

文章编号: 1001-1498(2002)06-0666-06

施肥对尾叶桉萌芽林生长的影响

江松远¹, 杨曾奖², 徐大平², 温记贤¹

(1. 广东省广州市花都区林业局, 广东 广州 510800; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 尾叶桉萌芽林的施肥研究较少, 国内的桉树施肥研究主要集中在第 1 代苗木造林。本试验研究表明, 施肥对尾叶桉萌芽林当年高生长有极其显著的促进作用, 并随施肥量的增加而提高, 但随着时间的推移, 这种高生长与施肥量成正相关的关系不断减弱。对胸径生长的调查结果有与同高生长相一致的规律, 随着时间的推移处理间的差异不断变小。对比树高生长, 处理间胸径的差异更加显著, 直至施肥后 3 a, 在 $P=0.1$ 水准上仍然差异显著。施肥促进高、径生长的同时, 提高了材积和出顶率, 从而明显提高了利润。但对比尾叶桉实生林更加显著的施肥效果, 建议把有限的肥料用于实生林施肥, 将更大程度地提高其产量和经济效益。

关键词: 尾叶桉; 萌芽林; 施肥; 生长效应

中图分类号: S792.39

文献标识码: A

我国桉树 (*Eucalyptus* spp.) 施肥试验始于 20 世纪 80 年代初、中期^[1]。时至今日, 对桉树施肥的研究已有许多报道^[2-14], 主要工作包括苗期施肥试验、造林(基肥)试验、施肥量和施肥方式研究以及营养诊断。研究结果都表明, 桉树对施肥具有极其明显的施肥效果, 但几乎所有研究对象都为桉树第 1 代实生林, 而对萌芽林施肥的研究国内尚未见系统报道。Leite 等^[15]在巴西的研究表明施肥能大大促进二代桉树萌芽林的生长和产量。徐大平等^[16]的研究表明尾叶桉二代萌芽林施肥能促进树木生长, 提高桉树初展叶的营养含量。但二代萌芽林施肥的增产作用远远小于二代重新种植林分, 随着施肥量的增加二代萌芽林和实生苗营造林分之间的产量差距减小。该研究建议在没有充足的施肥条件和更好的遗传种植材料的情况下, 尾叶桉二代林应该为萌芽林。

尾叶桉 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) 是我国华南地区桉树人工林的主要树种, 除具有速生丰产的特性外, 具有极旺盛的萌芽力, 一次造林多代萌芽收获, 已是目前以生产纸浆材、顶木用材为主要目的的尾叶桉的重要经营手段^[17,18]。尾叶桉实生林对施肥有着极其显著的施肥效果和理想的经济效益, 萌芽林施肥能否取得同样理想的经济效益和施肥效果? 为解决以上问题开展本试验研究, 其目的是通过试验, 为尾叶桉萌芽林的科学管理提供可靠的依据。

1 试验地概况

试验地设在广东省花都市狮岭镇冯村马坳山低丘缓坡上, 地处 23°15' N, 113°20' E。属南亚热带季风气候区, 年均温 21.78℃, 年均降水量 1 676 mm。雨季主要集中在 4—9 月, 11—2

收稿日期: 2001-12-07

基金项目: 国家自然科学基金“杉木、桉树人工林长期生产力保持机制研究”(3963024)和广州市林业局科研项目“尾叶桉人工林更新及施肥的研究”的内容之一

作者简介: 江松远(1965-), 男, 广东蕉岭人, 工程师。

月为旱季。林下植被主要有铁芒箕 (*Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw.)、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.)、铁冬青 (*Ilex rotunda* Thunb.) 等。土壤为起源于花岗岩母岩的中腐殖质层原土层赤红壤,由于水热条件优越,淋溶作用强烈而呈强酸性,速效 P 及其它养分含量低。试验地土壤剖面特性调查结果见表 1。

表 1 试验地土壤剖面特性

| 土层厚度 /cm | 有机质 | 全 N (g·kg ⁻¹) | 全 P | 全 K | 水解 N (mg·kg ⁻¹) | 速效 P (mg·kg ⁻¹) | 速效 K | pH (H ₂ O) | 容重/ (g·cm ⁻³) | 土壤 质地 |
|-------------|-------|------------------------------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------|------------------------------|----------|
| 0 12 | 18.79 | 0.906 | 0.164 | 2.613 | 66.578 | 1.338 | 19.990 | 3.79 | 1.259 | 中壤 |
| 12 36 | 12.14 | 0.749 | 0.175 | 2.291 | 34.856 | 0.410 | 16.205 | 3.98 | 1.341 | 重壤 |
| 36 95 | 8.46 | 0.576 | 0.191 | 2.134 | 42.847 | 0.460 | 11.442 | 4.25 | 1.403 | 重壤 |

注:土壤理化性质分析方法见参考文献[10],速效 P 的测定采用双酸比色测定法。

2 材料和方法

2.1 试验材料

供试的尾叶桉林分于 1990 年 4 月实生种子苗种植,株行距为 3 m × 2 m,1995 年 12 月 5.5 年生时砍伐,伐时保存率 91.3%,平均胸径 8.54 cm,高 11.15 m。选择相对平缓生长较为均匀的有代表性地段铺设本试验。试验用肥料:华康复合肥,含 10%N,3%P₂O₅,6%K₂O;P 肥,含 P₂O₅12% 14%。4 份华康复合肥和 1 份 P 肥混合,提高 P 的含量,以满足尾叶桉对养分的平衡需求^[4]。

2.2 试验设计

试验包括 6 个处理:CK(不施肥)、100、200、300、400、500 g 桩⁻¹。萌芽林每个伐桩保留 2 株萌条。每小区有效观测株数为 30 株,小区间留 2 行保护行。试验采用 4 次重复,随机排列。

2.3 试验调查

试验于砍伐后半年进行,试验开展前,进行定株并对萌条高度进行调查,而后 3、6、12、27、36 个月分别调查胸径、高生长及生长势。

2.4 数据分析

将所有调查数据录入计算机并建立 Excel 数据库,单株材积用 $V = 0.4 HD^2$ 计算^[4,5]。用 L. S. D 测验法进行试验处理间的显著性检验。

3 结果与分析

3.1 施肥对萌芽林树高生长的影响

从表 2 高生长调查结果可见,施肥试验开始之初,各处理之间的差异并不显著,试验是在同一基础上进行的。施肥后 3 个月的调查结果,各处理之间的树高差异达到极显著水准 ($F = 15.06^{**} > F_{0.01} = 4.25$)。表中多重比较结果,进一步说明施肥极显著地促进了萌芽林的高生长,并随施肥量的增加而增加。不同施肥量之间,每增加 200 g 桩⁻¹,可促进高生长达到显著或极显著的增长。随着时间的推移,林龄的增长,处理间的差异不断缩小。27 个月生以后,处理间的差异已不太明显, $F = 1.66 < F_{0.05} = 2.27$ 。3 年生时不同施肥处理 100、200、300、400、500 g 桩⁻¹和不施肥,树高生长分别为 9.61、9.77、9.87、10.15、10.16、9.49 m,施肥处理分别是不施

肥对照的 101.3%、103.0%、104.0%、107.0% 和 107.1%，经方差分析，处理间差异不显著。

表 2 结果表明，施肥对尾叶桉萌芽林的高生长，只在当年有肥效，可以明显促进高的生长，而后肥效不断消失，直至差异不明显。对比相同区域的尾叶桉实生林施肥结果^[3]，肥效明显较差，而实生林施肥肥效可延长至 5 a 以后，并仍然有极其显著的施肥效果。

表 2 不同施肥处理对高生长影响调查结果

m

| 处理 | 调查时间(年-月-日) | | | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | 1996-06-05 | 1996-09-05 | 1996-12-05 | 1997-06-19 | 1998-09-02 | 1999-06-03 |
| CK | 1.19 | 2.77 a | 3.79 a | 4.55 a | 7.98 | 9.49 |
| 100 g 桩 ⁻¹ | 1.24 | 3.14 b | 4.23 b | 4.97 ab | 8.23 | 9.61 |
| 200 g 桩 ⁻¹ | 1.20 | 3.23 bc | 4.39 bc | 5.45 b | 8.24 | 9.77 |
| 300 g 桩 ⁻¹ | 1.30 | 3.36 bc | 4.46 bc | 5.26 b | 8.36 | 9.87 |
| 400 g 桩 ⁻¹ | 1.17 | 3.45 cd | 4.8 c | 5.57 b | 8.42 | 10.15 |
| 500 g 桩 ⁻¹ | 1.28 | 3.68 d | 4.84 c | 5.6 b | 8.76 | 10.16 |
| F 值 | 0.37 | 15.06 ** | 7.21 ** | 5.56 ** | 1.66 | 1.63 |
| 5%L. S. D; 1%L. S. D. | — | 0.237; 0.366 | 0.429; 0.589 | 0.494; 0.677 | — | — |

3.2 施肥对萌芽林胸径生长的影响

对不同处理胸径生长的调查结果(表 3)表明，施肥对尾叶桉萌芽林胸径生长的影响与对树高生长的影响相一致，施肥当年处理间有显著或极显著的差异，3 个月时，处理间差异极显著 ($F = 24.78^{**} > F_{0.01} = 4.25$)，9 个月时， $F = 13.21^{**}$ ，12 个月时， $F = 10.14^{**}$ 。对比树高生长，处理间胸径差异更加明显，但随着时间的延长，同样差异不断减小，3 年生时不同施肥处理 100、200、300、400、500 g 桩⁻¹和不施肥，胸径生长分别为 6.34、6.86、6.84、7.28、7.44、6.25 cm，施肥处理分别是不施肥对照的 101.4%、109.8%、109.4%、116.5%、119.0%，经方差分析， $F = 2.19 = F_{0.10} = 2.19 < F_{0.05} = 2.77$ ，结果处理间差异显著性，在 $P = 0.10$ 水平上不显著。

表 3 不同施肥处理对胸径生长影响调查结果

cm

| 处理 | 调查时间(年-月-日) | | | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | 1996-06-05 | 1996-09-05 | 1996-12-05 | 1997-06-19 | 1998-09-02 | 1999-06-03 |
| CK | 8.16 | 1.47 a | 2.51 a | 2.83 a | 5.32 | 6.25 |
| 100 g 桩 ⁻¹ | 8.28 | 1.83 b | 2.87 b | 3.24 b | 5.43 | 6.34 |
| 200 g 桩 ⁻¹ | 8.29 | 1.91 bc | 3.09 bc | 3.5 b | 5.56 | 6.86 |
| 300 g 桩 ⁻¹ | 8.93 | 2.13 cd | 3.19 c | 3.55 bc | 5.54 | 6.84 |
| 400 g 桩 ⁻¹ | 8.35 | 2.26 d | 3.53 de | 3.84 cd | 5.49 | 7.28 |
| 500 g 桩 ⁻¹ | 8.90 | 2.53 e | 3.73 e | 4.09 d | 5.97 | 7.44 |
| F 值 | 1.15 | 24.78 ** | 13.21 ** | 10.14 ** | 1.99 | 2.19 |
| 5%L. S. D; 1%L. S. D. | — | 0.223; 0.302 | 0.364; 0.494 | 0.410; 0.568 | — | — |

多重比较结果可知，施肥后 3 个月，施肥与不施肥之间存在极显著差异，径的大小与施肥量成显著正相关，施肥量之间每增加 200 g 桩⁻¹，可促进胸径增长达到极显著的水准。但随着时间的延长，各处理间的相对差异不断缩小，首先从施肥量之间，而后到施肥与不施肥之间，直至各处理之间的差异在 $P = 0.05$ 水准上不显著。施肥对萌芽林的影响随时间的推移而减小。

3.3 施肥对萌芽林材积生长的影响

图 1 是施肥后 3 年生单株材积直观图，图 2 为不同处理蓄积量。从图中明显看出，单株材

积和蓄积量无疑以施肥量最多的为最大,与施肥量成正相关,单株材积经方差分析,结果 $F_{0.10} = 2.19 < F = 2.30 < F_{0.05} = 2.77$,处理间差异在 $P = 0.10$ 的水平上显著。此时,不同施肥处理 100、200、300、400、500 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ 和不施肥的单株材积分别为 15.66×10^{-3} 、 18.56×10^{-3} 、 18.89×10^{-3} 、 21.74×10^{-3} 、 22.60×10^{-3} 、 $15.05 \times 10^{-3} \text{ m}^3$,根据各处理保存率计算得林分的蓄积量分别为 43.79、48.63、51.73、54.31、60.78、37.71 $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,施肥分别是不施肥对照的 104.1%、123.3%、124.9%、144.5%和150.2%,处理间的差异达到了显著的水平 ($F_{0.05} = 2.77 < F = 3.49 < F_{0.01} = 4.25$)。

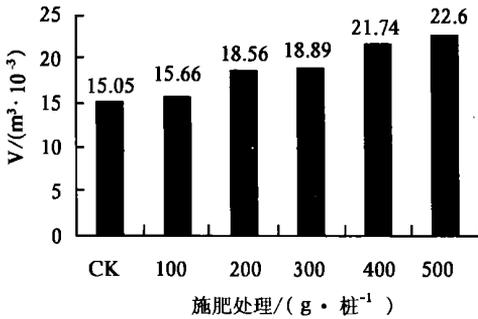


图1 施肥对萌芽林单株材积的影响

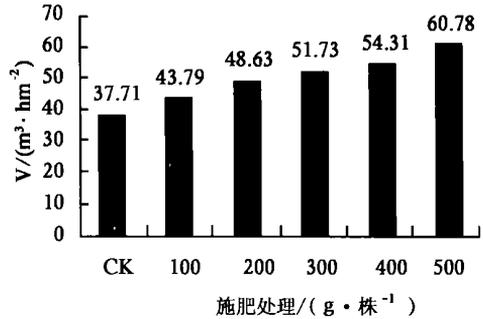


图2 施肥对萌芽林蓄积量的影响

3.4 施肥效益分析

施肥能促进萌芽林高、径生长,提高林分的材积和以经营顶木为主要目的的林分的出顶率。对花都市顶木生产的实地测得数据表明,要生产尾径大于 4.0 cm,长 4 m 的顶木,其胸径起码应该大于 5.5 cm,以此对 3.5 年生萌芽林不同施肥处理调查数据进行统计,结果于表 4,若以每条 3 元计算顶木价值,则施肥比不施肥的可提高顶木价值 625 元 $\cdot \text{hm}^{-2}$,切片价值提高 2 828 元 $\cdot \text{hm}^{-2}$,最终利润提高 1 899 元 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。施肥 100、200、300、400、500 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ 和不施肥,每公顷利润分别为 6 769、8 010、8 111、9 379、9 748、6 504 元,每公顷分别提高利润 265、1 506、1 607、2 875、3 244 元。说明尾叶桉萌芽林施肥仍然有较为明显的经济效益。

表 4 施肥对出顶率 and 经济效益的影响

| 项目 | 100 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ | 200 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ | 300 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ | 400 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ | 500 $\text{g} \cdot \text{桩}^{-1}$ | CK |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|
| 出顶率/ % | 76.4 | 81.7 | 82.1 | 90.0 | 88.5 | 75.9 |
| 保留萌芽数/ (条 $\cdot \text{hm}^{-2}$) | 2 036 | 2 178 | 2 188 | 2 400 | 2 360 | 2 024 |
| 顶木价值/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$) | 6 108 | 6 534 | 6 564 | 7 200 | 7 080 | 6 072 |
| 切片价值/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$) | 6 199 | 8 029 | 8 183 | 9 853 | 10 644 | 5 754 |
| 利润/ (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$) | 6 769 | 8 010 | 8 111 | 9 379 | 9 748 | 6 504 |

注: 出顶率 = 合格顶木数量 / 砍伐的萌芽条数 $\times 100\%$ 。

切片价值 = (蓄积量 - 顶木材积) $\times 70\% / 1.7 \times 850$,按 70% 的出材率计算出材量,再除以系数 1.7 换算成木片的绝干吨,以每绝干吨木片 850 元计算销售收入。

利润 = 总价值减去 45% 的木材生长、加工和运输等成本得利润^[5],为雷州林业局粗略的计算方法。

4 结论与讨论

(1) 施肥对尾叶桉萌芽林当年高生长有极其显著的促进作用,并随施肥量的增加而提高,

但随着时间的推移,则高生长与施肥量成正相关的关系不断减弱。对胸径生长的调查结果有与高生长相一致的规律,随时间的推移处理间的差异不断变小。对比树高生长,处理间胸径的差异更加显著,直至施肥后3 a,在 $P=0.1$ 水准上仍然差异显著。对比实生林施肥^[3],5年生平均高、径生长,施肥是不施肥的2.9~3.4倍和3.1~4.0倍,明显较差。造成萌芽林施肥效果比二代实生林差的主要原因已有讨论^[18],一是因为第1代桉树根系中含有一定的养分,参与了二代萌芽林的树木体内部循环,二是萌芽林从一开始就有较发达的根系,可以从土壤中广泛地吸收养分。树木后期施肥效果的减弱主要为桉树在树冠郁闭前大量吸收养分,后期对养分需求减弱,主要依靠养分在树木体内的循环进行稀释。

(2)施肥影响高、径生长的同时,影响了材积和出顶率,从而明显提高了利润。施肥后3 a,不同施肥处理100、200、300、400、500 g 桩⁻¹和不施肥蓄积量分别为43.79、48.63、51.73、54.31、60.78、37.71 m³·hm⁻²,施肥分别是不施肥对照的104.1%、123.3%、124.9%、144.5%和150.2%,每公顷平均提高利润1899元。但对比尾叶桉实生林更加显著的施肥长效^[2,3],3 a和5 a的材积,施肥是不施肥的11.2倍和9.8倍,及其前期速生的特性和一代林对萌芽林的直接影响^[18],建议把有限的肥料用于实生林施肥,在保证实生林施肥的情况下,才开展萌芽林施肥,将可更大程度地提高其产量和经济效益,使有限的资源获取最大的收益。

(3)从不同施肥量对生长的影响结果看,尾叶桉萌芽林,每桩施N 40 g、P₂O₅ 24 g、K₂O 24 g仍然不能满足其对养分的大量需求。尾叶桉实生林的最佳施肥量为N 50 g、P₂O₅ 30 g、K₂O 30 g^[1],保留2株 桩⁻¹的萌芽林,对养分必然有了更高的要求。试验随时间推移,处理间各项生长指标差异明显减小,说明萌芽林仅仅进行一次施肥同样是不够的。

(4)尾叶桉萌芽林施肥有与实生林施肥基本相同的规律,前期影响极为显著,随时间的推移而变小,实生林一次性施肥高生长可以延长到4.7 a以后,径和材积生长可以延至6.8和9.0 a^[5],萌芽林仅为2.7 a,肥效明显缩短。

参考文献:

- [1] 周文龙, 杨曾奖. 桉树施肥及营养诊断中的几个问题[J]. 广东林业科技, 1994, 4:5~10
- [2] 周文龙. 尾叶桉幼林施肥效应的研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(2):159~163
- [3] 杨曾奖, 郑海水, 翁启杰. 整地施肥对尾叶桉生长效应的研究[J]. 广东林业科技, 1996, 12(2):10~13
- [4] 林书蓉, 李淑仪, 廖观荣, 等. 短轮伐期桉树人工林科学施肥的研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(3):275~282
- [5] Simpson J A, Mo Q. Long term fertilizer responses in eucalypts at Dongmen[A]. In: Proceedings of China-Australia Afforestation Project at Dongmen, 4th Technical Exchange Seminar[C]. Nanning, China, 1989. 16~28
- [6] 陈少雄, 王观明, 项东云. 尾叶桉施肥效果研究[J]. 林业科学研究, 1996, 19(6):573~578
- [7] 孙谷畴, 林桂芳, 林桂珠, 等. 施肥对桉树速生作用的研究[A]. 国际桉树学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 243~246
- [8] 关则崧, 陈建新, 王明怀, 等. 刚果12号桉优化栽培效果分析[J]. 广东林业科技, 1996, 12(4):28~31
- [9] 李淑仪, 林书蓉, 廖观荣, 等. 雷林1号桉叶片营养诊断研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(1):13~18
- [10] 李尚弟, 吴泽鹏, 叶淡元, 等. 尾叶桉湿地松1~6年生施肥效应研究[J]. 广东林业科技, 1999, 15(1):34~37
- [11] 林书蓉, 李淑仪, 廖观荣, 等. 桉树氮、磷钾施肥研究初报[A]. 见: 张万儒, 刘寿波. 森林与土壤[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 287~292
- [12] 周文龙, 梁坤南. 尾叶桉前三年施肥效应研究[J]. 林业科学研究. 1996, 9(增刊):146~150
- [13] 吴泽鹏, 叶淡元, 李尚弟, 等. 尾叶桉二年施肥效应研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(增刊):158~161

- [14] 何蓉, 蒋云东, 曾芳群, 等. 施肥对蓝桉幼林生长的影响[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 474-478
- [15] Leite H G, Coato L, Teixeira J L. Yield of eucalypt stands managed by coppicing, as influenced by fertilization and slash disposal at the Jequitinhonha valley, Minas Gerais, Brazil[J]. R Arv, 1998, 22(3): 307-314
- [16] XU D P, ANG Z J, Dell B, et al. Effect of site management on tree growth and soil nutrient availability of second rotation plantation of *Eucalyptus urophylla* in Guangdong[A]. In: Nambiar E K S, Cossalter C Tiarks A, et al. Site Management and Productivity of Tropical Tree Plantation[M]. CIFOR, Indonesia, 2000. 16-21
- [17] 张富明, 袁进桂, 汤树扬, 等. 短轮伐期尾叶桉萌芽更新和前期生长的研究[J]. 桉树科技, 1997, (2): 7-12
- [18] 杨曾奖, 徐大平, 江松远. 桩径对尾叶桉萌芽更新的影响[J]. 广东林业科技, 2001, 17(4): 6-9

Effect of Fertilization on Productivity of Second Rotation Coppice of *Eucalyptus urophylla* in South China

JIANG Song-yuan¹, YANG Zeng-jiang², XU Da-ping², WEN Ji-xian¹

(1. Huadu Forestry Bureau, Guangzhou City of Guangdong Province, Guangzhou 510800, Guangdong, China;

2. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: Most of fertilization trials of eucalypt plantations are for first rotation seedling plantations. There are very few reports on effect of fertilization on second rotation coppice. The study in Huadu of Guangdong Province shows that fertilization significantly increased tree height and diameter growth. But the increment decreased with time. At year 3, the effect of fertilization was significant at $p = 0.10$. However, the best fertilization treatment increased productivity of second rotation coppice by more than 50% over the treatment without any fertilizers and fertilization increased economic benefit of second rotation coppice. Comparing with first rotation seedling plantation, effect of fertilization on second rotation coppice is lower. It is suggested that more fertilizers should be used for eucalypts seedling plantation to get a high economic benefit if investment for fertilization is limited

Key words: *Eucalyptus urophylla*; coppice; productivity; growth effect

欢 迎 订 阅 2003 年度《中国水土保持》月刊

《中国水土保持》是水利部主办的全国性水土保持业务与技术综合性刊物。内容坚持“面向生产实际,面向基层,面向全国,服务于经济建设”的办刊方针,紧密围绕全国水土保持中心工作,开设 20 多个栏目,以融政策性、技术性、新闻性和实用性为一体的独特风格,雅俗共赏的内容和精美的印刷质量,深受国内及世界 25 个国家和地区读者的欢迎。读者对象为从事水土保持生态环境建设管理与科研的干部、基层工作者,有关农、林、水、牧、地理、生态学科的工作者与科研、教学人员,以及关心我国水土保持生态环境建设事业的各界人士。

本刊每月 5 日在郑州出版,每册定价 5.00 元,全年定价 60.00 元。邮发代号 36-239。通过杂志社随时可订阅,订阅款可信汇也可邮汇。信汇开户行:河南省郑州市行政二街支行,开户:黄河水利委员会新闻宣传出版中心,账号:6020149028852。邮汇地址:郑州市金水路 11 号《中国水土保持》杂志社,邮编:450003。联系电话:0371-6022619、6020720、6022338。Email:swcc@371.net