

中龄兰考泡桐胶合板材林营养补给效应的研究*

王保平 李宗然 李芳东 周海江 周道顺

关键词 兰考泡桐 胶合板材林 营养补给

合理营养补给是泡桐胶合板材林定向培育集约栽培的一项重要措施, 以前对幼龄泡桐进行营养补给的研究较多^[1,2], 但缺乏对中龄泡桐林营养补给的研究, 尤其是缺乏综合研究大量元素和微量元素肥料的效应。对幼龄泡桐林进行营养补给虽然在一定条件下对泡桐生长有显著的促进效应, 但由于距采伐的周期长而影响经济效益的发挥, 因此有必要对中龄泡桐林进行营养补给研究。由于泡桐单株生长量之间的极大差异性, 如不加以调整将有可能导致错误的结论。该研究的目的在于探讨适宜的分析研究方法, 综合考虑大量元素和微量元素肥料, 试图建立泡桐生长量和各营养补给因子之间的效应方程, 研究各营养补给因子的效应, 探讨最适的营养补给配方和经济用量。

1 试验林概况

试验林设在河南省睢县尤吉屯乡余屯村。气候属暖温带季风型大陆性气候, 年均气温为 13.7℃, 极端最高和最低气温分别为 42.1℃、-19.4℃, 热害和冻害不太明显。全年无霜期 205 d, 年降水量 650 mm, 多集中在 6 到 9 月份, 占 70%。土壤为潮土类两合土, 通体偏碱性, 轻壤至砂壤, 地下水位低于 2.5 m。其土壤理化性质见表 1。

表 1 试验林土壤理化性质

项目	层次 (cm)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	质地	有效铁 (mg/kg)	有效锰 (mg/kg)	有效铜 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)	有效硼 (mg/kg)
试验林 1	0~20	11.02	0.62	107.4	24.6	73.9	8.30	轻壤	5.78	11.33	0.64	-	0.51
	20~40	5.63	0.41	40.4	0	58.1	8.25	轻壤	5.51	14.37	0.70	-	0.55
	40~60	5.27	0.32	37.2	0	61.5	8.45	砂壤	4.12	5.20	0.50	-	0.52
	60~90	3.35	0.31	29.2	0	47.8	8.35	砂壤	3.25	3.82	0.36	-	0.41
试验林 2	0~20	7.31	0.65	57.2	8.3	61.5	8.25	轻壤	4.70	9.58	0.54	1.23	0.46
	20~40	5.27	0.45	40.6	0	61.5	8.22	轻壤	3.76	5.62	0.58	-	0.40
	40~60	4.55	0.41	37.0	0	60.9	8.25	砂壤	3.47	6.27	0.50	-	0.42
	60~90	2.87	0.39	32.9	0	53.9	8.30	砂壤	3.72	4.00	0.44	-	0.30

注: 分析方法按参考文献 [3]。

试验林于 1986 年春季营造, 采用兰考泡桐(*Paulownia elongata* S. Y. Hu) 1 年生苗木, 平

1996—05—15 收稿。

王保平助理研究员, 李宗然, 李芳东, 周海江, 周道顺(林业部泡桐研究开发中心 郑州 450003)。

* 本文为国家“八五”科技攻关项目“泡桐胶合板材林优化栽培模式研究”部分内容。

均苗高 4.0 m, 平均胸径 4.1 cm; 株行距为 5 m × 10 m ~ 5 m × 15 m。据 1992 年 4 月对该林的测定结果, 其平均胸径为 29.4 cm, 平均树高为 12.8 m, 单株之间胸径生长差异明显, 变动在 22 ~ 36 cm 之间。

2 试验设计和研究方法

2.1 试验设计

根据该泡桐林地土壤和植株各营养器官养分分析结果, 选择泡桐生长必需而土壤相对缺乏的 Fe、Mn、Cu、Zn、B 等微量元素肥料和 P 肥以及与其它养分元素具有交互作用的 N 肥作为营养补给肥料, 采用回归旋转组合试验设计(各种肥料水平编码见表 2), 分别于 1992 年和 1993 年 6 月上中旬对 6 年生和 7 年生兰考桐林进行营养补给试验, 分别在树行两侧树冠 2/3 处挖沟深施, 施肥深度为 35 ~ 40 cm。

表 2 中龄兰考泡桐林营养补给因子水平及编码

时 间	编 号	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
	因 子	N	P	Fe	Zn	Mn	Cu	B
1992 年	- $r = -2.8284$	0	0	0	0	0	0	0
	- 1	281	970	12.9	5.6	5.2	2.6	5.9
	0	435	1500	20	8.7	8	4	9.1
	1	589	2030	27.1	11.8	10.8	5.4	12.3
	$r = 2.8284$	870	3000	40	17.4	16	8	18.2
1993 年	- $r = -2.3784$	0	0	0		0	0	0
	- 1	252	870	12		5	2.3	5.2
	0	435	1500	20		8	4	9
	1	618	2130	28		11	5.7	12.8
	$r = 2.3784$	870	3000	40		16	8	18

注: 表中数据为 g/株; r 、 $-r$ 为各因子水平上限和水平下限, 1、0、-1 分别为各因子上水平、零水平和下水平。N、P、Fe、Zn、Mn、Cu、B 分别采用尿素(N 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 16%)、硫酸亚铁(有效 Fe 20%)、硫酸锰(有效 Mn 25%)、硫酸锌(有效 Zn 23%)、硫酸铜(有效 Cu 2%)、硼砂(有效 B 11%)。

2.2 研究方法

对于培育泡桐胶合板材林, 以获得高产优质的大径阶材为主要目标, 由于兰考泡桐树高生长的特点, 中龄兰考泡桐将可利用的树高不会有什么变化, 提高胸高断面面积增长率即达到提高材积生长量的目的, 因此, 本项研究采用胸高断面面积增长率作为评价营养补给效应的目标因子。同时由于该兰考泡桐林单株初始生长量具有极大的差异性, 为消除因初始生长量不同对末期生长量的影响, 采用协方差分析法^[4]建立末期与初始胸高断面面积之间的线性回归关系, 以调整初始胸高断面面积到统一的水平。在此基础上, 分别以调整前后的胸高断面面积增长率为目标因子进行营养补给效应的分析研究, 探讨合理的方法以真实反映营养补给对中龄兰考泡桐林的效应, 制订该立地条件下培育泡桐胶合板材林合理的营养补给方案。

3 结果与分析

3.1 6 年生兰考泡桐林营养补给的效应

3.1.1 当年的效应 该年末与年初胸高断面面积之间的协方差分析结果表明(见表 3), 其间有极显著的线性回归关系, 因此, 年末胸高断面面积可按下式调整到同一的起始水平:

$$A_{i末} = A_{i初} - 1.1634(A_{i初} - 686.71)$$

表3 中龄兰考泡桐末期与初期胸高断面积的协方差分析

时 间	项 目	自 由 度	均 方 和	F
1992年初至 年末	回归	1	6 196.181	6 416.38*
	剩余	183	965.68	
	$b = 1.1634^{**}$	$A_x = 686.71 \text{ cm}^3$	$A_y = 799.44 \text{ cm}^3$	
1992年初至 1993年末	回归	1	7 538.026	2 691.29*
	剩余	183	2 800.90	
	$b = 1.2832^{**}$	$A_x = 686.71 \text{ cm}^3$	$A_y = 903.64 \text{ cm}^3$	
1993年初 至年末	回归	1	3 672.287	5 017.13*
	剩余	105	731.95	
	$b = 1.1362^{**}$	$A_x = 759.39 \text{ cm}^3$	$A_y = 854.95 \text{ cm}^3$	

注: A_x 、 A_y 为初始和末期平均胸高断面积, b 为调整年末胸高断面积至同一初始水平的公共协率。

采用调整后的胸高断面积增长率进行回归分析和统计检验的结果表明(见表4), 胸高断面积和各营养补给因子之间的回归关系不显著; 对各营养补给因子偏回归系数的统计检验结果表明(见表5), P 和 M_n 的交互, P 和 F_e 的交互, F_e 、 P 对胸高断面积的增长具有一定的影响, 但均未达显著水平。这与采用未经调整的胸高断面积增长率进行回归分析和统计检验的结果相似, 但在偏回归系数的大小次序上有差别。

3.1.2 第二年的持续效应 试验前后泡桐胸高断面积之间具有极显著的线性相关性(见表3), 第二年年末的胸高断面积可用其公共斜率 1.2832 进行调整。采用调整后的胸高断面积增长率进行回归分析和统计检验的结果(见表4)表明, 胸高断面积与各营养补给因子之间的回归关系也不显著; 进一步偏回归检验的结果(见表5)表明, N 和 C_u 的交互, F_e 、 P 和 C_u 的交互等对胸高断面积的增长具有一定的影响, 但也都未达到显著水平。这与采用未经调整的胸高断面积增长率进行的分析结果相似, 但同样在偏回归系数的大小次序上有差别。

表4 中龄兰考泡桐胸高断面积生长率和营养补给因子的回归分析和统计检验(6年生)

项 目	回 归	总 和	剩 余	误 差	失 拟	$F_{失}$	$F_{回}$	F_3	备 注
1992年调整									
平方和	368.7	1 542.6	1 174.0	191.4	982.6	1.55	0.50	0.72	
自由度	35	91	56	13	43				
均方	10.53		20.96	14.72	22.85				
1992年末未调整									
平方和	374.3	1 496.3	1 122.0	186.7	935.3	1.51	0.53	0.74	
自由度	35	91	56	13	43				$F_{0.05}(43, 13)$
均方	10.69		20.04	14.36	21.75				= 2.33
1992~1993年调整									
平方和	1 107.3	5 189.4	4 082.1	415.9	3 666.2	2.67	0.43	0.99	$F_{0.05}(35, 56)$
自由度	35	91	56	13	43				= 1.64
均方	31.64		72.89	31.99	85.26				$F_{0.05}(35, 13)$
1992~1993年末未调整									
平方和	1 093.0	4 819.4	3 726.4	435.8	3 290.6	2.28	0.47	0.93	
自由度	35	91	56	13	43				
均方	31.23		66.54	33.52	76.53				= 2.36

表 5 各营养补给因子对胸高断面积生长效应的分析(6 年生)

因 子	1992 年调整			1992 年未调整			1992~1993 调整			1992~1993 未调整		
	<i>b</i>	<i>Q</i>	<i>t</i>	<i>b</i>	<i>Q</i>	<i>t</i>	<i>b</i>	<i>Q</i>	<i>t</i>	<i>b</i>	<i>Q</i>	<i>t</i>
N	0.126	1.263	0.29	0.055	0.239	0.13	0.644	33.224	1.02	0.473	17.898	0.73
P	0.596	28.459	1.39	0.651	33.948	1.54	0.941	70.818	1.49	0.955	72.921	1.47
Fe	-0.616	30.339	1.44	-0.487	18.979	1.15	-1.239	122.71	1.96	-0.986	77.762	1.52
Zn	0.100	0.806	0.23	0.102	0.839	0.24	-0.230	4.227	0.36	-0.332	8.834	0.51
Mn	0.288	6.618	0.67	0.357	10.203	0.84	0.193	2.967	0.3	0.259	5.351	0.4
Cu	-0.405	13.142	0.94	-0.350	9.775	0.83	-0.519	21.548	0.82	-0.334	8.934	0.52
B	-0.035	0.098	0.08	-0.045	0.164	0.11	0.149	1.769	0.24	0.232	4.307	0.36
N × P	-0.069	0.306	0.14	-0.088	0.499	0.19	-0.456	13.308	0.64	-0.576	21.238	0.80
N × Fe	-0.598	22.870	1.25	-0.714	32.591	1.51	-0.961	59.114	1.36	-1.272	103.58	1.76
N × Zn	0.004	0.001	0.01	-0.076	0.369	0.16	-0.131	1.093	0.18	-0.349	7.801	0.48
N × Mn	-0.190	2.314	0.4	-0.295	5.578	0.62	-0.163	1.710	0.23	-0.476	14.521	0.66
N × Cu	0.642	26.342	1.34	0.625	24.975	1.32	1.392	124.04	1.97	1.467	137.74	2.00
N × B	-0.126	1.022	0.26	-0.011	0.008	0.02	-0.256	4.183	0.36	-0.029	0.054	0.04
P × Fe	-0.813	42.321	1.7	-0.726	33.739	1.53	-1.061	72.050	1.5	-0.823	43.344	1.14
P × Zn	-0.242	3.760	0.51	-0.211	2.854	0.45	-0.222	3.144	0.31	-0.090	0.516	0.12
P × Mn	-0.947	57.446	1.98	-0.942	56.781	1.99	-0.882	49.776	1.25	-0.824	43.420	1.14
P × Cu	-0.625	25.018	1.3	-0.625	25.021	1.32	-1.343	115.48	1.9	-1.252	100.25	1.73
P × B	0.336	7.238	0.7	0.297	5.637	0.63	0	0	0	-0.007	0.003	0.01
Fe × Zn	-0.653	27.266	1.36	-0.598	22.873	1.26	-1.147	84.262	1.62	-0.986	62.181	1.36
Fe × Mn	0.244	3.817	0.51	0.244	3.809	0.51	0.128	1.046	0.18	0.057	0.210	0.08
Fe × Cu	-0.253	4.092	0.53	-0.257	4.216	0.54	-0.588	22.146	0.83	-0.436	12.183	0.60
Fe × B	0.068	0.295	0.14	0.101	0.650	0.21	0.279	4.972	0.39	0.458	13.447	0.63
Zn × Mn	-0.366	8.585	0.76	-0.357	8.137	0.75	0.210	2.825	0.3	0.229	3.365	0.32
Zn × Cu	0.450	12.929	0.94	0.591	22.380	1.25	0.781	39.068	1.11	1.096	76.838	1.51
Zn × B	-0.014	0.013	0.03	-0.041	0.108	0.09	-0.210	2.833	0.3	-0.151	1.459	0.21
Mn × Cu	0.240	3.699	0.5	0.178	2.026	0.38	0.020	0.026	0.03	-0.023	0.034	0.03
Mn × B	-0.445	12.670	0.93	-0.556	19.761	1.17	-0.774	38.364	1.1	-0.923	54.574	1.28
Cu × B	-0.121	0.942	0.25	-0.089	0.508	0.19	0.059	0.223	0.08	0.171	1.866	0.24
N × N	0.180	3.911	0.52	0.136	2.243	0.4	0.204	5.026	0.4	0.150	2.692	0.28
P × P	0.146	2.552	0.42	0.152	2.779	0.44	-0.408	20.067	0.79	-0.361	15.670	0.68
Fe × Fe	0.011	0.015	0.03	0.172	3.575	0.5	-0.740	66.027	1.44	-0.473	26.975	0.90
Zn × Zn	-0.116	1.617	0.33	-0.199	4.763	0.58	-0.623	46.702	1.21	-0.728	63.818	1.38
Mn × Mn	-0.328	12.954	0.94	-0.306	11.299	0.89	-0.711	60.859	1.38	-0.696	58.391	1.32
Cu × Cu	0.181	3.927	0.52	0.122	1.781	0.35	0.035	0.148	0.07	-0.047	0.267	0.09
B × B	0.015	0.027	0.04	-0.101	1.237	0.29	-0.310	11.567	0.6	-0.504	30.538	0.95
<i>b</i> (0)	16.168		15.9	16.17		16.1	33.79		22.5	33.770		22.0

3.2 7 年生兰考泡桐营养补给的效应

年末与年初胸高断面积之间的协方差分析结果表明(见表 3),其间具有极显著的线性回归关系,年末胸高断面积可用公共斜率 1.136 2 进行调整。采用调整后的胸高断面积增长率进行回归分析和统计检验的结果表明(见表 6),胸高断面积和各营养补给因子之间无显著的回归关系;偏回归检验的结果表明(见表 7),Fe、P 对泡桐胸高断面积的增长具有一定的影响,但未达显著水平。这与采用未经调整的胸高断面积进行分析的结果相似,但也同样在体现因子效应大小的偏回归系数上有差异。

表 6 中龄兰考泡桐胸高断面积生长率和营养补给因子的回归分析和统计检验(7年生)

	项目	回归	总和	剩余	失拟	误差	F_1	F_2	F_3
1993 年调整	平方和	256.033	560.480	304.447	102.959	201.488	0.78	0.24	0.38
	自由度	27	52	25	17	8			
	均方和	9.48		12.18	6.06	25.19			
1993 年未调整	平方和	272.365	551.209	278.844	110.876	167.968	0.90	0.31	0.48
	自由度	27	52	25	17	8			
	均方和	10.09		11.15	6.52	21.00			

表 7 各营养补给因子对兰考泡桐胸高断面积生长率效应的分析(7年生)

因 子	1993 年 调 整			1993 年 未 调 整		
	b	Q	t	b	Q	t
N	-0.0846	0.3097	0.11	-0.1139	0.5618	0.16
P	0.9459	38.7436	1.24	0.9859	42.0916	1.42
Fe	-1.2744	70.3299	1.67	-1.2519	67.8654	1.80
Mn	0.1280	0.7091	0.17	0.1338	0.7753	0.19
Cu	0.5297	12.1500	0.69	0.5419	12.7145	0.78
B	0.0954	0.3942	0.13	0.0486	0.1025	0.07
N × P	0.1956	1.2241	0.22	0.1213	0.4712	0.15
N × Fe	-0.0251	0.0201	0.03	0.0540	0.0932	0.07
N × Mn	0.1722	0.9492	0.19	0.1546	0.7651	0.19
N × Cu	0.0582	0.1083	0.07	-0.0973	0.3027	0.12
N × B	1.0106	32.6792	1.14	1.0414	34.7054	1.29
P × Fe	0.8873	25.1947	1.00	0.9200	27.0826	1.14
P × Mn	0.0220	0.0155	0.02	0.1654	0.8754	0.20
P × Cu	0.0719	0.1655	0.08	0.0142	0.0064	0.02
P × B	-0.1086	0.3774	0.12	-0.1065	0.3631	0.13
Fe × Mn	-0.4105	5.3918	0.46	-0.5285	8.9393	0.65
Fe × Cu	-0.4119	5.4281	0.46	-0.4018	5.1652	0.50
Fe × B	-0.3567	4.0723	0.40	-0.4145	5.4972	0.51
Mn × Cu	0.0589	0.1111	0.07	0.1284	0.5274	0.16
Mn × B	-0.2526	2.0425	0.28	-0.3178	3.2309	0.39
Cu × B	-0.3367	3.6271	0.38	-0.3078	3.0310	0.38
N × N	0.3743	8.3216	0.57	0.4052	9.7487	0.68
P × P	-0.6880	28.1090	1.06	-0.7518	33.5664	1.26
Fe × Fe	-0.0417	0.1035	0.06	-0.0413	0.1010	0.07
Mn × Mn	-0.4093	9.9456	0.63	-0.4030	9.6423	0.68
Cu × Cu	-0.2669	4.2309	0.41	-0.2136	2.7100	0.36
B × B	0.1468	1.2792	0.23	0.1551	1.4289	0.26
$b(0)$	13.2452		20.34	13.0751	272.3645	21.99

4 结 论 和 讨 论

(1) 采用经协方差分析调整和未经调整的生长指标分析研究营养补给对兰考泡桐生长的效应, 所得结论相似, 但在效应因子的次序上有差别。由于中龄兰考泡桐单株之间生长量的极大差异性, 如不考虑初始生长对后期生长的影响, 不将初始生长量调整到同一水平, 有可能导

致错误的结论。

(2) 试验立地条件下, 采用 N、P、Fe、Zn、Mn、Cu、B 等大量元素和微量元素肥料对 6 年生和 7 年生兰考泡桐林进行营养补给, 其胸高断面面积增长率和各营养补给因子之间无显著的回归关系, 部分元素肥料(主要是 P、Fe) 对其胸高断面面积生长具有一定的效应, 但未达显著水平, 即对将可利用的兰考泡桐材积生长无显著的效应。

试验立地条件在兰考泡桐主栽区的华北平原具有一定的代表性, 由于农田土壤肥力较高, 泡桐栽植密度较小, 加之中龄兰考泡桐的深根性、大根幅、枯落物归还土壤养分元素数量大且速度快等, 有可能是导致营养补给效应不显著的重要原因。

参 考 文 献

- 1 王德永, 余杰, 文瑞钧, 等. 泡桐人工幼林施肥效应研究. 泡桐与农用林业, 1993, (1): 75 ~ 78.
- 2 贾慧君, 郑槐明, 陆新育, 等. 泡桐农用幼林施肥研究初报. 泡桐与农用林业, 1993, (1): 69 ~ 74.
- 3 林业部编. 林业标准资料汇编(三). 北京: 中国林业出版社, 1990.
- 4 北京林学院主编. 数理统计学. 北京: 中国林业出版社, 1981.

Study on the Effects of Fertilization on Middle-aged *Paulownia elongata* Plywood Plantation

Wang Baoping Li Zongran Li Fangdong

Zhou Haijiang Zhou Daoshun

Abstract Fertilizers including elements of N, P, Fe, Zn, Mn, Cu and B were applied to six and seven years old *Paulownia elongata* plywood plantation. The results show that no significant relation between the growth and fertilizing factors, although some kinds of fertilizers (mainly P, Fe) have certain effects on the growth. It is necessary to adjust the initial amounts of growth of different treatments to the same level with co-variance analysing method while studying the effects of fertilization on the growth of middle-aged paulownia plantation.

Key words *Paulownia elongata* plywood plantation fertilization

Wang Baoping, Assistant Professor, Li Zongran, Li Fangdong, Zhou Haijiang, Zhou Daoshun (Paulownia Research Center of China Zhengzhou 450003).