

## 板栗林不同除草方式对土壤养分及生物学性质的影响

徐秋芳, 吴家森, 姜培坤

(浙江农林大学 环境科技学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为研究板栗 *Castanea mollissima* 林不同除草方式对土壤性质的影响, 在浙江省临安市布置了不同除草方式试验, 包括对照、翻耕除草、施用除草剂、刈割除草而不翻耕等 4 个处理。结果表明: 不同除草方式对土壤养分无显著影响, 传统的翻耕除草方式明显增加土壤微生物量碳和水溶性有机碳质量分数 ( $P < 0.05$ ); 而除草剂除杂草处理, 土壤水溶性有机碳、微生物量碳含量以及利用的碳源种类明显下降; 对照处理土壤微生物功能多样性最好; 刈割除草但不翻耕处理土壤各项指标均为中等。兼顾水土保持和土壤质量, 采用刈割除草方式对林地土壤质量维持和板栗生长均较有利。

图 1 表 4 参 15

**关键词:** 土壤学; 板栗林; 除草方式; 微生物量碳; 微生物功能多样性

中图分类号: S664.2; S714.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)05-0659-05

## Soil biological properties with weed removal in a Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) plantation

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

(School of Environmental Science and Technology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstracts:** Clearing weeds in an intensively managed Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) plantation is a common practice; however, this could change soil quality. To test the effects of clearing weeds in a Chinese chestnut plantation on soil biological properties, a field trial was conducted. Treatments of deep plowing, spraying herbicides, cutting and no treating (control) were done in Lin'an City. Results showed that soil with deep plowed weeds had more abundant soil microbial biomass carbon (MBC) and water-soluble organic carbon (WSOC) compared to the control. The opposite was observed under Chinese chestnuts with weeds cleared using herbicides. The Biolog Micro-plate revealed that soil in the control plot had the greatest microbial biodiversity with the highest C utilization capability. Also, all analyzed soil biological parameters in the weed cutting plots ranked in the middle. Since soil plowing often results in soil erosion, cutting weeds but not plowing them into deep soil is recommended for farmer-managed Chinese chestnut plantations in subtropical zones with high precipitation. [Ch, 1 fig. 4 tab. 15 ref.]

**Key words:** soil science; *Castanea mollissima*; weed clearing; microbial biomass carbon; microbial biodiversity

板栗 *Castanea mollissima* 是中国重要的经济林种, 分布广泛, 仅浙江省板栗林面积就达 7.80 万  $\text{hm}^2$ , 占浙江全省经济林面积的 9.0%<sup>[1]</sup>。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<sup>[2]</sup>, 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、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>[3]</sup>。研究表明, 由于板栗

收稿日期: 2009-11-04; 修回日期: 2010-03-22

基金项目: 浙江省重点科技攻关项目(2007C22082)

作者简介: 徐秋芳, 教授, 博士, 从事土壤生物与生物化学等研究。E-mail: xuqiufang@zjfc.edu.cn

林连年施用化肥,特别是连年清理林下杂草和凋落物,已造成了土壤微生物量碳、氮严重下降,土壤生物学性质总体减退<sup>[4]</sup>。这一切表明,目前板栗林土壤已出现了严重退化。地上植物及多样性是维持生态系统稳定的首要条件<sup>[5]</sup>,而地表植物与土壤性质之间存在着相互依存和相互制约的关系<sup>[6-7]</sup>。随着地上生物多样性减退,土壤生物多样性将受到影响,从而导致土壤的严重退化。尽量保持地上生物的多样性是避免土壤生物多样性下降的有效办法。陈欣等<sup>[8]</sup>研究表明,板栗林不用除草不翻耕除草,而采用刈割杂草的方法不仅减少了水土流失,而且,对板栗产量无影响。为进一步了解不同除草方式对土壤性质的影响,试验设置了4种不同的除草方式,分析了土壤养分及生物与生物化学性质。

## 1 试验与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在浙江省临安市三口镇葱坑村。该区属中亚热带季风气候,地理坐标为30°14'N,119°42'E,年平均气温为15.9℃,年降水量为1424mm,无霜期为236d,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10a历史,板栗林密度为2m×3m,板栗林平均胸径12.5cm。2007年春选择好试验地,并进行小区规划。

### 1.2 试验设计与样品采集

2007年3月,在试验地板栗林中选择坡度基本一致(18°~22°),坡向一致的栗林作为试验用林。试验设4个处理(表1),每个处理从坡下向坡上延伸,面积控制为300m<sup>2</sup>,3次重复,随机区组设计。2007年4月20日各处理施复合肥(15:15:15)1125kg·hm<sup>-2</sup>作为底肥。

2007年11月15日,多点采集各处理小区内土壤样品,采样深度为0~20cm。土壤鲜样带回室内过2.00mm后分成2份,一份鲜样用作水溶性有机碳、土壤微生物量碳和微生物功能多样性分析;另一份风干后供土壤养分分析。

### 1.3 分析方法

1.3.1 土壤化学性质分析 土壤碱解氮,碱解扩散法;土壤有效磷,双酸法;土壤速效钾,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>[9]</sup>;土壤水溶性有机碳,采用25℃蒸馏水浸提,水土比为2:1。具体过程是:25℃恒温震荡30min(250次·min<sup>-1</sup>)后,离心10min(1万r·min<sup>-1</sup>),再用0.45μm滤膜抽滤,其滤液直接在岛津TOC-VcpH有机碳分析仪上测定。

1.3.2 土壤微生物量碳和微生物功能多样性分析 土壤微生物量碳采用氯仿熏蒸法<sup>[10]</sup>,熏蒸后土壤和未熏蒸土壤分别用0.5mol·L<sup>-1</sup>硫酸钾溶液浸提,过滤后滤液用TOC-VCPH有机碳分析仪测定。微生物功能多样性采用Biolog法测定<sup>[11]</sup>。称相当于10.0g干土的鲜土,在超净工作台中将土壤加入存有100mL无菌蒸馏水的三角瓶中,加盖振荡30min,离心5min(转速为250r·min<sup>-1</sup>),静止澄清后,取10mL上清液加入90mL的无菌蒸馏水中;重复以上过程使溶液的最终浓度为1.0g·L<sup>-1</sup>。将该稀释液接种至96孔的GN2微盘,其中1孔为无碳对照,其余95孔含有95种不同的单一碳源。放入25℃培养箱中培养7d,隔24h在590nm处用VAMAX自动读盘机自动读数(Microlog ReL 3.5软件)。

1.3.3 土壤微生物群落Biolog代谢的表达及多样性指数计算 GN2盘微平板中95种单一碳源反应程度(即土壤微生物利用碳源的能力)来评价土壤中微生物群落状况,用每孔的平均吸光度( $D_{AWC}$ )描述。

$$D_{AWC} = [\sum (C_i - R)]/95. \quad (1)$$

式(1)中 $C_i$ 代表第 $i$ 个反应孔的吸光度, $R$ 是对照孔的吸光度。

Shannon多样性指数( $H$ )为:

表1 板栗林不同除草方式试验方案

Table 1 Design of the trial with different ways of weeds clearing.

处理	试验内容
对照	不割杂草(对照)。
翻耕	7月23日和9月18日2次翻耕土壤除杂草,翻耕深度20cm。
除草剂	6月10日用草甘膦除杂草,不翻耕土壤。
割草	7月23日和9月18日2次刈割杂草移走,不翻耕土壤。

$$H = - \sum P_i \cdot \ln P_i \quad (2)$$

式(2)中  $P_i$  为第  $i$  个反应孔的相对吸光度( $C_i - R$ )与所有 95 孔的吸光度总和之比。

McIntosh 指数( $U$ )为:

$$U = \sqrt{\left( \sum n_i^2 \right)} ; n_i = C_i - R \quad (3)$$

数据分析采用 DPS 3.01 统计软件<sup>[20]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 不同除草方式对土壤养分的影响

从表 2 可以看出,无论是翻耕除杂草、用除草剂除杂草,还是刈割杂草,不同处理之间土壤养分质量分数无显著差异。说明板栗林采用不同除草方式,1 年中对土壤养分无明显影响。然而从数值上看,翻耕土壤除杂草处理的土壤养分各指标略高于其他处理,这是由于杂草第 1 次被翻入土壤后,地表再次长出杂草,因此,相比其他处理而言,有机物的输入量较大。如除草剂处理在 6 月 10 日用除草剂除杂草后,以后几个月杂草不再生长,生物归还量大大下降。再者,翻耕能促进杂草分解,有利于养分释放,从而导致有效养分指标略高于其他处理。

表 2 不同除草处理的土壤养分

Table 2 Abundance of soil nutrients with different treatments

处理	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )
对照	108.37 a	5.12 a	260.99 a	1.07 a	0.21 a
翻耕	113.45 a	6.23 a	274.63 a	1.10 a	0.25 a
除草剂	103.17 a	5.33 a	259.45 a	1.05 a	0.23 a
割草	107.46 a	5.17 a	270.77 a	1.08 a	0.22 a

说明:表中数据为 3 个重复的平均值,同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同除草方式对土壤有机碳的影响

不同的林业经营管理措施,特别是不同的人为耕作、施肥等措施将对土壤碳库产生不同的影响<sup>[12]</sup>。土壤有机质,特别是活性有机质是衡量土壤质量的重要指标<sup>[12-13]</sup>。一般的生态系统,若有机碳的输入及分解达到一定平衡后,土壤有机质总量在短期内不会发生大的变化。不同除草方式既改变了有机碳的形式和输入量,同时影响到微生物对它的分解速度。表 3 结果表明,翻耕除草处理因有机碳的输入量高于其他处理,土壤有机质略高于其他处理,但没有达显著水平;不同处理间的土壤有机质质量分数无明显差别。而水溶性有机碳质量分数则翻耕除草明显高于其他处理( $P < 0.05$ )。因为杂草翻耕处理,不仅有机碳输入量大,且杂草生长期较短,翻耕时植物残体相对较嫩,分解产生的水溶性有机碳较多。翻耕除草的土壤微生物量碳也明显高于其他处理,水溶性碳是微生物的重要碳源,同时微生物量碳也是水溶性有机碳的重要组成部分。除草剂处理的土壤因有机碳输入少以及部分微生物受抑制的

表 3 不同除草处理土壤活性碳含量及占总有机碳的比例

Table 3 Abundance and percentage of soil labile carbon with different treatments.

处理	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	水溶性有机碳/(mg·kg <sup>-1</sup> )	微生物量碳/(mg·kg <sup>-1</sup> )	水溶性有机碳占总有机碳/%	微生物量碳占总有机碳/%
对照	22.49 a	51.64 b	290.22 b	0.23 a	1.29 b
翻耕	23.14 a	60.13 a	354.02 a	0.26 a	1.53 a
除草剂	22.40 a	47.55 b	198.12 c	0.21 a	0.88 c
割草	23.05 a	50.99 b	273.73 b	0.22 a	1.19 b

说明:表中数据为 3 个重复的平均值,同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

双重影响,使其微生物量碳明显于低于其他处理( $P<0.05$ )。水溶性有机碳占总有机碳的比例不同处理之间没有显著差异,而不同处理之间微生物量碳占总有机碳的差异规律与微生物量碳的差异一致(表3)。说明不同除草处理方式,在短期内对土壤微生物生物量产生较明显的影响。因此,若长期采用不同的除草方式,对土壤有机质,特别是活性有机质以及微生物活动将产生累积的效应。

### 2.3 不同除草方式对土壤微生物功能多样性的影响

应用 Biolog 法测定土壤微生物对有机碳的利用能力,能真实反映土壤微生物同化分解有机碳的能力。图1表明,微生物同化碳的能力(以平均吸光度  $D_{AWC}$  表示)随着培养时间的增加而递增,但递增速度逐渐放缓;相对而言,对照处理土壤的递增速度最快。不同处理土壤微生物同化碳源的能力表现为:对对照明显好于其他处理,除草剂(草甘膦)处理又稍强于割草和翻耕处理,而后两者则无显著差别。

从以上土壤微生物功能多样性分析数据推测,不除杂草对土壤微生物功能多样性最好,除草剂没有减弱土壤微生物同化碳的能力,反而强于翻耕和割草处理。进一步分析微生物利用单一碳源情况发现(表4),对照处理碳源利用数最多(70种),翻耕和割草处理分别为60和56种,最少的是除草剂处理(51种);说明对照处理土壤微生物不仅物种多样性丰富,且活性强;而除草剂处理后部分微生物被抑制,而没有被抑制的微生物数量和活性增加。呼蕾等<sup>[14]</sup>的草甘膦的土壤酶效应研究支持本试验结果,草甘膦总体上激活土壤脲酶、转化酶和脱氢酶活性,但磷酸酶被完全抑制,微生物是土壤酶的主要来源之一。翻耕处理利用碳源的种类数量仅次于对照,导致其同化碳源能力低的原因可能与翻耕引起的干扰有关,9月份翻耕对土壤微生物刺激作用,而11月份时刺激作用已基本结束,土壤微生物反而比没有被激发的土壤低。王纪杰等<sup>[15]</sup>研究发现,外加竹叶培养能刺激土壤微生物,而刺激作用在20周后消失,土壤微生物活性反而低于不加竹叶土壤。杂草的植物组织比竹叶嫩,刺激作用持续时间低于竹叶。对照处理土壤微生物利用碳源的多样性指数高于其他处理,而均匀度则不存在显著差异。

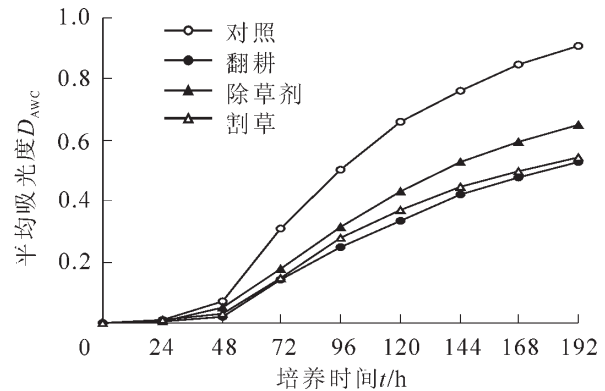


图1 不同除草处理土壤微生物碳代谢差异比较

Figure 1 Comparison on ability of carbon utilization for soil microbes with different treatments.

表4 不同除草处理土壤微生物利用碳源的多样性指数

Table 4 Diversity indexes of carbon utilization for soil microbes with different treatments.

处理	碳源利用(孔数)	总吸光度	Shannon( $H$ )	均匀度	McIntosh
对照	70	63.0 a	5.54 a	0.887 a	9.544 a
翻耕	60	34.3 b	5.52 a	0.872 a	5.278 c
除草剂	51	37.3 b	5.18 b	0.888 a	5.829 c
割草	56	35.7 b	4.95 b	0.854 a	6.949 b

说明:表中数据为3个重复的平均值,同列中不同英文字母表示差异达显著水平( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

未受人为干扰的自然土壤性质主要与母质与地上植物的生长密切相关,其中植物的种类以及生物量是影响土壤性质动态变化的主要因素。板栗集约经营过程中主要的人为干扰是施肥和除草,板栗林下杂草主要通过影响有机碳的输入和根系活性对土壤性质产生影响。本研究选择本底相同,施用等量底肥的不同除草方式,因此不同除草方式处理间土壤养分在短期内不会有明显差异,而土壤微生物对环境反应较敏感,土壤物理性质、养分水平特别是有机碳含量和质量,以及有害物质等均会对微生物

活动产生影响。而对于本试验而言, 不同除草处理导致有机碳的输入量和根系分泌物的数量是主要的影响因子, 除草剂对土壤微生物的抑制作用是另一因素之一。这就是不同处理土壤养分差异不明显, 而土壤微生物活性有显著差异的原因, 也是土壤生物学性质反应土壤微小变化的优势所在。

## 4 结论

板栗林不同除草方式对土壤质量影响的短期试验表明, 不同处理对土壤养分的影响差异不明显; 翻耕除杂草模式对提高土壤活性有机碳有积极作用, 施用除草剂显著减少土壤活性有机碳, 特别是微生物生物量碳以及微生物同化碳源的种数, 然而残留的抗逆性微生物其碳同化增强; 对照土壤微生物不仅物种多样性丰富且活性强。综合不同处理对土壤性质的影响以及实际生产操作等因素, 建议在坡度较小的板栗林采用翻耕除杂草模式, 而对易引起水土流失的林地, 采用割草但不翻耕的方式。

## 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] 黎章矩. 浙江省名特优经济树种栽培技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [3] 徐秋芳, 俞益武, 姜培坤. 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.  
XU Qiufang, YU Yiwu, JIANG Peikun. Evaluation of soil nutrient depletion for commercial forest land [J]. *J Soil Water Conserv*, 2002, **16** (2): 99 - 102.
- [4] 俞益武, 徐秋芳. 天然林改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): 11 - 113.  
YU Yiwu, XU Qiufang. Changes in soil microbial biomass by conversion natural masson pine into economic forests [J]. *J Soil Water Conserv*, 2003, **17** (5): 11 - 113.
- [5] MacARTHUR R. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability [J]. *Ecology*, 1955, **36**: 533 - 537.
- [6] HOOP D U, VITOUSER P M. The effects of plant composition and diversity on ecosystem process [J]. *Science*, 1997, **277**: 1302 - 1305.
- [7] CLAY K, HOLAH J. Fungal entophyte symbiosis and plant diversity in successional fields [J]. *Science*, 1999, **285**: 1742 - 1744.
- [8] 陈欣, 王新, 唐建军, 等. 新垦红壤坡地杂草多样性保护途径及土壤保持效应[J]. 杂草科学, 1999 (4): 5 - 8.  
CHEN Xin, WANG Xin, TANG Jianjun, *et al.* Effect of weeds diversity protection at a new reclaimed red soil hill on soil reservation efficiency [J]. *Weed Sci*, 1999 (4): 5 - 8.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [10] 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.
- [11] GARLAND J L, MILLS A L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source-utilization [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1991, **57**: 2351 - 2359.
- [12] 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.  
SHEN Hong, CAO Zhihong, XU Zhihong. Effects of fertilization on different carbon fractions and carbon pool management index in soils [J]. *Acta Pedolog Sin*, 2000, **37** (2): 166 - 173.
- [13] 沈宏, 曹志洪, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J]. 生态学杂志, 1999, **18** (3): 32 - 38.  
SHEN Hong, CAO Zhihong, HU Zhengyi. Characteristics and ecological effects of the active organic carbon in soil [J]. *Chin J Ecol*, 1999, **18** (3): 32 - 38
- [14] 呼蕾, 和王祥, 王旭东, 等. 草甘膦的土壤酶效应研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, **28** (4): 680 - 685.  
HU Lei, HE Wenxiang, WANG Xudong, *et al.* Effect of glyphosate on soil enzyme [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2009, **28** (4): 680 - 685.
- [15] 王纪杰, 徐秋芳, 姜培坤. 毛竹凋落物对阔叶林土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 林业科学, 2008, **44** (9): 146 - 151.  
WANG Jijie, XU Qiufang, JIANG Peikun. Impacts of litter of *Phyllostachy pubescens* on functional biodiversity of soil microorganism communities in broad-leaved forest [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, **44** (9): 146 - 151.