

整地施肥对 I-69 杨人工林 生长效应的研究*

李贻铨 陈道东 徐清彦

(中国林业科学研究院林业研究所)

蒋建屏 张道引 姬立春 光吉成

(安徽省林业科学研究所)

(安徽省宿县林业局)

摘要 在淮北平原宿县,通过大穴整地、施肥改良砂姜黑土、营造 I-69 杨的五年试验证明,大穴整地当年效应明显(径、高增长 19.8%、91.8%);头二年肥效不显;第三年起 N 肥、有机肥、N×有机肥交互作用效应极显著(材积增加 77%),施 P+K 肥效应较差, N+K 肥和 N+P 肥经济效益较高,投入/产出为 1/6.22 和 1/3.78;材积增加 60% 和 58%。整地加施肥综合效益明显,有效施肥占综合效益 85.1%~88.8%。

关键词 I-69 杨;砂姜黑土;整地;施肥;生长效应

本试验目的是研究砂姜黑土整地施肥,改善土壤理化性质,改进造林技术,从而促进林木生长。砂姜黑土在黄淮海平原三大低产土壤中居首位,共 313×10^4 ha。砂姜黑土区地势低洼,土壤理化性质不良,涝、旱、僵、瘦是农林业低产原因。

一、试验地基本情况

试验地位于安徽宿县,处于黄淮平原边缘的河间缓斜平原。属暖温带半湿润季风区,冬季干旱,夏热多雨,年均降水量 890.1 mm,年均蒸发量 1766.2 mm,年均温 13.8℃, > 10℃ 活动积温为 4697.7℃。该地土壤属于普通砂姜黑土亚类,母质为粘质湖相沉积物。土壤养分除 K 外,有机质、N、P 均贫乏(表 1)。

二、试验方法与材料

试验设 10 个处理,其中 8 个施肥处理按 $L_8(2^7)$ 正交表排列,均为大穴 (1 m×1 m×1 m) 整地,另外 2 个无肥整地处理,即大穴和小穴 (0.6 m×0.6 m×0.5 m),见表 2。小区随

本文于 1990 年 2 月 13 日收到。

* 本研究是“六五”国家科委攻关项目——黄淮海中低产区综合治理提高抗灾能力研究部分成果。朱正礼、吴运龄、吕家昌参加过工作,谨致谢意。

表 1 试验地及附近砂姜黑土土壤理化性质

剖面地点	层次深度 (cm)	有机质	全 N	全 P	全 K	碱解 N	速效 P	速效 K	pH (H ₂ O)	硬度 ^①	容重	② 饱和 渗透 系数	质地	颗粒(%)	
		(%)			(ppm)			物理粘粒 (<0.01 mm)						粘粒 (<0.001 mm)	
试验区 区内	耕作层 0~20	1.76	0.076	0.066	1.80	85	0.88	206	8.5	1.66	1.06	4.63	轻粘土	68.60	34.78
	黑土层 20~45	1.27	0.054	0.046	1.65	55	痕迹	168	8.4	5.76	1.36	1.30	轻粘土	68.82	41.25
	面砂姜层 45~100	0.58	0.018	0.041	1.86	42	痕迹	178	8.2	8.88	1.43	0.23	轻粘土	64.72	41.33
试验区 附近	耕作层 0~32	1.24	0.105	0.064	1.92	54	0.79	270	8.5	2.81			轻粘土	67.18	27.85
	黑土层 32~61	1.12	0.089	0.055	1.56	45	痕迹	199	8.4	15.63			轻粘土	63.11	27.88
	面砂姜层 61~102	0.50	0.063	0.075	1.93	24	痕迹	241	8.3	11.58			重壤土	58.96	21.66
	砂姜层 102~130	0.32	0.051	0.053	1.85	17	痕迹	203	8.5	14.01			重壤土	58.84	11.27

① 田间自然湿度时测定的硬度(kg/cm³)；② 10℃时土壤饱和和渗透系数(mm/min)。

表 2 试验小区处理 (单位: g/株)

处理 ^①	小区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	N		250	250			250	250			
P		1500	1500	1500	1500					大穴	小穴
K			50		50		50		50		
有机肥			2500	2500		2500			2500	无肥	无肥
底肥		2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500		

注：① N——尿素含 N 46%，P——过磷酸钙含 P₂O₅ 7.2%，K——氯化钾含 K₂O 60%；有机肥、底肥——菜籽饼含 N 5.12%，P₂O₅ 2.68%，K₂O 1.48%。

机排列，3次重复。试验树木为 I-69 杨 (*Populus deltoides* Bartr. cv. "Lux")，每小区 12 株，株行距 4 m × 6 m，试验连续 5 年。1983 年 11 月整地，1984 年 3 月施底肥植树，除 1987 年外，1984~1988 年 5~6 月按设计施追肥，并于 5、7、10 月在各小区采混合叶样。

三、结果分析

(一) 施肥对 I-69 杨的生长效应

1. 不同肥料的生长效应 肥料对林木的生长效应，决定于土壤中养分丰缺和其有效性，以及林木对养分需求特点^[1]。采用正交方差分析法，计算各肥料因素和交互作用对 I-69 杨生长效应，表 3 表明：① N 肥效应——从第三年起 N 肥有明显正效应，显著性达到 0.01 和 0.05 水平，对胸径和材积增长效应尤为明显，树高效应较小。有 N 肥比无 N 肥材积增加，第三年为 10.3%，第四年 12.4%，第五年 15.2%。② P 肥效应——前三年 P 肥对 I-69 杨生长影响不大，第四年开始有明显负效应。这可能由于微碱性石灰性粘土中，P 素移动性小，多被集中固定在施肥沟部位，造成局部 P 肥浓度过高，加之所用过磷酸钙残酸量较高，影响杨树根系发育。Cleve 曾指出，P 肥对美洲山杨影响较小，甚至还出现负效应^[2]。③ K 肥效应——K

表3 施肥效应方差分析 F 值

处理因素		N	P	K	有机肥	P×N	N×有机肥	处理间
第一年	树高					-4.55*		
	胸径				-5.50*			
第二年	树高						-5.07*	
	胸径						-4.78*	
第三年	树高						+5.17*	+4.83**
	胸径	+4.80*			+5.80*			16.99**
第四年	树高	+19.05**			+20.65**		+17.91**	+19.94**
	胸径							
第五年	树高	+4.86*						+6.43**
	胸径	+69.23**	-11.30**		86.13**		+23.04**	+35.80**
第六年	树高	+35.52**	-5.40*		+39.09**		+10.32**	+28.73**
	胸径							
第七年	树高	+27.48**	-6.92*		+7.87*	+5.77*		+5.96**
	胸径	+43.88**	-10.33**		+38.11**		+5.59*	+24.89**
第八年	树高	+56.21**	-12.94**		+40.42**			+23.93**
	胸径							

注：处理因素 $F_{0.05} = 4.49$, $F_{0.01} = 8.53$; 处理间 $F_{0.05} = 2.77$, $F_{0.01} = 3.60$; 空格 < 0.05 水平。

肥对 I-69 杨生长影响不大，正交方差分析 F 值均未达到 0.05 显著水平，这是因为砂姜黑土 K 素较丰富的缘故。国内外也普遍认为，K 肥对杨树生长影响小于 N 和 P 肥，欧洲多数研究指出，杨树对 K 肥无反应^[3]。④有机肥效应——有机肥不仅增加了养分，而且改善了土壤物理性质。从第三年起有机肥对胸径和材积有明显增长效应，第五年对树高也有显著增长效应，而第一年对胸径生长出现明显负效应，这是因为有机肥加底肥处理的菜籽饼用量过大引起的。试验说明，除基肥外，追肥可于造林后第三年开始，以提高肥料利用率。

2. 不同 N 肥水平的生长影响 鉴于 N 肥效应显著，于 1984 年 4 月又对 4 年生 I-69 杨追施适宜 N 水平试验。试验得出每株施尿素 0.5 kg 为适宜施肥量，与 0.25 kg、0.125 kg 和对照处理差异显著，材积增长量分别为 22.7%、85.9% 和 98.3%。

(二) 整地对 I-69 杨的生长效应

在造林当年(1984)，大穴与小穴两种无肥处理的胸径和树高增长有明显差异， t 值分别达到 0.01 与 0.05 显著水平；大穴比小穴整地胸径和树高增长分别为 19.8% 和 91.8%。从第二年起，两者差异逐渐缩小， t 值未达 0.05 水平。1984 年末，用环刀测定两个处理树干周围 50 cm 土壤物理性质，重复三次。结果表明，20~40 cm 土壤容重，大穴比小穴相应低 20.5%，而土壤饱和和渗透系数比小穴整地高 143%。20~40 cm 是黑色障碍层，非常板结，大穴深翻使该层物理性质有明显改善，致使当年林木生长明显高于小穴整地。随年限增长，两种处理土壤物理性质差异缩小，到第五年，该层容重，大穴比小穴小 9.3%，土壤饱和和渗透系数高 17.2%，致使两种处理林木生长量差异缩小。

四、各处理增产效应与经济效益评估

表 3 表明，第一、二年各处理间差异未达 0.05 显著水平，第三年起各处理达到极显著水

平。对10个处理生长量用L. S. D.法进行多重比较结果, 第三年材积、胸径最大的N+P+K+有机肥+底肥的2处理与只施底肥、P+K+底肥、大穴无肥和小穴无肥的7、4、9、10处理差异极显著; 第四、五年材积、胸径最大的N+有机肥+底肥5处理与以上四个处理差异极显著。而施N或有机肥的1、2、3、5、6、8处理间差异不显著。

表4、5说明以下情况:

1. 大穴整地加施肥综合效应与经济效益十分明显 特别是施N或有机肥的1、2、3、5、6、8处理, 第五年立木材积达到92~110.4 m³/ha, 比小穴整地无肥处理增长48%~77%; 施P+K肥和无追肥处理效应较差, 立木材积只有77.7 m³/ha和87.6 m³/ha, 分别只比10处理增加25%和41%。多数整地施肥处理均有较好的经济效益, 在投入计息条件下也是如此。经济效益明显, 增值较高的, 有施N+P+底肥和N+K+底肥处理, 增值、投入/产出分别为5445元/ha、1/3.78和5625元/ha、1/6.22。以N+有机肥+底肥处理增值最高, 为7245元/ha, 但投入/产出为1/3.10。

表4 各处理的I-69杨生长量

小 区 处 理	第1年		第2年			第3年			第4年			第5年		
	当年生长量		树高 (m)	胸径 (cm)	材积 (m ³ / ha)	树高 (m)	胸径 (cm)	材积 (m ³ / ha)	树高 (m)	胸径 (cm)	材积 (m ³ / ha)	树高 (m)	胸径 (cm)	材积 (m ³ / ha)
	树高 (m)	胸径 (cm)												
1. N+P+底肥	0.89	2.56	8.9	10.3	15.9	13.9	15.7	51.8	17.3	18.4	85.1	18.5	19.2	98.6
2. N+P+K+有机肥+底肥	0.79	2.48	9.0	10.3	15.9	13.9	15.9	53.0	17.2	18.7	87.6	18.9	19.7	105.3
3. P+有机肥+底肥	1.01	2.47	8.9	10.3	15.8	13.9	15.9	53.0	16.7	18.2	80.3	17.8	18.9	92.0
4. P+K+底肥	0.93	2.66	8.9	9.9	14.6	13.5	14.3	42.2	16.3	16.7	66.5	17.6	17.4	77.7
5. N+有机肥+底肥	0.90	2.49	8.8	10.2	15.6	13.9	15.7	51.9	17.2	19.0	90.6	18.9	20.1	110.4
6. N+K+底肥	0.98	2.71	9.0	10.5	16.7	14.0	15.7	52.5	17.6	18.4	84.0	18.5	19.3	99.6
7. 大穴施底肥	0.79	2.55	8.9	10.0	14.7	13.4	14.5	42.8	16.7	17.3	73.5	18.2	18.2	87.6
8. K+有机肥+底肥	0.87	2.56	9.0	10.6	16.8	14.0	15.6	51.6	17.1	18.7	87.6	18.5	19.6	102.2
9. 大穴无底肥不追肥	0.94	2.54	8.9	9.7	14.1	13.0	13.7	37.7	15.8	15.8	58.4	17.1	16.4	67.7
10. 小穴无底肥不追肥	0.49	2.12	8.5	9.2	12.2	12.8	13.2	34.5	15.5	15.2	53.3	16.7	15.9	62.3

表5 整地施肥处理对I-69杨生长效应与经济效益比较

(材积单位: m³)

处理 小区	第三年材积			第四年材积			第五年材积			经济效益(元/ha)		
	与10处 理比	与9处 理比	与7处 理比	与10处 理比	与9处 理比	与7处 理比	与10处 理比	与9处 理比	与7处 理比	总增值	施肥占 (%)	追肥占 (%)
1	150	138	121	160	146	116	158	146	113	5445	85.1	30.6
2	154	141	124	164	150	119	169	156	129	6480	87.5	41.0
3	154	141	124	151	138	109	148	136	105	4455	81.8	15.2
4	122	112	99	125	114	91	125	115	89	2340	65.4	
5	150	138	121	170	155	123	177	163	126	7245	88.8	47.2
6	152	139	123	158	144	114	160	147	114	5625	85.6	32.0
7	124	114	100	138	126	110	141	129	100	3825	78.8	
8	150	137	121	164	150	119	164	151	117	5985	86.5	36.8
9	109	100	88	110	100	79	109	100	77	810		
10	100	92	81	100	91	73	100	92	71			

2. 施追肥加底肥肥效与经济效益明显 与大穴整地无肥 9 处理相比, 底肥加 N 或有机肥的 1、2、3、5、6、8 处理, 五年材积增加 36%~63%; 而底肥 + P + K 肥处理材积只增加 15%, 明显低于以上处理。凡施 N 或有机肥处理, 肥效占综合效益 81.8%~88.8%, 但单施底肥效益稍低, 只占 78.8%, 施 P + K 肥处理最少, 只占 65.4%。

3. 追肥肥效与经济效益略低 与不追肥 7 处理相比, 追肥的 1、2、3、5、6、8 处理, 第五年材积增长仅 5%~26%, 一般较第三年明显下降, 后者增长率在 21%~24%, 表明第四年停止追肥后, 前三年追肥效应已明显下降。施 P + K 肥处理生长量低于 7 处理现象, 也说明砂姜黑土施底肥和 N、有机肥特别重要, 第四、五年分别可增加材积 23% 和 26%。由于单纯追肥材积增长不多, 因此经济效益不高, 只占总增值 31%~47%, 因此追肥须结合施底肥和大穴整地, 方可发挥较大作用。

4. 单整地不施肥效应有限 第三至第五年, 大穴与小穴整地处理相比, 材积只增加 9%~10%; 第五年大穴整地处理材积只有 67.7 m³/ha, 明显低于各施肥处理。表明大穴整地虽优于小穴整地, 但单整地不施肥对土壤改良效应有限。

五、讨论与建议

1. 整地效应 紧实的黑土层和砂姜层严重影响根系伸展。Brendemuehl 发现, 当容重由 1.08 增至 1.40 时, 杨树生长明显降低^[4]。本试验地二个障碍层容重本底值在 1.35~1.50, 与上述发现相吻合。

大穴整地对当年杨树生长有明显促进作用, 以后与对照差异缩小, 但仍存在一定差距。整地当年末测定的土壤物理性状也表明, 硬度、毛管水含量、饱和水含量、饱和渗透系数和容重, 与对照区差异极显著。尽管整地效应随时间增长而缩小, 但疏松过的土壤环境给幼树根系伸展创造了条件, 为以后充分吸收营养与水分奠定了基础。整地效应逐年缩小的趋势表明, 单靠大穴整地还不能保证砂姜黑土杨树速生丰产, 尚需施入 N 与有机肥, 以发挥整地加施肥综合效应。建议于秋翻冻垡后, 次春造林前施有机底肥, 第三年开始按上述优化方案追肥。

2. 施肥效应

(1) 肥效随林龄增大趋于明显 五年试验表明, 施肥效应在第三年才开始显示, 头二年不仅无反应, 甚至因施肥造成树根周围养分浓度过大而出现负效应。美国在排水不良洼地施肥试验也表明, 对 2 年生美洲黑杨无效; 3 年生杨树略有效果; 4 年生杨树效果最好^[6]。Blackmon 指出, 美洲黑杨 2~3 年生时施肥无效, 可能由于幼树根系发育不够, 还不能从施入的肥料中得到好处, 也由于树木之间竞争尚不明显, 土壤原有 N 可以满足需要^[6]。本试验 5 年结论与此相同。

(2) N 肥、有机肥对杨树生长反应极明显 第三年起, N 肥、有机肥对杨树胸径、材积效应极显著。国外试验表明, 施 N 肥一般可使美洲黑杨直径增加一倍多, 材积增产 40%~500%, 但决定于立地条件和土地利用历史。砂姜黑土是古老耕作土壤, N 与有机质匮乏。一般讲, 一种杨树在适生条件下, 对营养反应不太敏感, 但在贫瘠立地条件下, 对养分需求就十分迫切。如 Frison 在研究 I-214 杨施肥时指出, 只有在肥力被农作物消耗了的土壤上施

N 肥等才有益处^[7]。

(3) 较佳施肥处理选择 用第四、五年绝对生长量衡量, 施有机肥 5、2、8 处理名列前茅; 从应用角度考虑, 则以不追有机肥的 N+P+底肥 1 处理和 N+K+底肥 6 处理为好, 尽管生长量略低, 但与上述三个处理无显著差异, 且易于推广; 因有机饼肥价格较高, 肥源有限, 可用当地其他有机肥, 如皮革厂废料、有机垃圾代替。对追肥适宜用量应进一步试验。

(4) 肥料交互作用 试验表明, 只有 N×有机肥交互作用从第三年起达到极显著水平, 而 N×P 只对第五年树高有显著影响。此与农作物不同, 砂姜黑土农作物施肥试验表明, N×P 交互作用非常明显^[8]。说明长干材为主的林木与长籽实为主的农作物, 其养分需求和结构是不同的。Blackmon 等曾指出, N 使美洲黑杨生长量增加 200%, N 和 P 合施也没有好处, 单施 P 肥无效^[9]。欧洲多数报道认为, 在围垦低地土壤上, 施 N 和 K 肥 4 年后, 树高、直径和材积有增加^[9]。Blackmon 发现, N+K 明显增加杨树生长, 但单施 N 肥和 K 肥均降低生长^[4], 均与本结果吻合。

(5) 整地施肥措施对杨树胸径、材积增长明显 试验表明, 整地施肥措施对杨树胸径、材积影响大于树高和冠幅。Blackmon 报道, 在粘土上施 N 肥对 4 年生美洲黑杨林直径生长有明显影响, 并指出 N 肥对美洲黑杨林高生长影响不大^[6]。

3. 整地施肥经济效益 整地施肥综合经济效益明显, 单纯大穴整地, 尽管投入/产出比很高, 第五年为 1/8.64, 但增值过低, 只有 810 元/ha, 故在有条件时应提倡施肥。施肥在整地施肥综合增益中起主要作用, 有效施肥占总增益 85.1%~88.8%, 其中追肥大致占 31%~47%。可见施有机底肥十分重要, 在无条件追肥时, 应结合大穴整地施适量有机底肥。

4. 应进一步探索营养元素平衡优化方案 使改良措施建立在牢固机理基础上。对于 P 肥效应, 应从肥料品种、施用方法上摸清肥效机理。

5. 整地施肥是砂姜黑土改善宜林性关键措施 但须与良种选择、森林保护以及其他经营措施相配合, 才能充分发挥整地施肥的效应。

参 考 文 献

- [1] Pritchett, W. L. et al., 1987, Properties and management of forest soils, Jhon Wiley & Sons, Inc., 329~374.
- [2] Cleve, K. V., 1982, Effect of fertilization on *Populus tremuloides* Michx growth, *Can. J. For. Res.*, 12: 160~165.
- [3] Blackmon, B. G. et al., 1972, Nitrogen fertilization increases cottonwood growth on old field soil, USDA For. Serv. Res. Note SO-143, 5p. South. For. Exp. Stn. New Orleans. La.
- [4] Brendemuehl, R. H., 1957, Growth, yield, and site requirements of eastern cottonwood, Ph. D. Diss, Iowa State Coll., Ames, Iowa. 168.
- [5] Blackmon, B. G., 1976, Response of Aigeiros poplars to soil amelioration, Pro. sym. on eastern cottonwood and related species, Greenville, Mississippi, 344~359.
- [6] Blackmon, B. G., 1977, Cottonwood response to nitrogen related to plantation age and site, USDA For. Serv. Res., Note SO-229, South. For. Exp. Stn.
- [7] Frison, G., 1974, Use of fertilizers on *Populus* "1-214" in the nursery, *Cellul. Carta*, 25(7/8), 3~20.
- [8] 吴文荣等, 1988, 砂姜黑土综合治理的理论与实践, 砂姜黑土综合治理研究, 安徽科学技术出版社, 18~19.

RESEARCH ON GROWTH RESPONSE OF *POPULUS*
DELTOIDES CV. "LUX" TO SITE PREPARATION
AND FERTILIZATION

Li Yiquan Chen Daodong Xu Qingyan

(The Research Institute of Forestry CAF)

Jin Jianping

(Anhui Forestry Research Institute)

Zhang Daoyin Ji Lichun Guang Jicheng

(Forest Bureau of Su County, Anhui Province)

Abstract The experiment was conducted on lime concretion fluvo-aquic soil. This soil with clayed texture, compact soil body and low nutrient content is a low productive soil in the North China Plain. 5 Years' trial proved that the site preparation of big pit produced remarkable growth response with 19.8 % and 91.8 % of increment in D. B. H. and height respectively in the first year after planting; fertilization couldn't significantly increase growth in the first 2 years after planting; but N fertilizer, organic manure and the interaction between N fertilizer and organic manure had the significant and positive effects on the tree growth while the application of P K decreased the growth from the third year to the fifth year after planting. Tree volume in the treatment fertilized with N fertilizer and organic manure was increased by 77 %. Treatments N K and N P increased volume by 60 % and 58 % respectively and produced a high economic benefit, the values of input/output for these 2 treatments were 1:6.22 and 1:3.78 respectively. The integrated benefit of site preparation plus fertilization was remarkable, and 85.1 %~88.8 % of the benefit was due to available fertilization.

Key words *Populus deltoides* cv. "Lux"; lime concretion fluvo-aquic soil; site preparation; fertilization; growth response