

文章编号: 1001-1498(2001)05-0533-07

马尾松人工中龄林施肥肥效与 增益持续性研究*

谌红辉, 温恒辉

(中国林业科学研究院 热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

摘要: 通过 13 a 的观测资料表明, 在红壤地区施 N 肥对马尾松中龄林生长不利, 施 P、K 肥有利于马尾松中龄林生长, 且肥效持续时间长, 最佳处理组合为 $N_1P_3K_2$, 即每公顷施 N、P、K 分别为 0、240、65 kg。其中 P_3 水平树高、胸径、蓄积 12 a 定期生长量比对照 P_1 水平分别高 6.1%、15.0%、12.3%。施肥一定时间后林地质量仍是马尾松生长密切相关的因子, 施肥不会促进马尾松中龄林在空间层次上的分化。

关键词: 马尾松中龄林; 施肥; 生长效应; 肥料时效性

中图分类号: S725.5

文献标识码: A

在我国南方因湿热的气候与人们对森林的不合理经营, 地力衰退已成为普遍现象。为了维护地力, 探明马尾松中龄林生长的需肥规律, 提高林地生产力, 1987 年布置了马尾松人工林中龄林施肥试验, 现将 13 a 的试验结果总结如下。

1 试验地概况

试验地位于广西凭祥市中国林科院热带林业实验中心伏波实验场, 106°43' E, 22°06' N, 海拔 500 m, 低山, 属南亚热带季风气候区, 年平均气温 19.9℃, 年降水量 1 400 mm。造林地属花岗岩发育成的红壤, 土层厚在 1 m 以上, 腐殖质厚度在 10 cm 以上, pH 值 4.5, 土壤中闭蓄态 P 以铁 P 为主, 有效性低, 因长期的淋溶风化作用, 缺 P 少 K 是红壤养分状况的主要特点^[1,2]。

试验林为 10 年生马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 人工中龄林, 前茬为杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.], 主伐后明火炼山, 1 年生苗定植造林, 初植密度为 3 600 株·hm⁻², 施肥时调整为 2 450 株·hm⁻², 1990 年间伐调整为 1 450 株·hm⁻², 1995 年间伐调整为 900 株·hm⁻²。

2 试验设计与施工

试验采用正交设计^[1,3,4], 3 因素(肥种)3 水平, 共 9 个处理, 3 次重复, 区组随机排列, 共 27 个小区。各试验因素与水平见表 1。表 1 中数据已换算成标准施肥量。

收稿日期: 2000-06-15

基金项目: 国家“八五”与“九五”科技攻关专题“马尾松建筑材与纸浆材林优化栽培模式研究”内容之一

作者简介: 谌红辉(1968-), 男, 湖南安化人, 工程师

* 本文在贵州大学周政贤教授与丁贵杰教授指导下完成, 在此一并致谢

试验小区面积为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, 间隔 2 m 左右开横山小沟(深 10 cm 左右), 然后将肥料施入, 覆土。P 肥和 K 肥在每年 4~5 月份 1 次施入, N 肥分 2 次, 第 1 次与 P、K 肥同施, 第 2 次在 8 月份施, 连续施肥 2 a。施肥前及施肥后的每年年终对林木进行测定分析。

表 1 肥种及各水平施肥量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)

肥种	水 平		
	1	2	3
N	0	100	200
P	0	120	240
K	0	65	130

3 结果与分析

3.1 肥效变化与增益持续性分析

3.1.1 不同施肥处理对马尾松中龄林生长的影响分析 立地质量决定林木生长状况, 树高是反映林地质量的最佳参考指标, 故以树高为主要参考指标进行分析。根据表 2 的定期生长量统计表明, 较好的处理有 7、8、9 处理, 2、3 处理较差, 以 8 处理($\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$)为最佳, 1999 年(施肥 12 a 后)树高、胸径、蓄积定期生长量为 9.03 m 、 14.94 cm 、 $270.26\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 比最差处理 2 ($\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$)分别高 11.8%、17.9%、24.5%。表明施 P 肥有利于马尾松中龄林生长, 而施 N 肥

表 2 不同施肥处理的定期生长量统计

项目	处理	年 度(括号内数字为林龄/a)										
		1988 (12)	1989 (13)	1990 (14)	1991 (15)	1992 (16)	1993 (17)	1994 (18)	1995 (19)	1996 (20)	1997 (21)	1999 (23)
胸径/cm	1	1.70	2.80	3.69	5.81	6.78	7.45	8.06	9.93	10.70	11.53	12.33
	2	1.79	2.88	3.75	5.88	6.80	7.40	8.14	9.88	10.73	11.65	12.67
	3	1.79	2.94	3.88	6.73	7.83	8.54	9.21	10.82	11.72	12.74	13.67
	4	1.79	2.95	3.95	6.25	7.35	7.96	8.66	10.50	11.52	12.72	13.55
	5	2.07	3.41	4.44	6.80	7.76	8.53	9.21	11.76	12.71	13.40	14.27
	6	1.87	3.12	4.11	6.96	7.99	8.67	9.39	11.88	12.71	13.73	14.64
	7	1.97	3.32	4.46	6.29	7.42	8.05	8.64	11.71	12.51	13.52	14.47
	8	1.96	3.40	4.43	6.67	7.82	8.61	9.11	11.79	13.04	13.96	14.97
	9	2.10	3.45	4.44	6.38	7.25	7.90	8.43	11.38	12.61	14.02	15.10
树高/m	1	1.04	2.13	2.86	3.80	4.60	5.42	5.92	6.66	7.42	8.36	9.26
	2	0.81	1.75	2.41	3.16	3.91	4.58	5.38	5.95	6.55	7.24	8.08
	3	0.68	1.47	2.13	3.51	4.10	4.90	5.84	6.37	6.90	7.67	8.50
	4	0.88	1.79	2.44	3.47	4.17	5.07	5.90	6.47	7.13	7.63	8.50
	5	0.97	2.04	2.76	3.86	4.60	5.47	6.20	6.74	7.40	8.10	9.07
	6	0.92	1.85	2.52	3.77	4.51	5.33	6.00	6.70	7.33	8.13	8.80
	7	0.90	1.99	2.87	3.79	4.64	5.39	6.35	6.99	7.65	8.65	9.52
	8	1.02	2.06	2.71	3.62	4.28	5.20	5.97	6.63	7.53	8.17	9.03
	9	0.93	1.88	2.63	3.43	4.16	4.95	5.67	6.47	7.10	8.10	8.87
蓄积/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	1	28.57	55.36	79.65	90.69	113.67	134.84	153.12	166.56	185.51	209.67	234.54
	2	24.56	47.62	68.83	82.91	103.19	119.45	141.50	152.66	170.00	191.27	217.03
	3	20.93	41.09	61.37	92.61	114.52	134.92	158.32	166.08	183.81	207.69	233.52
	4	26.30	50.73	74.98	87.59	111.79	132.46	155.92	170.00	192.73	218.47	244.27
	5	29.78	59.88	86.61	104.25	127.69	151.97	174.85	189.27	211.98	232.40	261.23
	6	25.44	50.52	74.21	102.59	126.99	149.51	172.40	190.30	210.88	238.39	264.40
	7	27.21	55.35	84.14	89.15	114.52	133.39	155.95	175.31	195.03	225.02	253.92
	8	28.21	58.62	84.26	98.85	123.62	148.36	167.27	184.39	214.45	238.77	270.26
	9	26.22	52.49	76.53	83.92	102.73	121.43	138.53	155.10	180.15	214.65	245.21

对生长不利。对各年度的定期生长量进行方差分析结果表明, 仅在 1990 年(施肥 2 a 后)树高生长达到显著差异, 其它年度树高、胸径、蓄积 3 项生长指标各处理间基本上无显著差异。

3.1.2 不同肥种水平对马尾松中龄林生长影响及其肥效持续性分析 以参数 C 表示试验的基础值, 即当各肥种因素取 1 水平, 初始树高、胸径取 0 时试验的平均结果, 效应值即为各水平比基础值增大多少^[5]。表 3 表明, 施 N 肥后对树高生长的效应值一直表现出负效应, 对胸径与蓄积的影响非常小, 表明施 N 肥对马尾松中龄林生长不利。施 P 肥后 P_3 、 P_2 与对照 P_1 相比, 林木生长的各项指标均表现出正效应, 且 P_3 水平大于 P_2 水平, 这种现象表明施 P 肥有利于马尾松中龄林生长。施 K 肥后 K_2 、 K_3 水平与对照 K_1 水平相比, 对各项生长指标也一直表现出正效应, 但 K_2 水平优于 K_3 水平, 这表明在南方红壤地区施适量 K 肥有利于马尾松中龄林生长。最佳处理组合为 $N_1P_3K_2$ 。初始值 D_{86} 对胸径的生长一直表现出负效应, 树高的生长 1990 年后(施

表 3 不同肥种水平对马尾松中龄林生长的效应值统计

指 标	年 度	N			P			K			D_{86}	H_{86}	基础值
		1	2	3	1	2	3	1	2	3			
胸 径	1988	0	0.109	0.046	0	0.152	0.228	0	-0.034	0.038	-0.048	-0.067	2.473
	1989	0	0.137	0.002	0	0.278	0.460	0	0.086	0.115	-0.216	-0.006	4.281
	1990	0	0.059	-0.109	0	0.378	0.582	0	0.553	0.413	-0.697	0.215	9.096
	1991	0	0.085	0.190	0	0.495	0.163	0	0.553	0.413	-0.697	0.215	9.096
	1992	0	0.016	0.044	0	0.532	0.183	0	0.663	0.501	0.116	-0.763	11.200
	1993	0	0.065	0.046	0	0.557	0.199	0	0.785	0.580	-0.851	0.164	12.061
	1994	0	0.057	0.017	0	0.576	0.051	0	0.758	0.566	-0.902	0.157	13.159
	1995	0	-0.100	-0.018	0	1.096	1.200	0	1.100	0.826	-1.392	0.729	14.384
	1996	0	0.021	0.020	0	1.187	1.417	0	1.057	0.667	-1.499	0.690	16.225
	1997	0	-0.140	0.150	0	1.236	1.605	0	0.799	0.394	-1.493	0.661	17.483
1999	0	-0.077	0.241	0	1.184	1.683	0	0.741	0.333	-1.559	0.722	18.452	
树 高	1989	0	0.032	-0.121	0	0.114	0.237	0	0.149	0.036	0.160	-0.018	0.537
	1990	0	-0.039	-0.195	0	0.113	0.309	0	0.150	0.103	0.166	-0.024	1.485
	1991	0	-0.163	-0.071	0	0.206	0.153	0	0.385	0.385	-0.026	0.183	2.296
	1992	0	-0.263	-0.191	0	0.214	0.181	0	0.419	0.387	-0.101	0.254	3.117
	1993	0	-0.316	-0.256	0	0.304	0.224	0	0.531	0.408	-0.223	0.348	4.090
	1994	0	-0.269	-0.240	0	0.312	0.289	0	0.358	0.493	-0.126	0.192	5.209
	1995	0	-0.447	-0.246	0	0.281	0.389	0	0.504	0.437	-0.384	0.573	5.132
	1996	0	-0.440	-0.359	0	0.301	0.486	0	0.651	0.427	-0.421	0.606	5.792
	1997	0	-0.527	-0.235	0	0.176	0.595	0	0.660	0.524	-0.283	0.572	5.814
	1999	0	-0.460	-0.389	0	0.161	0.541	0	0.616	0.567	-0.197	0.314	7.795
蓄 积	1988	0	1.515	0.381	0	2.638	4.053	0	0.118	0.744	4.587	1.539	-7.721
	1989	0	2.500	-1.025	0	5.739	9.729	0	3.018	2.667	4.432	5.341	-9.627
	1990	0	0.959	-3.698	0	8.648	14.263	0	4.506	4.944	4.121	7.217	-7.666
	1991	0	3.872	5.098	0	8.999	3.121	0	13.931	11.397	-3.828	10.828	32.819
	1992	0	1.875	1.981	0	11.200	4.209	0	17.447	13.898	-5.429	12.039	57.305
	1993	0	2.323	1.815	0	14.242	5.727	0	22.540	16.703	-7.779	17.174	69.489
	1994	0	2.207	1.328	0	16.085	3.899	0	21.704	1.728	14.688	-7.803	93.870
	1995	0	-0.312	-0.360	0	20.583	11.006	0	24.707	18.894	-10.053	18.595	94.905
	1996	0	1.360	-0.995	0	24.414	17.580	0	24.287	17.265	-13.143	20.775	119.19
	1997	0	-3.338	1.998	0	25.824	24.619	0	25.315	15.107	-12.749	22.895	127.69
1999	0	-1.667	2.184	0	27.161	29.173	0	25.877	15.539	-14.132	23.337	158.82	

肥3 a后)开始表现出负效应,这表明施肥能促进小径级木的生长(效应值 $\Delta = D_{86} \times \beta$, β 为表中单位效应值, $\beta < 0$ 时, D_{86} 小者效应值大)。初始值树高 H_{86} 对树高、胸径生长的影响1991年前一直表现出负效应,这表明施肥后立地质量差的林地效果优于立地质量好的林地(初始高 H_{86} 对林地质量有一定的指示作用,效应值 $\Delta = H_{86} \times \beta$, β 为表中单位效应值, $\beta < 0$ 时, H_{86} 小者效应值大),但持续一段时间后,1991年(施肥3 a后)开始效应值为正,表明树高生长仍取决于林地本身质量的好坏。设 α_1 、 α_2 、 α_3 、 β_1 、 β_2 为5种试验因素产生的效应值, C 为基础值, Z 为生长量,得生长量模型:

$$z = C + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + D_{86} \times \beta_1 + H_{86} \times \beta_2$$

从表4的方差分析可知(临界值 F_{α} 取0.05水平),N肥对林木胸径、蓄积生长基本无显著影响,但对树高的影响在1996年表现出显著的负效应。P肥对林木生长有显著效果,但1991~1995年肥效不明显,这可能是1990年间伐1次后恢复期内影响了肥效的发挥。施K肥初期无显著效果,但1991年(施肥3 a后)后对树高生长表现出显著差异,而且持续到1999年,这表明施K肥有利于林木生长,肥效能持续多久有待进一步观测。对初始值 D_{86} 、 H_{86} 进行协方差分析表明,在施肥后一段时期内, D_{86} 、 H_{86} 对林木树高生长无显著影响,但1995年后(施肥8 a后)又表现出显著影响,这可能后期林木生长与林地立地质量有关。

表4 各年度不同肥种水平效应值的方差分析(F 值)

因素	项目	年 度										
		1988 (12)	1989 (13)	1990 (14)	1991 (15)	1992 (16)	1993 (17)	1994 (18)	1995 (19)	1996 (20)	1997 (21)	1999 (23)
N	胸径	0.853	0.672	0.487	0.163	0.007	0.015	0.009	0.042	0.002	0.361	0.402
	树高	0.486	1.528	1.747	0.697	1.403	1.567	1.440	3.058	3.552*	3.191	2.192
	蓄积	0.911	1.203	0.998	0.321	0.038	0.033	0.021	0.001	0.018	0.080	0.037
P	胸径	4.094*	6.136*	6.047*	1.261	1.085	1.150	1.171	6.894*	9.435*	12.752*	11.506*
	树高	2.764	3.474	4.268*	1.290	1.117	1.527	2.205	2.672	4.268*	4.590*	3.001
	蓄积	6.615*	9.135*	8.969*	1.052	1.086	1.276	1.292	1.592	2.175	2.453	2.736
K	胸径	0.378	0.413	0.685	1.576	1.703	2.299	1.724	4.943*	4.461*	2.730	2.001
	树高	0.460	1.420	0.999	5.467*	4.478*	4.571*	4.710*	4.862*	7.471*	5.839*	4.522*
	蓄积	0.251	1.022	1.294	2.680	2.781	3.261	2.464	2.407	2.486	1.782	1.667
D_{86}	胸径	0.666	4.983*	7.581*	8.864*	7.963*	9.645*	8.664*	27.997*	34.012*	37.354*	34.831*
	树高	19.347*	5.949*	4.492*	0.073	0.793	2.821	1.073	9.096*	1.737	3.674	1.415
	蓄积	30.639*	6.999*	2.751	0.681	0.922	1.385	1.031	1.397	2.185	1.736	1.907
H_{86}	胸径	0.976	0.003	0.006	0.658	0.143	0.280	0.204	5.976*	5.605*	5.696*	5.797*
	树高	0.738	0.056	0.075	2.725	3.894	5.352*	1.933	15.725*	18.897*	11.707*	2.812
	蓄积	2.680	7.898*	6.556*	4.232	3.522	9.095*	2.839	3.716	4.242	4.351	4.041

注: $F_{0.05}(2, 18) = 3.55$, $F_{0.05}(1, 18) = 4.41$ 。

3.2 试验因素对生长影响的偏相关分析

为了探明不同试验因素对生长影响的密切程度,进行了偏相关分析^[6]。从表5分析可知,N肥对胸径、蓄积的生长无显著的相关关系,但对树高的生长却表现出相关性显著,表明N肥对树高生长产生负效应是明显的。P肥对各项生长指标均表现出显著相关性,虽然在1990年后一定时期内肥效不明显,这可能与1990年间伐1次后影响肥效的发挥有关。K肥对林木生长的各项生长指标均在1991年后表现出显著相关性,表明K肥有利于林木生长,但初期肥效

表 5 各试验因素对生长影响的偏相关分析(偏相关系数)

指标	因素	年 度										
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999
胸 径	N	0.294	0.263	0.226	0.133	0.027	0.040	0.031	0.067	0.015	0.199	0.206
	P	0.559*	0.636*	0.634*	0.350	0.328	0.336	0.339	0.658*	0.715*	0.765*	0.749*
	K	0.201	0.209	0.266	0.386	0.399	0.451	0.401	0.595	0.575	0.483	0.427
	D_{86}	-0.193	-0.489*	-0.576*	-0.590*	-0.571*	-0.598*	-0.584*	-0.792*	-0.812*	-0.836*	-0.827*
高 树	H_{86}	-0.229	-0.013	-0.018	-0.195	0.092	0.125	0.106	0.502*	0.495*	0.498*	0.505*
	$r_{复}$	0.733	0.799	0.816	0.741	0.741	0.766	0.746	0.879	0.902	0.914	0.908
	N	0.226	0.381*	0.403*	0.268	0.368	0.385*	0.372	0.504*	0.532*	0.572*	0.443*
蓄 积	P	0.484*	0.527*	0.567*	0.354	0.332	0.380*	0.443*	0.478*	0.567*	0.581*	0.500*
	K	0.220	0.370	0.316	0.614*	0.576*	0.580*	0.586*	0.592*	0.673*	0.627*	0.578*
	D_{86}	0.725*	0.517*	0.465*	-0.065	-0.210	-0.374	-0.245	-0.590*	-0.633*	-0.422*	-0.276
	H_{86}	-0.199	0.057	-0.067	0.366	0.428*	0.485*	0.320	0.687*	0.721*	0.631*	0.374
蓄 积	$r_{复}$	0.844	0.815	0.776	0.718	0.701	0.707	0.702	0.791	0.833	0.806	0.725
	N	0.303	0.343	0.316	0.186	0.064	0.060	0.047	0.075	0.044	0.093	0.063
	P	0.651*	0.709*	0.706*	0.323	0.328	0.352	0.354	0.387	0.441*	0.462*	0.482*
	K	0.164	0.319	0.354	0.479*	0.485*	0.515*	0.463*	0.459*	0.466*	0.407*	0.396*
蓄 积	D_{86}	0.809*	0.554*	0.389*	-0.196	-0.225	-0.272	-0.239	-0.274	-0.347	-0.312	-0.327
	H_{86}	0.366	0.559*	0.532*	0.447*	0.413*	0.436*	0.373	0.423*	0.443*	0.447*	0.437*
	$r_{复}$	0.938	0.912	0.882	0.656	0.627	0.651	0.606	0.623	0.649	0.634	0.634

注: $r = 0.380$ 。

表 6 不同肥种水平的生长指标变动系数

指标	年度	N 肥			P 肥			K 肥		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
胸 径	1986	0.316	0.255	0.311	0.311	0.306	0.278	0.262	0.333	0.294
	1990	0.225	0.205	0.230	0.205	0.234	0.221	0.212	0.234	0.209
	1994	0.206	0.203	0.229	0.197	0.215	0.222	0.213	0.213	0.208
	1995	0.172	0.178	0.193	0.170	0.190	0.173	0.183	0.181	0.172
	1996	0.182	0.182	0.199	0.177	0.202	0.172	0.192	0.190	0.179
	1997	0.188	0.184	0.203	0.177	0.204	0.182	0.194	0.201	0.178
	1999	0.196	0.187	0.208	0.183	0.212	0.185	0.198	0.209	0.183
高 树	1986	0.167	0.146	0.170	0.157	0.141	0.190	0.137	0.187	0.164
	1990	0.140	0.137	0.138	0.145	0.124	0.149	0.135	0.152	0.128
	1994	0.112	0.101	0.116	0.107	0.103	0.122	0.104	0.122	0.105
	1995	0.106	0.100	0.110	0.105	0.098	0.115	0.101	0.122	0.093
	1996	0.102	0.094	0.102	0.101	0.095	0.105	0.092	0.116	0.089
	1997	0.102	0.091	0.112	0.104	0.092	0.110	0.098	0.114	0.090
	1999	0.098	0.089	0.096	0.099	0.089	0.098	0.091	0.104	0.089
单 株 材 积	1986	0.698	0.555	0.698	0.709	0.641	0.630	0.545	0.751	0.639
	1990	0.492	0.485	0.511	0.463	0.513	0.511	0.453	0.531	0.474
	1994	0.440	0.433	0.504	0.425	0.456	0.485	0.476	0.454	0.443
	1995	0.368	0.386	0.432	0.358	0.404	0.396	0.417	0.392	0.364
	1996	0.392	0.388	0.440	0.367	0.434	0.385	0.437	0.401	0.375
	1997	0.400	0.394	0.442	0.377	0.427	0.397	0.445	0.417	0.364
	1999	0.421	0.389	0.446	0.386	0.445	0.395	0.450	0.425	0.377

不显著。初始值 D_{86} 对各项生长指标表现出相关系数为负值, 表明施肥对小径阶木生长有利。初始值 H_{86} 对林地质量有一定的指示作用, 施肥后初期表现出无显著相关性, 但 1992 年后 (施肥 5 a 后) 开始表现出相关关系显著, 表明后期生长林地本身质量仍是密切相关的因子。

综合表 3~5 分析表明, 施 N 肥对马尾松中龄林生长无显著促进作用, 甚至对树高生长产生一定的负效应, 施 P、K 肥对马尾松中龄林生长有显著的促进作用, 但 K 肥初期肥效不明显, 施肥一定时期后林地质量仍是林木生长的决定性因子之一。

3.3 施肥对林分结构的影响

根据表 6 分析可知, 1999 年树高变动系数在各肥种间及各水平间基本接近, 表明施肥不会促进马尾松中龄林在空间层次上的分化; 胸径变动系数 P_2 、 K_2 水平均高于对照 P_1 、 K_1 及 P_3 、 K_3 水平, 表明施少量 P、K 肥会促进林木在径级上的分化, 施较多的 P、K 肥则能使林分结构均一, 提高规格材出材率。

4 结 论

(1) 通过 13 a 的观测资料表明, 在南方红壤地区单独施 N 肥对马尾松中龄林生长无显著促进作用, 甚至对树高的生长产生显著的负效应, 施 P 肥与适量的 K 肥对马尾松中龄林生长有显著的促进作用。最佳处理组合为 $N_1P_3K_2$ 。

(2) P、K 肥施用后肥效有很好的持续性, P 肥产生肥效快, K 肥初期肥效不明显, 施肥后期林地本身质量仍是马尾松生长密切相关的因子。肥效能持续多久有待进一步观测。

(3) 施肥不会促进马尾松中龄林在空间层次上的分化, 施少量 P、K 肥会促进松树在径级上的分化。施较多的 P、K 肥则能使林分结构均一, 提高规格材出材率。

参考文献

- [1] 谌红辉, 温恒辉. 马尾松人工幼林施肥肥效与增益持续性研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(6): 652~658
- [2] 殷细宽. 地质学基础[M]. 北京: 农业出版社, 1998
- [3] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980
- [4] 梁瑞龙, 温恒辉. 广西大青山马尾松人工林施肥研究[J]. 林业科学研究, 1992, 5(1): 111~114
- [5] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986
- [6] 李贻铨, 张建国, 纪建书, 等. 杉木施肥肥效与增益持续性研究[J]. 林业科学研究, 1996, 19(增刊): 18~26

Fertilization Effectiveness and Gain Sustainability of Middle-aged *Pinus massoniana* Plantation

CHEN Hong-hui, WEN Heng-hui

(Tropical Forestry Experiment Center, CAF, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

Abstract: Thirteen years' test of *Pinus massoniana* plantation fertilization showed that fertilizing P and K on red soil area benefited the growth of middle-aged *P. massoniana* plantation and the effect of fertilizer lasts long, while applying N fertilizer was disadvantageous to the growth of plantation. The best combination of fertilizer was $N_1P_3K_2$, i.e. the applying of N, P, and K fertilizers in the ratio of 0 kg, 240 kg, 65 kg per hectare. Taking P_1 (0 kg per hectare) as control, P_3 (240 kg per hectare) treatment will increase the periodic increments of tree height, DBH and volume by 6.1%, 15.0% and 12.7% respectively. In the certain stage after fertilizing, site quality will still be a factor closely correlated with the growth of *P. massoniana*. Fertilization will not promote the spatial differentiation of middle-aged *P. massoniana* plantation.

Key words: middle-aged *Pinus massoniana* plantation; fertilization; growth effect; effectiveness for a given period

欢迎订阅 2002 年度《中国林业》(半月刊)

《中国林业》杂志是国家林业局的机关刊物, 是中国惟一以大林业报道为主的全国综合性半月刊。

主要栏目设有《特别报道》《高层论坛》《绿界人物》《林业政策》《中国生态建设工程》《国土绿化》《产经世界》《山区综合开发》《全球接触》《绿色家园》《野生园》; 主要专刊有《中国木业》《森林旅游》《园林绿化》等。

《中国林业》是集政策性、经济性、科学性、知识性及趣味性于一体的杂志, 覆盖面广, 信息量大。希望林业、农业、造纸、水利、环保、园林等行业的行政领导干部、科研人员、院校师生、企业经理、个体业主、林农群众及相关人士加入本刊读者行列。

《中国林业》大 16 开本, 52 页, 每期售价 4.80 元, 全年价 115.20 元(含邮资), 国内外公开发行, 国内邮发代号: 2-42, 国外代号: M-386。欢迎广大读者及早在当地邮局和中国国际图书贸易总公司订阅, 如在本社直接订阅, 本社自办发行的速度不会延误您及时阅读。

本刊地址: 北京和平里东街 18 号

邮政编码: 100714

订阅电话: (010) 84239280

传真: (010) 84239258

汇款单位: 中国林业杂志社

账号: 801047765

开户行: 农行亚运村支行和平里分理处