

文章编号: 1000-5692(2007)04-0445-05

# 施肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响

姜培坤, 徐秋芳, 邬奇峰, 吴家森

(浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为了探讨施用不同肥料对板栗 *Castanea mollissima* 林土壤性质的影响, 在浙江省临安市布置了肥料试验。研究表明: 无论施用有机肥还是施用化肥处理, 与不施肥比较, 土壤碱解氮、有效磷及速效钾的质量分数都有显著提高, 并随着化肥施肥量的增加, 土壤有效养分明显上升。处理1(复合肥 2 250 kg·hm<sup>-2</sup>)土壤碱解氮、有效磷和速效钾质量分数分别是不施肥处理(处理5)的 1.18, 1.58 和 2.71 倍; 处理2(2倍处理1)则分别是对照的 2.48, 2.88 和 2.98 倍, 而全有机肥处理4(菜籽饼 5 400 kg·hm<sup>-2</sup>)则分别是对照的 1.84, 2.10 和 1.58 倍。施用有机肥土壤磷酸酶和蔗糖酶活性明显高于( $P < 0.05$ )施化肥土壤。有机肥也明显增加了土壤水溶性有机碳和微生物量碳的质量分数, 处理3(1/2处理1加1/2处理4)水溶性有机碳和微生物量碳的质量分数是对照的 1.15 和 1.15 倍, 处理4则是对照的 1.57 和 1.43 倍。试验表明, 施肥能明显提高土壤有效养分, 而有机肥较无机肥更有利于土壤生物学性质的改善。表 4 参 26

**关键词:** 土壤学; 板栗; 化肥; 有机肥; 土壤养分; 土壤活性碳; 土壤酶

**中图分类号:** S714; S664.2      **文献标志码:** A

板栗 *Castanea mollissima* 是中国重要的经济林种, 仅浙江省板栗林面积就达 7.80 万 hm<sup>2</sup>, 占全省经济林面积的 9.0%<sup>[1]</sup>。由于板栗适宜在砂质或砂壤质土壤上生长, 对土壤肥力要求又不高, 因而目前许多由砂岩、粉砂岩和凝灰岩发育的坡地甚至是陡坡地土壤上栽培了大面积板栗林。砂质土壤疏松, 在缺乏有机质时, 土壤更显得分散, 加上目前板栗林集约栽培中常去除林下灌木和杂草, 翻耕土壤, 施用化肥, 因而造成了板栗林水土流失严重, 土壤肥力下降<sup>[2]</sup>。研究表明, 由于板栗林连年施用化肥, 特别是连年清理林下杂草和枯落物, 造成了土壤微生物量碳和氮严重下降, 土壤生物学性质总体减退<sup>[3]</sup>。这一切表明, 目前板栗林土壤已出现了严重退化。合理施肥不仅是林产品高产优质的保证, 也是林地土壤质量可持续保持的重要前提。有关板栗林施肥对提高产量, 促进板栗生长的研究已有较多的报道<sup>[4-7]</sup>。但施肥对板栗林土壤性质特别是对土壤生物学性质影响的研究较为缺乏。土壤酶具有专一性、敏感性和高效性的特点, 参与了几乎所有的土壤生物化学反应, 是土壤生物学活性的重要体现。土壤酶通过参与土壤的生物化学反应, 改变土壤养分, 从而影响土壤肥力<sup>[8]</sup>。施肥对土壤酶活性产生重要影响, 有机肥能较好地提高土壤酶活性。土壤活性碳是指土壤中移动快, 稳定性差, 易氧化和矿化, 并具有较高生物活性的那部分有机碳, 常用水溶性碳和微生物碳等表征<sup>[9]</sup>。土壤活性

收稿日期: 2006-10-25; 修回日期: 2007-04-27

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y304206)

作者简介: 姜培坤, 教授, 从事森林土壤与环境研究。E-mail: jiangpeikun@zjfc.edu.cn

碳可以作为土壤有机质变化的早期预测指示,对土壤性质变化有较高的灵敏性。研究表明,施肥会对土壤活性有机碳产生明显影响,有机无机配施及单施有机肥都能显著提高土壤活性碳质量分数<sup>[10]</sup>。笔者进行不同肥料种类、不同施肥试验研究,目的是要进一步明确不同施肥对板栗林土壤性质的影响,从而为板栗林土壤肥力保持提供科学依据。

## 1 试验方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在浙江省临安市三口镇葱坑村。该区属亚热带季风气候,地理坐标为 $30^{\circ}14'N$ , $119^{\circ}42'E$ ,年平均气温 $15.9^{\circ}C$ ,年降水量 $1424\text{ mm}$ ,无霜期 $236\text{ d}$ 。试验地土壤为发育于砂页岩的红壤土类黄红壤亚类,所选择的试验地板栗有 $10\text{ a}$ 历史,板栗林密度为 $1666\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (株行距 $2\text{ m}\times 3\text{ m}$ ),林木平均胸径 $12.5\text{ cm}$ 。2005年春选择好试验地,并进行小区规划。

### 1.2 试验设计与采样分析

2005年3月,在试验地板栗林中选择坡度基本一致( $18\sim 22^{\circ}$ ),坡向一致的栗林作为试验用林。试验设5个处理(表1),每个处理从坡下向坡上延伸,面积控制为 $300\text{ m}^2$ ,3次重复,随机区组设计。2005年4月20日第1次施肥,肥料用量及类型见表1。2005年8月19日第2次施肥,肥料用量及种类与4月20日一致。每次施肥时进行翻耕,深度 $20\text{ cm}$ 。

2005年11月15日,多点采集每处理小区内土壤样品,采样深度 $0\sim 20\text{ cm}$ 。土壤鲜样带回室内过 $2\text{ mm}$ 筛后分成2份,一份鲜样用作土壤微生物量碳和水溶性有机碳分析;另一份风干,去杂,一部分再过 $0.2\text{ mm}$ 筛后供土壤养分和土壤酶活性

表1 板栗林施肥设计方案

Table 1 Treatments of fertilizer trial

处理号	处理内容
1	施复合肥 ( $15:15:15$ ) $2250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 分2次施入
2	施复合肥 ( $15:15:15$ ) $5500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 分2次施入
3	施复合肥 ( $15:15:15$ ) $1125\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 菜籽饼 $2700\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 分2次施入
4	施菜籽饼 $5400\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 分2次施入
5	对照 (不施肥)

说明: 复合肥为 $N:P_2O_5:K_2O$ 为 $15:15:15$ 。

分析。分析项目方法如下:土壤碱解氮,碱解扩散法;土壤有效磷,双酸法;土壤速效钾, $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸铵浸提,火焰光度法;全氮,凯氏法;全磷,酸溶后钼锑抗比色法<sup>[11]</sup>;土壤水溶性有机碳,采用 $25^{\circ}C$ 蒸馏水浸提,水土比为 $2:1$ ,具体过程是, $25^{\circ}C$ 恒温震荡 $30\text{ min}$ ( $250\text{ 次}\cdot\text{min}^{-1}$ )后,离心 $10\text{ min}$ ( $1\text{ 万}\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ),再用 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 滤膜抽滤,其滤液直接在岛津TOC-V<sub>cpH</sub>有机碳分析仪上测定;微生物量碳,氯仿熏蒸浸提法<sup>[12]</sup>;磷酸酶、蔗糖酶及过氧化氢酶的测定采用关松荫的方法<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 施肥对板栗林土壤养分质量分数的影响

从表2可以看出,不同施肥处理土壤碱解氮、有效磷和速效钾质量分数均显著高于对照处理,说明在试验条件下,施肥均能显著提高土壤有效养分的质量分数。比较不同施肥处理发现,土壤碱解氮、有效磷和速效钾质量分数均是处理2最高,显著高于其他处理,说明随着化肥施肥量的增加,板栗林土壤有效养分质量分数明显上升。这种施肥后可以明显提高土壤养分的研究结果与前人的研究相似<sup>[7]</sup>。这里也启示我们,试验中处理2的施肥数量较高,已有较多养分在土壤中积累。比较处理3和处理4,有机肥和有机肥化肥配施2个处理间土壤碱解氮、有效磷和速效钾质量分数均没有显著性差异,这一方面是由于有机肥化肥配施处理中化肥用量不大,不能明显增加土壤氮、磷、钾质量分数;另一方面,有机肥施入土壤需要有个较长时间的矿化过程,肥料中的养分逐渐转变成有效态,所以对当年土壤有效养分质量分数影响不大。

比较不同处理的土壤全氮质量分数发现(表2),有机肥和有机肥化肥配施2个处理显著高于其他处理,这说明有机肥的施用能显著提高土壤全氮的质量分数,这与许多学者的研究结果一致<sup>[14-16]</sup>。

有机肥的施用增加了土壤有机质, 而土壤全氮与土壤有机质之间常存在着显著相关性, 因此, 有机肥的施用增加了土壤全氮。化肥施用虽然可以增加植物产量, 从而使林内枯落物和根系分泌物增加, 有时可以增加土壤有机质<sup>[17]</sup>。但从笔者的研究结果来看, 当年化肥施用对板栗林土壤全氮质量分数无明显的影响。这也与国内许多学者的研究结果相同<sup>[18]</sup>。

值得一提的是, 不同施肥处理与不施肥对照处理之间及各施肥处理之间土壤全磷质量分数无显著差异(表 2), 这一方面是由于磷是板栗需要量很高的营养元素, 对提高板栗产量的直接作用最大<sup>[4]</sup>; 另一方面, 作者的试验中施入土壤的磷量仅占土壤全磷的很少比例, 所以造成了土壤全磷质量分数变化不大。

## 2.2 施肥对板栗林土壤生物学性质的影响

2.2.1 施肥对板栗林土壤酶活性影响 表 3 显示, 施用有机肥处理(处理 3 和处理 4), 板栗林土壤磷酸酶和蔗糖酶活性显著高于其他处理, 并且施用有机肥较多的处理 4 土壤磷酸酶活性又显著高于施用量相对较少的处理 3, 说明施用有机肥明显增加了土壤酶活性。土壤酶活性与土壤微生物数量之间具有显著的正相关, 有机肥的施用补充了微生物活的碳源, 使微生物活性加强, 繁衍速度加快, 从而显著地增加了土壤酶活性<sup>[19]</sup>。另外, 有机肥自身也带有一定量的微生物<sup>[20]</sup>。表 3 还显示, 化肥处理(处理 1, 处理 2)土壤酶活性与对照无显著差异, 甚至在数值上还低于对照。化肥的施用在某种程度上加快土壤有机质的矿化, 使土壤碳源减少, 对微生物生长不利<sup>[9]</sup>。

土壤中过氧化氢酶促过氧化氢的分解, 有利于防止它对生物体的毒害作用。研究表明, 施肥可促进作物根系代谢, 使根系分泌物增多, 微生物繁殖加快, 从而有利于提高土壤酶活性, 但影响最大的酶是转化酶, 其次是脲酶, 对过氧化氢酶的活性影响较小<sup>[21]</sup>。也有研究结果证明, 长期施肥不能增强土壤中过氧化氢酶活性, 过氧化氢酶与土壤养分之间无明显相关<sup>[22]</sup>。本试验不同处理之间过氧化氢酶活性无显著差异, 这一点与广大研究者的结果基本一致。

2.2.2 施肥对板栗林土壤活性碳影响 作为土壤微生物的底物, 水溶性有机碳每年需要补充<sup>[23]</sup>, 具有重要的环境意义<sup>[24]</sup>, 土壤水溶性有机碳的数量也是土壤生物化学性质的重要体现。作为土壤质量指标的土壤微生物量碳, 被国内外学者进行了大量的研究<sup>[25-26]</sup>。研究表明, 施用有机肥后土壤水溶性有机碳和微生物量碳质量分数明显增加; 而化肥施用对土壤水溶性有机碳和微生物量碳的影响较为复杂。有的研究认为, 化肥施用增加了植物生长, 也刺激了植物根系产生更多分泌物, 从而使土壤水溶性有机碳和微生物量碳质量分数增加; 但更多的研究认为, 化肥施用对土壤水溶性有机碳和微生物量碳没有明显的影响, 有时反而有减少的趋势<sup>[9]</sup>。

从表 4 可以看出, 有机肥处理都能显著提高土壤水溶性有机碳质量分数和微生物量碳质量分数, 并随着有机肥施用量的增加, 水溶性有机碳质量分数和微生物量碳质量分数均明显增加, 说明随着有机肥施肥量的增加, 土壤中溶解于水的有机化合物数量增加。这一方面是由于有机肥本身含有一定数量的溶解性有机化合物; 另一方面有机肥的施用刺激了微生物活动, 微生物量碳增加, 也增加了微生物

表 2 不同施肥处理板栗林土壤养分质量分数

Table 2 Soil nutrient content of five treatments

处理	碱解氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	有效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全磷/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
1	101.25 c	8.61 c	280.55 b	1.08 b	0.50 a
2	211.78 a	15.68 a	308.17 a	1.11 b	0.51 a
3	135.63 bc	10.33 b	217.66 c	1.28 a	0.48 a
4	157.48 b	11.45 b	163.74 c	1.39 a	0.49 a
5	85.43 d	5.45 d	103.45 d	1.04 b	0.41 a

说明: 同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

表 3 不同施肥板栗林土壤酶活性分析

Table 3 Soil enzymatic activity of five treatments

处理	磷酸酶	蔗糖酶	过氧化氢酶
1	1 758.25 c	0 451 b	4.01 a
2	1 595.55 c	0 401 b	4.04 a
3	2 187.80 b	0.756 a	4.15 a
4	3 406.75 a	0.873 a	4.13 a
5	1 797.35 c	0 503 b	3.95 a

说明: 同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。磷酸酶( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 蔗糖酶:  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ; 过氧化氢酶( $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 高锰酸钾):  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

源的溶解性有机化合物,产生更多水溶性有机碳,也使微生物量碳质量分数显著增加。单施化肥处理,土壤水溶性有机碳和微生物量碳与对照处理没有显著差异,并随着化肥施肥量的增加,反而有减少的趋势。这与其他人的研究结果相似<sup>[9]</sup>。

### 3 小结

在本试验条件下,施肥能显著提高板栗林土壤有效养分的质量分数,并随着化肥施肥量的增加,土壤有效养分明显上升。有机肥的施用增加了土壤全氮。

板栗林施用有机肥显著提高了土壤磷酸酶和蔗糖酶活性,并随着有机肥用量的增加,土壤磷酸酶和蔗糖酶活性明显上升。施用化肥处理,土壤磷酸酶和蔗糖酶活性与对照无显著差异,甚至在数值上还低于对照。在试验中,不同处理之间过氧化氢酶活性无显著差异。

有机肥处理都能显著提高土壤水溶性有机碳和微生物碳质量分数,并随着有机肥施用量的增加,水溶性有机碳质量分数和微生物量碳质量分数均明显增加。单施化肥处理,土壤水溶性有机碳和微生物量碳与对照处理没有显著差异,并随着化肥施肥量的增加,反而有减少的趋势。

### 参考文献:

- [1] 浙江省林业局. 浙江林业自然资源: 森林卷[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.
- [2] 徐秋芳, 俞益武, 姜培坤, 等. 商品林地土壤养分贫瘠化评价[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 99-102.
- [3] 俞益武, 徐秋芳. 天然林变为经济林后土壤微生物量碳氮的变化[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 110-113.
- [4] 吴黎明, 陈伟祥, 胡伯智, 等. 板栗生长与土壤养分相关的研究[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(5): 25-29.
- [5] 孙鲁平, 王数, 张凤荣. 燕山板栗品质与土壤特性的相关研究[J]. 土壤通报, 1998, 29(6): 267-269.
- [6] 陈伟祥, 胡伯智, 吴黎明, 等. 不同立地条件和施肥对板栗生长地影响[J]. 经济林研究, 2000, 18(3): 17-20.
- [7] 石爱平, 刘克锋, 王红利, 等. 施肥后土壤养分变化对板栗生长的影响[J]. 北京农学院学报, 2001, 16(4): 46-50.
- [8] 张玉兰, 陈利军, 张丽莉. 土壤质量的酶学指标研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 598-604.
- [9] 姜培坤, 徐秋芳. 施肥对雷竹林土壤活性有机碳的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 253-256.
- [10] 沈宏, 曹志洪. 长期施肥对不同农田生态系统土壤有效碳库及碳素有效率的影响[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(1): 1-5.
- [11] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [12] VANCE E D, BROOKES P C, JENKINSON D C. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19: 703-707.
- [13] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [14] 程东娟, 刘树庆, 王殿武, 等. 长期定位培肥对土壤酶活性及土壤养分动态变化影响[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(3): 33-36.
- [15] 姜培坤, 徐秋芳. 雷竹早产高效栽培过程中土壤养分含量的变化[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(3): 242-247.
- [16] 杨芳, 徐秋芳. 不同栽培历史雷竹林土壤养分与重金属含量的变化[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(2): 111-114.
- [17] 陈立新. 施肥对落叶松人工林根际土壤生化活性的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 133-136.
- [18] 沈宏, 曹志洪, 徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 166-173.
- [19] 袁玲, 杨邦俊, 郑兰君, 等. 长期施肥对土壤酶活性和氮磷养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(4):

表4 不同施肥处理土壤活性碳

Table 4 Soil labile organic carbon contents of five treatments

处理	水溶性有机碳/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	微生物量碳/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	水溶性有机碳: 总有机碳	微生物量碳: 总有机碳
1	61.77 c	346.57 c	0.46	2.59
2	58.14 c	307.90 c	0.44	2.34
3	72.16 b	412.59 b	0.48	2.73
4	98.73 a	509.78 a	0.55	2.86
5	62.73 c	357.23 c	0.48	2.76

说明: 同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

300—306.

- [ 20 ] 沈宏, 曹志洪, 徐本生, 等. 施肥对不同农田土壤微生物活性的影响[ J ]. 农村生态环境, 1997, 13 ( 4 ): 29—35.
- [ 21 ] 高瑞, 吕家珑. 长期定位施肥土壤酶活性及其肥力变化研究[ J ]. 中国生态农业学报, 2005, 13 ( 1 ): 143—145.
- [ 22 ] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[ J ]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 ( 4 ): 406—410.
- [ 23 ] MCGILL W B, CANNON K, ROBERTSON J A, *et al.* Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Berton L after 50 years of cropping to two rotations[ J ]. *Can J Soil Sci*, 1986, 66, 1—19.
- [ 24 ] FRANZLUEBBERS A J, HONS F M, ZUBERER D A. Soil organic C, microbial biomass and mineralizable C and nitrogen in sorghum[ J ]. *Soil Sci Soc Am J*, 1995, 59: 460—466.
- [ 25 ] SPARLING G P. Soil microbial biomass activity and nutrient cycling an indicators of soil health[ M ] // PANKHURST C E, DOUBE B M, GUPTA V V S R. *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, U K: CAB International, 1997: 97—119.
- [ 26 ] POWLSON D S. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation[ J ]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19: 159—164.

## Effects of fertilization on soil properties under *Castanea mollissima* plantation

JIANG Pei-kun, XU Qiu-fang, WU Qi-feng, WU Jia-sen

(School of Environmental Sciences and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) is an important plantation in Zhejiang Province for its high cash profit. Fertilization has become a useful way to improve its yield. The objective of this paper is to find out the effects of different types and rates of fertilizers on soil available nutrients and biochemical properties by one-year field fertilizer trial. It was found that soil available N, P and K positively response to the increase of mineral fertilizer, and their concentrations in the soil of treatment 1 (compound fertilizer: 2 250 kg<sup>o</sup>hm<sup>-2</sup>) and treatment 2 (two times the amount of treatment 1) are respectively 1. 18, 1. 58, 2. 71 times and 2. 48, 2. 88, 2. 98 times more than in the control (no fertilizer), and their concentrations in treatment 4 (oil cake: 5 400 kg<sup>o</sup>hm<sup>-2</sup>) were 1. 84, 2. 10, 1. 58 times as many as in the control. Organic fertilizer had a positive influence on activities of soil phosphatase and sucrase, which were significantly more active in the soil treated with oil cake ( $P < 0. 05$ ) than those treated with mineral fertilizer. Soil water-soluble organic carbon (WSOC) and microbial biomass carbon (MBC) for treatment 3 (0. 5 times the amount of treatment 1 plus 0. 5 times the amount of treatment 4) were respectively 1. 15 and 1. 15 times more than the control, and those for treatment 4 were 1. 57 and 1. 43 times more than the control. It was concluded that the practice of fertilization enriched the soil available nutrients, especially organic fertilizer, which had better effects on soil biochemical and biological properties than mineral fertilizer. [Ch, 4 tab, 26 ref.]

**Key words:** pedology; Chinese chestnut (*Castanea mollissima*); mineral fertilizer; organic fertilizer; soil nutrient; soil labile organic carbon; soil enzyme