

# 施肥对“小老树”水分特征及光合能力的影响

韩蕊莲 侯庆春 杨 光

(中国科学院 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
(水利部)

**摘 要** 本文以神木、固原两个试验点小叶杨“小老树”林木为试验材料,施用氮、磷肥处理,在生长季内测定施肥对其水分代谢,叶形态和光合能力影响,结果表明,施肥后叶水势、叶含水量和束缚水,蒸腾速率均有所升高,施用氮、磷后叶子扩展速率有不同程度的加快,单叶面积增加明显,氮肥在改善水分与光合作用方面比磷肥更有效。

**关键词** 小老树 施肥 水分代谢 光合能力

## Effecting of Photosynthesis and Water Character of small old Tree by Fertilization

Han Ruilian Hou Qingchun Yang Guang

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia of Sinica  
and Ministry of Water Resouroes, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** Populus small old tree that grows In Gu yuan and Shenmu was studied in the paper. They were fertizied N and P. The changes of water metabolism, leaf and phothsyntesis were determined after fertilization. the result show: Leaf water potential, leaf content of water, leaf band water and transpiration. Lear megnifying rate increase in different extent after fertilization, single leaf area increase, leaf chang thinner, photosynthesis rate and net accomplant biomass increase markly. Nitrogen is better than P in improving small oldtree.

**Key words** small old tree fertilization water metabolism Photosynthesis capacity

水分是影响森林分布和生产能力的主要因素<sup>[1]</sup>,而土壤肥力直接影响到林木生长量,据我们研究,在黄土高原地区;土壤水分与土壤肥力不足是形成小老树的主要原因<sup>[2]</sup>。为了进行改良,我们对其进行不同的施肥处理,已取得了良好的效益。本文对施肥后树木叶片水分的代谢和光合能力改变进行了研究,以期了解施用氮、磷肥在小老树改良中的促进作用。

### 1 试验区自然条件

本工作野外实测点分设两个:其一是位于长城沿线风蚀水蚀交错带的神木县六道沟村,该村

在神木县城以西 12km 处,海拔 1 100m,年降水量约 430mm,年降气温  $8.2^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温约  $3\,400^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 160 天,土壤为绵沙土和风沙土;其二是宁南黄土丘陵区的固原县上黄村,位于固原县城以东 15km 处,海拔 1 700m,年降水量约 450mm,年均气温  $6.8^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温约  $2\,900^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 135 天,试验地土壤为细黄土。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 试验材料

两个试验点所选树木均为小叶杨,林龄 17 年,生长状况基本一致,树体高约 4m,胸径 3—4cm,于 1992 年 5 月中旬选择生长势一致的树木作为样方,样方  $50\text{m} \times 50\text{m}$ ;距树干 60cm 环状施入,施肥深度 50—60cm,分两种处理。(1)每株尿素 0.65kg;(2)施过磷酸钙 0.8kg。

### 2.2 测定项目及方法

以下测定项目均在晴天无云时选取树冠外层南侧生长良好的功能叶片进行测定。测定项目有:

2.2.1 水势日变化 采用小液流法;蒸腾强度(Tr)用美国 Li—cor1600 型稳态气孔计测定;叶片含水量用烘干法;自由水与束缚水用马林契可夫法测定,日变化从早晨 7h 开始测定,每 2h 测定一次;水分饱和和用室内干燥和烘干法,在早晨 10h 左右进行<sup>[5]</sup>。

2.2.2 光合速率净光合累积测定 用改良半叶法测定。

## 3 测定结果

### 3.1 叶水势日变化

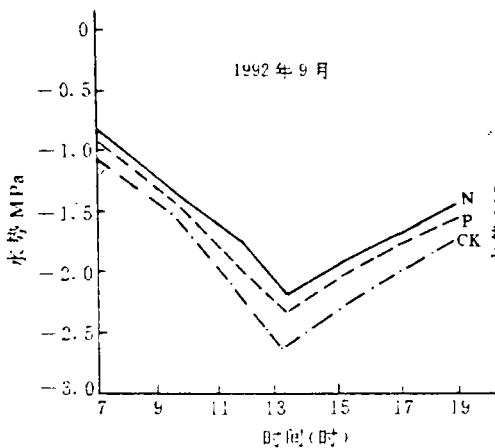


图 1a 神木小叶杨施肥后水势日变化

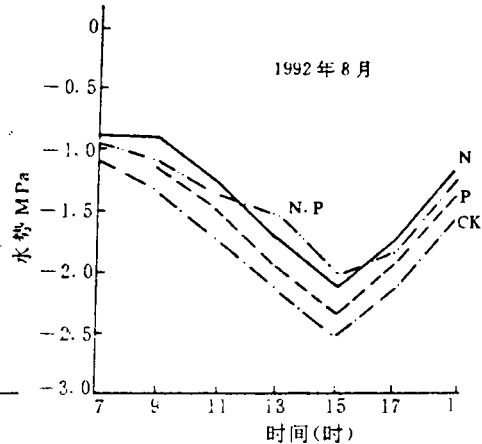


图 1b 固原小叶杨施肥后叶水势日变化

水势是反映植物水分状况最灵敏的指标,而且也反映了大气—植物—土壤连续体系中的水分流动力。从图 1a 中可以看出,小老树及施肥处理后水势  $\Psi_w$  日变化均呈 V 形变化曲线,一日中 13h 为最低,施用 N、P 后  $\Psi_w$  在一日中各时刻均高于对照,尤以施 N 效果最为明显,在 13h 神木小叶杨为  $-2.2\text{MPa}$  而施 P 为  $-2.3\text{MPa}$ ,对照为  $-2.7\text{MPa}$  而固原点与神木点  $\Psi_w$  日变化趋势完全相同,从固原点 N、P 配合施用来看与纯施 N 差异不大。

3.2 叶片含水量及其组成的变化

由图 2a 中看出,施肥后叶片含水量升高,施 P 肥叶含水量在 9h、15h 比 N 肥高外,在一日中其它时间不如施 N 高,而小老树叶含水量一直较低,而施 N、P 后含水量升高是由于束缚水增加,而小老树自由水含量高且易散失。

3.3 施肥对蒸腾速率(Tr)日变化的影响。

由于黄土高原地区环境条件的复杂性,水分胁迫往往与其它不利条件如低肥力同时发生,使水分和无机营养成为限制林木生长的两大因素; 图 2a 神木小叶杨施肥后叶含水量日变化 图 2b 固原小叶杨施肥后叶含水量日变化 小老树林地施肥对

其蒸腾速率有明显的影响。据我们在神木点的测定结果呈双峰曲线,而一日中最高峰值出现在 9h,而次高峰值在中午 13h 左右,施 N 肥后蒸腾速率在一天的日变化中峰值分别在 9h 为  $6.4\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ , 13h 为  $4.8\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ ; 施 P 肥在 9.00 为  $4.3\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ , 13h 为  $2.50\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ ; 小老树两峰值分别为  $3.4\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$  和  $2.1\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ 。在固原点测定蒸腾速率 Tr 日变化出现一个峰值,不论施用 N、P 和小老树对照,其峰值均出现在 15h。施 N 肥后蒸腾在一天中最大为  $5.6\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ , 施 P 肥为  $4.7\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ 。神木、固原两个试验点测定小叶杨叶子 Tr 日变化规律虽有明显差异,但在两地施肥后变化趋势相同:均增加了 Tr,且 N 比 P 增加幅度大。

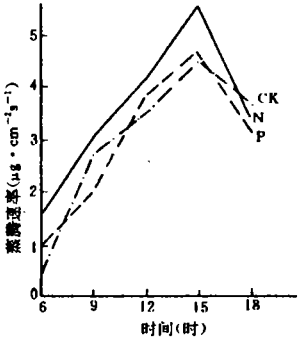
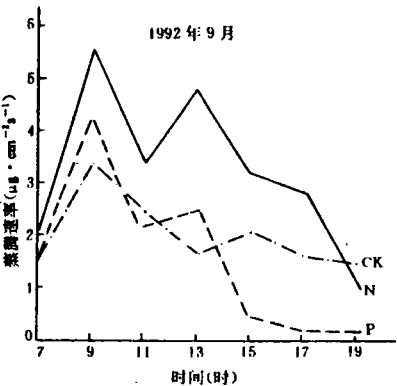
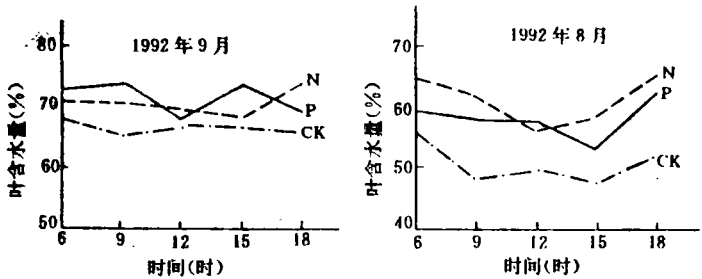


图 3a 神木小叶杨施肥后蒸腾速率变化

图 3b 固原小叶杨施肥后蒸腾速率日变化

3.4 施肥后叶片光合能力及净同化率变化

表 1 小叶杨叶片光合速率与净同化率

	神 木 点			固 原 点		
	小老树	施 N	施 P	小老树	施 N	施 P
光合速率 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \times 10^{-4}$	0.708	1.06	0.812	0.811	1.14	0.932
净同化累积量 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1} \times 10^{-4}$	0.814	5.04	2.79	1.82	5.47	2.96

由表 1 看出,施肥能够有效地提高小老树净光合速率与净同化物累积量,小叶杨小老树光合速率神木点为  $0.708\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{H}^{-1} \times 10^{-4}$ ,固原为  $0.811 \times 10^{-4}\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{H}^{-1}$ ,净同化物累积量平均每天为:神木点  $0.814 \times 10^{-4}\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,固原点  $1.82 \times 10^{-4}\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在施用 N 肥后,两个试验点的光合速率分别提高到  $1.06 \times 10^{-4}\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  和  $1.14 \times 10^{-4}\text{mg}$ ,而净同化累积量更高达到原来 5—6 倍;施 P 后光合速率也有所增加,而净光合累积量增加为 2—3 倍,这说明施肥之所以能够改变小老树生长,是由于矿质营养供应增加提高了光合累积量的缘故。

4 分析与讨论

在水分亏缺条件下研究 N、P 对植物的影响文献报道结果不一致。山仑(1994)报道 N、P 对植物不同器官不同生理功能影响效果不同,但无机营养能提高多水分利用率和维持正常生理功能的作用是肯定的<sup>[6]</sup>。本试验以神木,固原点生长的小叶杨早衰林分为试验材料,进行施肥处理,测定叶水势施肥后是升高的,含水量也增加,这是由于无机营养能增强植物渗透调节能力,提高了原生质抗脱水能力,在水分不足时叶子中束缚水含量增加明显,这与叶片内有机物与无机物溶质浓度有关,Morgom<sup>[4,8]</sup>等以小麦为材料,均发现施肥能增加蒸腾速率。本研究说明在小老树林地施肥后,Tr 明显增加,N 肥效果比磷肥明显。

林木光合面积的减少和光合速率的降低,是水分胁迫下生长量降低的重要原因,本试验研究表明施用 N、P 肥后增加了叶子扩展速率,增加了单叶叶面积,降低了叶厚度,延迟了叶子衰老,提高了光合速率,从而提高了总光合能力的净同化物累积量。

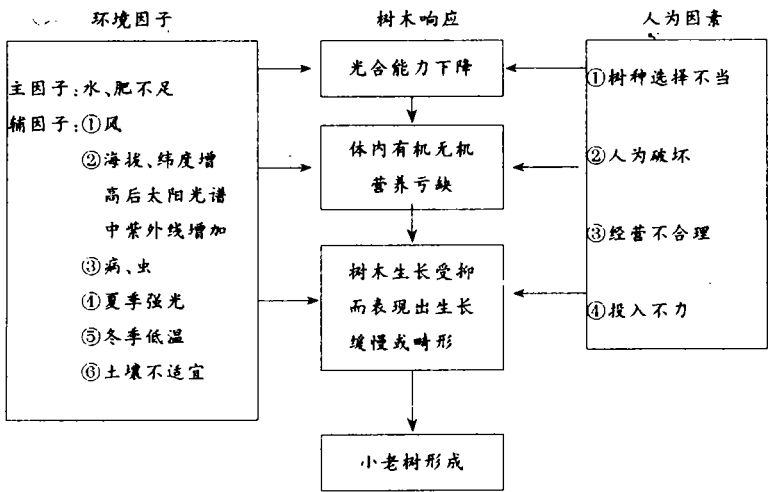


图 4 小老树形成因子分析

以上研究表明,在水资源不足地区所形成的小叶杨小老树林木,通过施肥能够改善水分代谢和光合能力,而施用 N 肥效果比 P 肥效果明显,这可能是由于 N 严重不足限制了 P 效的发挥, N、P 配合施用与单施 N 肥效果接近,因而在水土流失严重地区小老树改良应以施 N 肥为主。施肥能够使小老树林木在生理代谢上有所改善,从而提高光合净累积量,增加了年生长量,从而使小老树在一定程度上得到改良。本试验说明施肥不仅能够有限的改良小老树生长而同时也验证了肥力不足也是形成小老树的重要因素之一。

据我们的研究<sup>[1,2,3]</sup>认为小老树的形成是一个综合性原因(见图 4),但水肥则是小老树形成的主导因子,也就是林木生长的限制因子,而表中所列的辅助因子而具有同等重要性和不可代替性,因而必须注意。

在小老树分布区,大多是水资源亏乏且降水利用率不高的地区,除了防止水土流失促进降水入渗,还可以通过施肥,改善无机营养,提高光合/蒸腾比率,扩大叶面积,增加蒸腾从而提高蒸腾/蒸发比率,使水分利用效率提高从而改善林木生长。

#### 参考文献

- 1 侯庆春,黄旭,韩仕峰等.黄土高原地区小老树成因及其改造途径的研究. I、小老树的分布及其生长特点. 水土保持学报,1991 年(5):1
- 2 侯庆春,黄旭,韩仕峰等. II、土壤水分和养分状况及其与小老树生长的关系,水土保持学报 1991(5):2
- 3 侯庆春,黄旭,韩仕峰等. III、小老树成因及其改造途径. 水土保持学报 1991(5):4
- 4 Morgan, J. M. the Effect of N nutrition on the water relation and gas exchange characteristics of wheat. Plant physiol. 1986
- 5 西北农业大学植物生理教研室编. 植物生理实验指导,陕西科技出版社,1987
- 6 山仑. 植物水分利用效率和半干旱地区农业用水,植物生理学通讯,1994(30),61—66
- 7 Morgan, J. M. Interaction of water and nitrogen in water, Plant physiol. 1984, 76:110—117