 N 素对马占相思幼苗生长影响最弱,P 和 K 两元素对马占相思幼苗生长影响较大,其中 P 素对马占相思幼苗生长影响最大。

(3) N、K 两元素地上营养分配较地下多,P 素营养分配上下较为均衡。合适配比的 N、P、K 元素促进了马占相思枝叶的生长,同时 P 素促进根系的发育。

(4) 在试验中, $N_4P_2K_3$ 水平对马占相思幼苗生长最有利,但在大田操作中马占相思幼苗在此组合下生长是否最为优良,有待进一步试验。

(5) 马占相思具根瘤菌有固 N 作用,试验中 N 素除对株高、地上鲜质量和地上地下鲜质量比有显著影响外,对其它指标影响均不显著,因此可以根据生产单位的实际情况,采取合适的 N 肥施用量。

参考文献:

- [1] 潘志刚,游应天. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京:北京科学技术出版社, 1994. 402 ~ 406
- [2] 徐大平,杨增奖,何其轩. 马占相思中龄林地上部分生物量及养分循环的研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(6): 592 ~ 598
- [3] 潘志刚,吕鹏信,潘永言,等. 马占相思种源试验[J]. 林业科学研究, 1989, 2(4): 351 ~ 356
- [4] 杨民权. 主要热带相思在华南地区的生长及适应性探讨[J]. 林业科学研究, 1990, 3(2): 155 ~ 160
- [5] 西北农学院,华南农学院. 农业化学研究法[M]. 北京:农业出版社, 1980. 83 ~ 84
- [6] Yelu W. Silviculture of *Acacia mangium* in Papua New Guinea[A]. Recent Developments in *Acacia* Planting[C]. 1998. 326 ~ 331
- [7] 陈青度. N、P、K 营养元素的不同对比对黄藤苗期生长的影响[A]. 见:许煌灿,尹光天,曾炳山. 棕桐藤的研究[M]. 广州:广东科技出版社, 1994. 111 ~ 115
- [8] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京:中国林业出版社, 1980. 295 ~ 303
- [9] 续九如,黄智慧. 林业试验设计[M]. 北京:中国林业出版社, 1995. 76 ~ 80
- [10] 陈子星,徐夕水. 生物统计 SAS 程序题解[M]. 北京:中国农业科学院计算机中心出版, 1997
- [11] 彭克明,裴保义. 农业化学[M]. 北京:农业出版社, 1980. 73 ~ 151

Effects of Varied Fertilization Strategy with N, P, K Nutrients on the Growth of *Acacia mangium* Saplings

LIU Shui-e, ZHANG Fang-qiu, CHEN Zi-xu, MENG Xian-fa

(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: With the increasing consumption of pulps and timbers in the world, many exotic tree species have been introduced to China. Among these exotic species, *Acacia mangium* has become a major species in plantation forestry in tropical and subtropical China, which has properties of fast growing and nitrogen-fixing. This paper reports the experimental results on the fertilization strategy. Effects of varied levels of N, P, K nutrients on the growth of *A. mangium* saplings in a water culturing system are demonstrated. In general, phosphorus (P) is the most important factor influencing the growth of *A. mangium* saplings, followed by potassium (K) and nitrogen (N) respectively. The less importance of nitrogen nutrient supports the fact that roots of *A. mangium* are able to transfer aerial N_2 to organic nitrogen with N-fixing bacteria. The optimum fertilization lever of N, P, K is at the ratio of 190 (N) : 25 (P) : 160 (K) $mg L^{-1}$.

Key words: *Acacia mangium*; fertilization strategy; N, P, K nutrients; matching experiments