

文章编号: 1001-1498(2003)02-0171-06

银杏苗期施 P 效应研究

吴家胜¹, 曹福亮², 应叶青¹, 潘春霞³

(1. 浙江林学院生命科学学院, 浙江 临安 311300;

2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 浙江省安吉县林业局, 浙江 安吉 313300)

摘要: 采用盆栽试验, 研究了不同施 P 水平对 2 年生银杏苗木各项生长、生理指标及叶片含 P 量的影响。结果表明: (1) 施 P (P_2O_5) 量在 $0\sim 3\text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$ 范围内, 总的趋势是, 银杏各项生长、生理指标均随施 P 量的增加而增加。当施 P (P_2O_5) 量超过 $3\text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$ 后, 各项生长、生理指标均表现下降。(2) 银杏苗木叶片全 P 含量在适量的供 P 范围内随施 P 量的增加而增加, 含 P (P_2O_5) 量最高出现在 $3.0\text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$, 超过此值后, 随施 P 量的增加而逐渐下降。(3) 银杏苗木各项生长指标与施 P 量之间存在二次函数关系, 根据回归方程求得本试验条件下 2 年生银杏苗木的合理施 P (P_2O_5) 量为 $2.11\sim 2.38\text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$ 。

关键词: 银杏; 施 P 肥; 生长生理效应

中图分类号: S723.7 S664.3 文献标识码: A

银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 是中国特有的多用途经济树种, 特别是银杏叶提取物在医药上的广泛应用, 促使银杏叶用园在全国各地得到蓬勃发展, 育苗和栽培面积不断扩大。施肥对银杏叶用园的产量和品质都有较大的影响。但在施肥上, 往往存在重 N 轻 P、K 的现象, 使得银杏叶用园的产量和品质下降。本文试图通过银杏苗 P 肥的盆栽试验, 探索 P 肥对银杏叶用园的产量效应及适宜的施 P 量, 为银杏叶用园的合理施肥提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2000-01—2001-01 在南京林业大学科技示范园的塑料大棚内进行。供试苗木为 2 年生泰兴大佛指实生苗, 苗木规格基本一致。平均苗高为 49.4 cm, 平均地径为 1.22 cm。盆钵采用 $27\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ (径 \times 高) 的塑料桶, 每桶装土 10 kg, 栽植 2 株银杏苗。供试土壤为冲沙土, 基础养分极低, 其理化性质见表 1。

表 1 盆栽供试土壤的基本理化性质

项目	土壤质地	pH 值	速效 K/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效 P/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全 N/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机质/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
实测值	沙土	7.5	25.61	2.88	0.4	2.7

1.2 试验方法

试验处理: 采用完全随机设计, 重复 3 次。设置 5 个施 P (施 P_2O_5 , 下同) 水平, 肥料种类为

收稿日期: 2002-09-11

基金项目: 1999—2001 年国家林业局“银杏种质资源引进”项目 (编号: SX(1999)211)

作者简介: 吴家胜 (1969—), 男, 浙江衢县人, 讲师, 博士生, 从事森林培育和数量遗传等研究。

江苏泰兴 P 肥厂生产的含 14% (P_2O_5) 的过磷酸钙 [$CaSO_4 \cdot Ca(H_2PO_4)_2$], 作基肥在 2000 年 1 月份栽苗时施用, 同时每盆在 2000 年 4、5 和 6 月份分 3 次等量配施尿素共 6.5 g (含纯 N 3.0 g)、KCl 共 4 g (含 K_2O 2.4 g)。其用量见表 2。

表 2 盆栽试验 P 素水平设计

处 理	P1	P2	P3	P4	P5
施 P 量 (P_2O_5 g 盆 ⁻¹)	0 (CK)	1.0	2.0	3.0	4.0

注: 配施纯 N: 3.0 g 盆⁻¹; K_2O : 2.4 g 盆⁻¹

生长调查: 试验开始(2000 年 1 月)时, 测定供试苗的苗高和地径; 试验结束(2000 年 9 月)时, 调查供试苗的苗高和新梢长度等项目, 并分别测定叶、新梢、茎、根的鲜质量和干质量。

叶面积测定: 用 Model1F 3000 型叶面积测定仪实测。

光合指标测定: 在 2000 年 8 月份, 对每个施 P 处理的 3 个重复进行光合速率的测定。测定仪器采用 LF 6200 光合测定系统。

植株样品采集与分析: 试验结束后, 叶片干质量测定样品用于分析叶片全 P 含量(质量分数)。分析时根据《林业标准汇编》^[1]和土壤农化分析^[2]进行, 植物样品用硫酸-高氯酸消煮法处理, 然后用钼锑抗比色法测定叶片全 P 含量, 测得的全 P 含量除以样品质量即为全 P 质量分数。

试验统计方法: 本文所有统计计算均采用 SAS 软件^[3,4]。

2 结果与分析

2.1 不同施 P 水平对苗木生长的影响

2.1.1 对新梢长度的影响 方差分析表明, 不同施 P 处理对苗木新梢长度有极显著的影响(表 3、4)。每盆施用 P_2O_5 2 g 以下时, 总的趋势是新梢长度随施 P 量的增加均有不同程度的增加, 但再增加施 P 量时, 新梢长度则有所下降。这表明在一定供 P 量范围内, 施 P 有利于银杏苗的新梢生长, 但施 P 量超过一定值时, 反而会抑制苗高生长。

表 3 施 P 对银杏苗新梢长度和单叶质量的影响

处理	新梢长度/cm	单叶质量/g
P1(对照)	29.3 d	0.105 d
P2	32.5 bc	0.125 c
P3	35.3 a	0.139 b
P4	34.2 ab	0.150 a
P5	29.9 cd	0.120 c

注: 不同字母间表示差异显著($\alpha = 0.05$)

表 4 施 P 处理的银杏苗新梢长度和单叶质量方差分析

项目	变异来源	自由度	均方	F 值	$P > F$
新梢长度	处理间	4	20.2757	9.74*	0.0018
	误差	10	2.0813		
	总变异	14			
单叶质量	处理间	4	0.00089	34.67**	< 0.0001
	误差	10	0.00026		
	总变异	14			

2.1.2 对单叶质量的影响 不同施 P 处理的叶片单叶质量的测定结果见表 3。P 素对银杏植株叶片干物质累积有极显著的影响(表 4), 施 P 量在 P1~P4 处理范围内($0 \sim 3$ g 盆⁻¹), 叶片单叶质量随供 P 量的增加而逐渐提高, 施 P 量超过此范围后, 叶片单叶质量反而有所下降。可能原因是大量施 P 导致了树体养分不平衡所致。在所有的施 P 处理中, 以 P4 (3 g 盆⁻¹) 处理的单叶质量最高, 比 P1 处理(对照)增加 42.86%, 比 P5 (4 g 盆⁻¹) 处理增加 25.0%, 与其它处理间差异显著。

2.1.3 对单叶面积及单株叶面积的影响
 通过测定单叶面积求算出单株叶面积, 并计算其平均值, 得出不同施 P 量单叶面积和单株叶面积的变化值, 曲线见图 1。从图中可以看出, 一定范围内, 随施 P 量的增加, 单叶面积和单株叶面积均逐渐增加, 并且单叶面积和单株叶面积随供 P 量变化的趋势是一致的, 均在 P4 处理时取得最大值。这说明, 供 P 不足或过量均不利于银杏植株叶面积的增加。

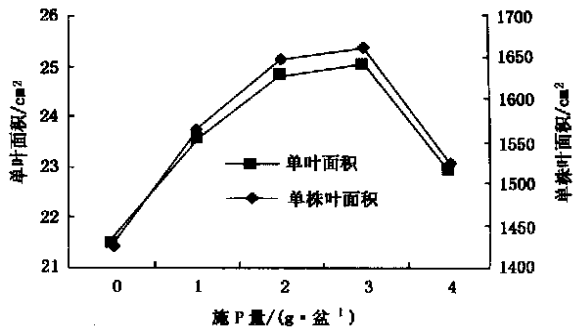


图 1 施 P 量对单叶面积和单株叶面积的影响

2.1.4 对各器官生物量及总生物量的影响
 从表 5 可以看出, 施 P 后苗木各部分生物量均有不同程度的增加。经方差分析, 施 P 对银杏苗木叶生物量、新梢生物量和总生物量均有极显著的影响 (F 值分别为 5.31^{**}, 10.77^{**}, 5.91^{**}, $Pr > F$ 分别为 0.01, 0.001, 0.01), 对茎生物量和根生物量的影响效应则不明显 (F 值分别为 2.63 和 1.77, $Pr > F$ 分别为 0.098 和 0.211)。这可能与 P 在植物体中的分布和运转有关。因为 P 在植物体内的分布和运转与植物的代谢和生长中心转移有密切关系。P 多分布在含核蛋白较多的新芽和幼叶等生长点中, 并常向生长发育旺盛的幼嫩组织中转移, 表现出明显的顶端优势。

表 5 施 P 对银杏单株各器官生物量的影响

g

处理	叶				新梢				茎			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均
P1(对照)	7.07	8.31	6.77	7.38	4.03	4.08	3.67	3.93	12.02	12.50	12.90	12.47
P2	8.98	8.05	8.78	8.60	4.52	4.42	4.66	4.53	14.24	12.29	14.59	13.71
P3	8.92	9.49	9.40	9.27	4.94	5.21	4.84	5.00	13.58	15.24	14.51	14.44
P4	9.49	8.08	9.22	8.93	4.61	4.97	4.86	4.82	14.29	14.67	13.27	14.08
P5	7.68	8.17	8.04	7.96	3.95	4.01	4.61	4.19	12.90	13.59	13.86	13.45

处理	根				总生物量			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
P1(对照)	21.78	23.69	21.23	22.23	44.90	48.58	44.57	46.02
P2	25.25	22.81	23.15	23.74	52.99	47.57	51.18	50.58
P3	23.35	24.06	25.99	24.47	50.79	54.00	54.74	53.18
P4	24.63	21.99	24.83	23.82	53.02	49.71	52.18	51.64
P5	22.54	22.43	22.36	22.44	47.07	48.02	48.87	48.05

叶生物量、新梢生物量和总生物量在 5 种不同施 P 处理中, 均以 P3 处理效果最好, 分别比对照提高 25.6%、27.2% 和 15.6%。一个值得注意的问题是, 在低施 P 区(P1~ P3), 叶、新梢生物量和总生物量均随施 P 量的增加而逐渐提高, 但当施 P 超过一定量时, 生物量反而下降。这是因为, 当 P 素不足时, 叶片含 P 量低, 影响核酸、核蛋白的合成, 使细胞的形成和增殖受到抑制。P 素过多时则强烈地增强了植株的呼吸作用, 消耗大量糖分, 并引起 Zn、Fe、Mg 等元素的缺乏, 对植物的生长不利, 所以适宜的施 P 才有助于植株的生长, 这与其它林木施肥试验的结果是一致的^[5, 6]。

2.2 施P量与各项生长指标的关系

有关研究资料表明,苗木生长指标与各种肥料施用量呈二次函数关系。因此,可以利用银杏苗木各项生长指标与施P量的回归方程求得合理的施P量。统计分析表明,银杏苗木新梢长度、单叶质量、叶生物量、新梢生物量、总生物量与P肥用量间存在显著的一元二次曲线回归关系(表6)。根据回归方程,求解出银杏苗木的理论最高新梢长度为34.9 cm,相应的施P量为 $2.11 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$;最大单叶质量、最大叶生物量、新梢生物量及总生物量分别为0.14、9.21、4.94、52.86 g,此时相应的施P量分别为2.38、2.19、2.18、2.18 $\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 。

表6 施P量与生长指标的回归关系

项目	回归方程	决定系数	显著性检验 F	$Pr > F$
新梢长度(y_1)与施P量(x)	$y_1 = 28.97 + 5.65x - 1.3405x^2$	0.7664	19.69*	0.0002
单叶质量(y_2)与施P量(x)	$y_2 = 0.10 + 0.035x - 0.0073x^2$	0.8267	27.46*	< 0.0001
叶生物量(y_3)与施P量(x)	$y_3 = 7.36 + 1.69x - 0.3843x^2$	0.6767	12.56*	0.0011
新梢生物量(y_4)与施P量(x)	$y_4 = 3.89 + 0.97x - 0.2220x^2$	0.7947	23.22*	< 0.0001
总生物量(y_5)与施P量(x)	$y_5 = 45.95 + 6.35x - 1.4604x^2$	0.6972	13.82*	0.0008

注: $y_1 \sim y_5$ 的单位为“g”, x 的单位为“ $\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$ ”。

2.3 不同施P水平对银杏苗木光合指标的影响

2.3.1 对叶片光合速率的影响

矿质元素直接或间接影响光合作用。P素参与各种糖类代谢,缺P时影响糖类物质的转变和运输,这样也就间接影响了光合作用。同时,P还参与光合作用中间产物的转变和能量传递,所以对光合作用影响很大。试验结果(表7)表明,施用P肥影响了银杏叶片光合速率。经方差分析表明,不同施P处理对叶片光合速率的影响极为显著($F = 8.14, Pr > F = 0.003$),达统计学上0.01显著性水平。5种处理中,以P3处理(施P量为 $2 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$)的光合速率最高,为 $6.23 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,与对照相比提高了31.71%。从表7中还可以发现,施P量在 $2 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 以下时,总的趋势是叶片光合速率随施P量的增加有不同程度的增加,但再增加施P量时,光合速率则有所下降。原因是过量施P引起叶片无机P(Pi)含量过高,而Pi是RuBPCase^[7]的一个竞争性抑制剂,P过量会因抑制RuBPCase活性而引起光合作用降低。同时,P过量还会引起RuDP再生速率降低,这也会引起光合速率的下降^[8~10]。

根据表7相关数据,经拟合求得光合速率(Y)依P肥施用量(x)的一元二次曲线, $Y = -0.2738x^2 + 1.1986x + 4.8057$ ($F = 13.632, Pr = 0.0008$), F 检验表明,回归关系达0.01显著水准。根据回归方程可计算出光合速率的理论最高值为 $6.12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,这时相应施P量为 $2.19 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 。

2.4 供P量对叶片P质量分数和单株叶片P含量的影响

2.4.1 叶片内P质量分数及其单株叶片P含量

叶片内P质量分数及其单株叶片P含量测定值见表8,经方差分析,供P量对苗木叶片全P质量分数有极为显著的影响($F = 10.13, Pr > F = 0.0015$)。从表8中可以看出,供试苗木叶片内的P质量分数,在P1~P4范围内,均随着供P水平的递增而提高。从图2中更能直观地看到叶片全P质量分数随供P量的变化趋势,

表7 施P对叶片光合速率的影响

处理	叶片光合速率/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$				差异显著性检验	
	I	II	III	平均	0.01	0.05
P1(对照)	4.9	5.1	4.2	4.73	b	c
P2	5.6	5.8	6.1	5.83	a	ab
P3	6.2	6.4	6.1	6.23	a	a
P4	6.0	5.8	5.2	5.67	a	ab
P5	5.7	5.1	5.2	5.33	ab	bc

P3 处理(施 P 量 $2 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$) 其叶干物质积累值最高, 因而可认为 P3 处理是最适供 P 量。P3 的叶片全 P 质量分数也可看作是最适宜的 P 浓度。尽管在 P3~ P4 处理(施 P 量 $2 \sim 3 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$) 范围内, 叶片组织内的全 P 质量分数仍然有所上升, 但并未使苗木叶生物量超过 P3 处理。这种苗木组织内养分浓度继续上升, 但又不能促进苗木生物量增加的现象, 可认为是一种“奢侈吸收”。而 P5 处理苗木叶片内全 P 质量分数的下降, 可能原因是在施 P 量超过某种限度后, 导致苗木组织内的养分失去平衡所致。

单株叶片所含总 P 量的数值可以从另一种意义上帮助解释苗木组织内对提供 P 素营养所具有的内在生理效应。表 8 所列单株叶片 P 含量一栏中, 在 P1~ P4(施 P 量 $0 \sim 3 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$) 范围内, 随着供 P 的提高, 单株叶片含 P 量也逐渐增加; P4~ P5(施 P 量 $3 \sim 4 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$) 范围内, 则随着供 P 量提高而渐趋下降。单株叶片含 P 量最高出现在 P4 处理, 这与各处理叶片全 P 质量浓度变化基本趋于一致。

表 8 P 素供应与苗木叶片 P 浓度及含量变化值

处理	叶片 P 质量分数/%	单株叶片 P 含量/g
P1	0.094	0.00695
P2	0.102	0.00879
P3	0.108	0.01002
P4	0.115	0.01030
P5	0.096	0.00765

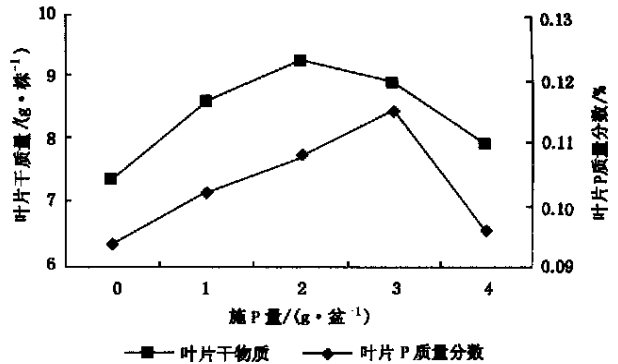


图 2 P 素供应、叶片干质量及叶片 P 质量分数相关示意

2.4.2 施 P 量与单株叶片全 P 含量间的关系 根据表 8 资料, 拟合单株叶片全 P 含量(y (单位: g)) 依 P 肥施用量(x (单位: $\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$)) 的一元二次回归方程式 ($F = 12.557, p = 0.0011$), 一次项和二次项回归系数检验达极显著水平(t 值分别为 5.006 和 - 4.734, Pr 分别为 0.0003 和 0.0005)。回归方程为 $y = 0.00674x + 0.0031x - 0.00071x^2$, 离回归标准差为 0.00097, 决定系数为 0.6767。从方程可推算出, 单株叶片全 P 含量的理论最适值为 0.0102 g, 这时相应施 P 量为每盆 20 g。

3 小结

(1) 本试验条件下, 施 P 量在 $0 \sim 3 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 范围内, 总的趋势是, P 的增施对银杏苗木新梢长度、单叶质量、单叶面积、单株叶面积、各器官生物量及总生物量等均有良好的促进作用, 但不同的生长指标对 P 素的投入有不同的反应。当施 P 量超过 $3 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 后, P 的增施可能导致银杏植株体内养分失去平衡, 上述各项生长指标均表现下降。

(2) 适量 P 肥和过量 P 肥对苗木的促进和毒害作用在银杏的生理指标上亦有所体现。苗木叶片光合速率亦在 $2.0 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 之前有良好反应, 高于此后受抑制。

(3) 银杏苗木叶片全 P 含量在适量的供 P 范围内随施 P 量的增加而增加, 含 P 量最高出现在 $3.0 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$, 超过此值后, 随施 P 量的提高而逐渐下降, 这与施 P 对银杏叶片生物量的影响基本一致。

(4) 施 P 量与银杏苗木各项生长指标呈二次函数关系。根据相应回归方程求出本试验条件下 2 年生银杏苗期的最佳施 P 量为 $2.11 \sim 2.38 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$, 过量施 P 不仅造成肥料浪费, 而且还会对苗木产生毒害, 不利于苗木生长。

参考文献

- [1] 中华人民共和国林业部科技司. 林业标准汇编(三)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991
- [2] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 北京农业出版社, 1996
- [3] 彭昭英. 世界统计分析全才 SAS 系统应用指南(上下册)[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2000
- [4] 惠大丰, 姜长鉴. 统计分析系统 SAS 软件实用教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996
- [5] 刘运武. 温州蜜柑施磷效应研究[J]. 中国柑桔, 1995, 24(3): 3~6
- [6] 韦翔华, 蒋代华, 白晓清, 等. 银杏磷素营养及其营养诊断方法的研究初报[J]. 广西农业大学学报, 1998, 17(3): 247~253
- [7] Collatz G D. Influence of certain environmental factors on photosynthesis and photorespiration in *Sinmondsia chinensis* [J]. *Planta*, 1977, 134(1): 127~132
- [8] Edwards G, Walker D. C_3 , C_4 : mechanisms, and cellular and environmental regulation, of photosynthesis [M]. London: Oxford, 1983. 156~160
- [9] Rao IM, Terry N. Leaf phosphorus status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet [J]. *Plant Physiol*, 1995, 107: 1313~1321
- [10] 郭延平, 陈屏昭, 张良诚, 等. 不同供磷水平对温州蜜柑叶片光合作用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 186~191

A Study on Effects of Phosphorus Fertilization in Ginkgo Seedlings

WU Jia-sheng¹, CAO Fu-liang², YING Ye-qing¹, PAN Chur-xia³

(1. Department of Life Science, Zhejiang Forestry College, Linan 311300, Zhejiang, China;

2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

3. Forest Bureau of Anji County, Zhejiang Province, Anji 313300, Zhejiang, China)

Abstract: Based on pot experiment, effects of phosphorus fertilization on growth and physiological indexes and phosphorus content in leaves of two-year-old ginkgo seedlings were studied. The results are as follows: (1) With increasing levels of phosphorus supply from 0.0 to 3.0 g P_2O_5 /pot, the growth and physiological indexes in ginkgo seedlings increased, while with increasing levels of phosphorus over 3.0 g P_2O_5 /pot all of the indexes decreased. (2) The phosphorus content in leaves went up with increasing levels of phosphorus supply from 0.0 to 3.0 g P_2O_5 /pot but went down gradually with further phosphorus supply from 3.0 to 4.0 g P_2O_5 /pot. (3) There are quadric relationships between growth indexes and phosphorus supplies. Based on this, regression models were established and proper application amount of phosphorus from 2.11 to 2.38 g P_2O_5 /pot for two-year-old ginkgo seedlings was calculated.

Key words: *Ginkgo biloba*; phosphorus; growth and physiological effects