

# 纪家林场桉树LH1无性系人工林土壤养分研究\*

李敖彬<sup>1</sup> 潘松海<sup>2</sup> 何普林<sup>2</sup>

(1. 中林集团有限公司, 北京 100026; 2. 中林集团雷州林业局有限公司, 广东 遂溪 524348)

**摘要** 为掌握雷州半岛桉树 LH1 无性系林的土壤养分概况, 探索不同整地方式对土壤养分的影响, 研究以全垦、开沟、挖穴 3 种整地方式造林, 采用“5 穴综合法”进行土壤取样, 分析评价了 LH1 无性系林的土壤 pH 值、有机质、碱解 N、速效 P、有效 K 等 11 个养分指标, 以及各指标与不同整地方式之间的关系。结果表明, LH1 无性系碱解 N 较缺乏, 土壤有机质, 速效 P、有效 K 处于中等水平, 交换性 Ca、Mg 含量皆低于临界值, 微量元素 Zn 丰富, Cu、Mn 适中, B 较缺乏; 不同整地方式对除土壤 pH 值外的其它 10 种养分指标的影响显著 ( $P < 0.05$ ), 开沟方式土壤中有有机质、主要营养元素 N、P、K, 以及中量元素 Ca、Mg 的含量, 都要高于挖穴和全垦的整地方式, 桉树经营上可以利用开沟的方式营林, 以增加土壤养分; 整地方式对土壤中不同微量元素影响作用也很显著, 并且在不同土层上表现不同。土壤养分指标之间既有促进作用, 也有拮抗作用, 与整地方式紧密相关; 生产上可以针对微量元素 B 缺乏的现状, 适量增加微量元素 Mn 或降低 Mg 来加以改善。

**关键词** 土壤养分; LH1 无性系; 整地方式; 相关性

中图分类号: S792.39 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053(2020)04-0000-06

## Study on Soil Nutrients of LH1, *Eucalypts urophylla* × *E. tereticornis* Plantation in Jijia Forest Farm

LI Aobin<sup>1</sup> PAN Songhai<sup>2</sup> HE Pulin<sup>2</sup>

(1. China Forestry Group Corporation, Beijing, 100026, China; 2. Leizhou Forestry Bureau Co., Ltd of China Forestry Group Corporation, Suixi, Guangdong, 524348, China)

**Abstract** In order to master the soil nutrient condition of LH1, *Eucalypts urophylla* × *E. tereticornis* clonal plantation in Leizhou Peninsula and explore the impact of different land preparation methods on soil nutrient content, soil samples were collected by "five hole comprehensive method", and 11 nutrient indexes such as soil pH value, organic matter, alkali hydrolyzed N, available P and effective K, etc, were analyzed and evaluated, as well as the relations between the above indexes and the three preparation methods, namely, full cultivation, trenching and hole digging, that set up for afforestation in the study. The results showed that in soil the content of alkali hydrolyzed N is deficient, and the content of available P and effective K were in the middle level. The content of exchangeable Ca and Mg was lower than the critical value, the trace elements Zn was rich, Cu and Mn were moderate, and B was deficient. Different land preparation methods is significantly associated with all soil indexes except pH value ( $P < 0.05$ ). The content of organic matter, main nutrient elements N, P, K, and medium elements Ca and Mg in soil of preparation method trenching, are higher than the methods of digging holes and full cultivation. Eucalyptus management can use the way of trenching to increase soil nutrients. The effect of land preparation on different microelements in the soil is also significant, and the performance is different in different soil layers. Both promoting effect and antagonistic effect exist between soil nutrient indexes, that are closely related to land preparation methods. In production, increasing Mn or reducing Mg to improve the situation of lack of trace element B.

**Key words** soil nutrients; LH1 clone *Eucalypts urophylla* × *E. tereticornis*; land preparation method; correlation

\* 第一作者: 李敖彬 (1983—), 男, 工程师, 主要从事速生丰产林培育研究及企业经营管理, E-mail: liab@cfgc.cn。

通信作者: 何普林 (1974—), 男, 高级工程师, 主要从事桉树培育及病虫害防治研究, E-mail: honglin923@sohu.com。

桉树是我国主要造林树种之一, 人工林种植面积达 450 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>, 桉树产业在维护我国木材安全和推动地方经济发展过程中发挥着重要作用。广东雷州半岛是全国最大的桉树人工林生产基地<sup>[2]</sup>, 桉树无性系 LH1 (*Eucalypts urophylla* × *E. tereticornis*) 具有生长快, 抗风, 抗病能力强的特点, 成为该地区推广面积最大的无性系, 在雷州林业局种植面积达 2 万  $\text{hm}^2$ 。LH1 不耐贫瘠, 因土壤肥力或施肥状况的差异所导致的生长表现差异现象在局各林场较为普遍。整地(裂土)方式对土壤肥力的显著影响, 已经广泛得到证实并被应用于农林生产实践<sup>[3-6]</sup>。

为掌握雷州半岛 LH1 无性系林的土壤养分情况, 探索不同整地方式对土壤养分的影响效果, 本研究在雷州林业局纪家林场草律林队 2040 小班, 以挖坑、开沟和全垦三种整地方式营造了 6.7  $\text{hm}^2$  LH1 无性系试验林, 综合设置了土壤 pH 值、有机质等 11 个养分指标因子开展相关研究, 旨在为桉树合理施肥, 科学经营提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地为湛江雷州半岛(北纬 20°16′- 21°55′, 东经 109°39′-110°36′)纪家林场, 地属亚热带湿润性季风气候, 土壤为玄武岩砖红壤。试验地位于林场草律林队 2040 小班, 面积 6.7  $\text{hm}^2$ , 坡度小于 5°, 造林前林地初始土壤养分状况以及地形地貌因子均一致。试验地采用轻基质营养袋桉树无性系 LH1 组培苗, 以挖穴(裂土最小)、开沟(裂土中等)、全垦(裂土最大)3 种整地方式造林; 每年进行 1 次抚育, 造林 4 年后进行土壤取样分析。

### 1.2 土壤采集与处理

分别按 3 种整地方式, 采用“5 穴综合法”来进行土壤取样, 即每种裂土方式按对角线挖 5 个土壤剖面, 每个剖面按土层 0-20 cm、20-40 cm 和 40-60 cm 取 3 个土样, 室内将同点、同处理、同土层的样品混合均匀, 成为一个检测样本。

为了尽可能全面地评价土壤综合肥力, 本研究选用了 pH 值、有机质、碱解氮(N)、速效磷(P)、有效钾(K)、交换性钙(Ca)、交换性镁(Mg)、有效铜(Cu)、有效锌(Zn)、有效锰(Mn)和有效硼(B)等 11 个土壤肥力特征指标, 包含了土壤中的大量元素和中、微量元

素。各指标含量测定均参照鲍士旦《土壤农化分析》<sup>[7]</sup>中的方法来进行测定。即采用水浸提(水:土=2.5:1)电位法测定 pH 值, 重铬酸钾浓硫酸外加热法测定有机质, 采用碱解-扩散法测定碱解 N, 0.5  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  浸提-钼锑抗比色法测定速效 P, 中性乙酸铵浸提-火焰光度法测定有效 K, 乙酸铵交换-原子吸收分光光度法测定交换性 Ca、Mg, 稀盐酸浸提-原子吸收分光光度法测定有效 Cu、Zn, 对苯二酚-醋酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定有效锰 Mn, 沸水浸提-姜黄素比色法测定有效 B。

### 1.3 数据分析

用 Excel 2010 和 SPSS19.0 对土壤肥力因子进行描述统计和相关性分析, 使用 Duncan's 对不同处理进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤养分含量等级分布

纪家林场 LH1 无性系试验林各土层土壤 pH 值位于 4.55-5.17 之间(表 1), 属酸性土壤。参照广东第二次土壤普查土壤分级标准<sup>[8]</sup>(表 2、表 3, 表 4)对土壤各养分进行分级, 发现土壤有机质含量为 3-4 级, 属于中-中上水平。碱解 N 含量为 4-5 级, 属缺乏-中等水平; 速效 P 含量为 3-4 级, 属中-中上水平、有效 K 含量为 1-4 级不等, 差异较大, 分布不均, 属中-极丰水平。中量元素交换性 Ca、交换性 Mg 含量分别低于临界值 400  $\text{mg/kg}$ 、60  $\text{mg/kg}$ , 如表 4。微量元素有效 Cu 含量为 3 级, 较为适中; 有效 Zn 含量为 4 级, 较为丰富; 有效 Mn 含量为 3 级, 属适中水平; 有效 B 含量为 1-2 级, 属缺乏-很缺乏状态。

综上, 纪家林场 LH1 无性系林土壤有机质和主要营养元素 N 较为缺乏, P、K 的含量总体皆处于中-中上水平; 中量元素交换性 Ca、Mg 略缺, 微量元素有效 Zn 较为丰富, 有效 Cu 和有效 Mn 适中, 有效 B 较为缺乏。

### 2.2 不同整地方式对土壤养分的影响

不同整地方式对土壤 pH 值影响不明显。

不同土层土壤的有机质含量差异显著; 同一土层土壤有机质含量, 均是开沟方式高于挖穴、全垦方式, 说明开沟方式能增加土壤有机质含量。

0-20 cm 土层, 在不同整地方式下土壤碱解 N、速效 P 和有效 K 含量均存在显著差异, 前者

表 1 纪家林场桉树 LH1 无性系人工林各土层土壤养分含量  
Table1 Contents of soil nutrients in each soil layer of Eucalyptus LH1 plantation in Jijia Forest Farm

| 土壤养分<br>Soil nutrients | 挖穴<br>Hole digging |                |                | 开沟<br>Trenching |                |               | 全垦<br>Full cultivation |                |               |
|------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|------------------------|----------------|---------------|
|                        | 0-20cm             | 20-40cm        | 40-60cm        | 0-20cm          | 20-40cm        | 40-60cm       | 0-20cm                 | 20-40cm        | 40-60cm       |
| pH 值                   | 5.17 ± 0.01        | 4.94 ± 0.05    | 4.95 ± 0.21    | 4.65 ± 0.03     | 4.69 ± 0.37    | 4.54 ± 0.08   | 4.55 ± 0.18            | 4.59 ± 0.11    | 4.60 ± 0.00   |
| 有机质 (g/kg)             | 21.64 ± 0.34       | 18.51 ± 0.10   | 19.5 ± 0.12    | 26.23 ± 0.08    | 20.74 ± 0.11   | 19.88 ± 0.07  | 23.77 ± 0.25           | 19.05 ± 0.14   | 18.27 ± 0.04  |
| 碱解 N (mg/kg)           | 47.58 ± 0.49       | 49.55 ± 0.49   | 44.18 ± 2.01   | 60.44 ± 2.25    | 47.84 ± 1.70   | 30.12 ± 1.40  | 68.18 ± 1.77           | 33.40 ± 2.07   | 33.80 ± 1.13  |
| 速效 P (mg/kg)           | 17.07 ± 0.33       | 7.53 ± 0.24    | 10.02 ± 0.24   | 18.88 ± 0.16    | 8.24 ± 0.24    | 1.10 ± 0.09   | 8.37 ± 0.16            | 5.32 ± 0.24    | 2.92 ± 0.42   |
| 有效 K (mg/kg)           | 67.04 ± 1.13       | 51.28 ± 1.20   | 53.93 ± 3.17   | 272.24 ± 20.57  | 180.80 ± 15.27 | 32.46 ± 3.78  | 71.27 ± 2.08           | 50.57 ± 2.60   | 34.58 ± 4.50  |
| 交换性 Ca (mg/kg)         | 206.96 ± 9.73      | 195.40 ± 11.15 | 190.86 ± 10.63 | 229.80 ± 7.58   | 166.23 ± 12.47 | 154.67 ± 7.49 | 200.08 ± 7.23          | 162.24 ± 11.47 | 143.25 ± 4.21 |
| 交换性 Mg (mg/kg)         | 34.51 ± 0.22       | 21.05 ± 0.44   | 25.10 ± 0.51   | 36.33 ± 0.69    | 22.34 ± 0.21   | 19.01 ± 0.47  | 28.42 ± 0.85           | 18.53 ± 0.74   | 17.74 ± 0.22  |
| 有效 Cu (mg/kg)          | 0.92 ± 0.03        | 0.43 ± 0.01    | 0.58 ± 0.02    | 0.76 ± 0.01     | 0.48 ± 0.01    | 0.49 ± 0.03   | 0.55 ± 0.03            | 0.47 ± 0.02    | 0.37 ± 0.02   |
| 有效 Zn (mg/kg)          | 2.52 ± 0.04        | 1.32 ± 0.03    | 1.65 ± 0.04    | 1.92 ± 0.01     | 1.46 ± 0.02    | 1.09 ± 0.02   | 1.77 ± 0.04            | 1.42 ± 0.02    | 0.93 ± 0.03   |
| 有效 Mn (mg/kg)          | 6.73 ± 0.02        | 0.14 ± 0.03    | 2.54 ± 0.05    | 8.42 ± 0.09     | 0.37 ± 0.09    | 0.20 ± 0.02   | 7.55 ± 0.09            | 1.33 ± 0.10    | 1.66 ± 0.09   |
| 有效 B (mg/kg)           | 0.16 ± 0.02        | 0.18 ± 0.02    | 0.15 ± 0.02    | 0.15 ± 0.01     | 0.18 ± 0.02    | 0.19 ± 0.02   | 0.19 ± 0.01            | 0.21 ± 0.00    | 0.66 ± 0.03   |

注：表中所示数值为平均值 ± 标准误。  
Note: the data indicate mean ± standard error.

表 2 土壤养分分级标准<sup>[8]</sup>  
Table2 Classification standard of soil nutrients

| 指标<br>Index   | 一级<br>(极丰)<br>Level 1 | 二级<br>(丰)<br>Level 2 | 三级<br>(中上)<br>Level 3 | 四级<br>(中)<br>Level 4 | 五级<br>(缺)<br>Level 5 | 六级<br>(极缺)<br>Level 6 |
|---------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 有机质 / (g/kg)  | >40                   | 30.0-40.0            | 20.0-30.0             | 10.0-20.0            | 06.0-10.0            | <6.0                  |
| 碱解 N/ (mg/kg) | >150                  | 120-150              | 99-119                | 60-89                | 30-59                | <30                   |
| 速效 P/ (mg/kg) | >40                   | 20-39                | 10-19                 | 5-9                  | 3-4                  | <3                    |
| 有效 K/ (mg/kg) | >200                  | 150-200              | 100-149               | 50-99                | 30-49                | <30                   |

表 3 土壤微量元素分级标准<sup>[8]</sup>  
Table 3 Classification standard of soil trace elements

| 项目<br>Item | 一级<br>(很缺)<br>Level 1 | 二级<br>(缺)<br>Level 2 | 三级<br>(适中)<br>Level 3 | 四级<br>(丰)<br>Level 4 | 五级<br>(很丰)<br>Level 5 |
|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 有效 Cu      | <0.1                  | 0.1-0.2              | 0.2-1.0               | 1.0-1.8              | >1.8                  |
| 有效 Zn      | <0.3                  | 0.3-0.5              | 0.5-1.0               | 1.0-3.0              | >3.0                  |
| 有效 Mn      | <1.0                  | 1.0-5.0              | 5.0-15.0              | 15.0-30.0            | >30.0                 |
| 有效 B       | <0.2                  | 0.2-0.5              | 0.5-1.0               | 1.0-2.0              | >2.0                  |

表 4 中量元素养分临界值<sup>[8]</sup>  
Table4 Critical value of soil medium elements

| 土壤养分<br>Soil nutrients | 有效钙 Ca | 有效镁 Mg | 有效硫 S |
|------------------------|--------|--------|-------|
| 临界值<br>Critical value  | 400    | 60     | 16    |

以全垦方式最高，开沟方式略低；后二者以开沟方式最高。在 20-40 cm 土层后二者含量也皆是开沟方式最高；同一整地方式，不同土层土壤中 3 种指标的含量总体上皆差异显著，从上层到下层明显减少。综上所述，开沟方式有利于增加土壤中营养三元素 N、P、K 的含量。

交换性 Ca 在不同土层土壤中的含量皆以开沟方式最高，不同整地方式的含量仅在 0-20 cm 土层中存显著差异。交换性 Mg 在 3 个土层土壤中的含量也皆以开沟方式最高，但不同整地方式的含量在 0-20、20-40 和 40-60 cm 土层中都存显著差异。综合可见，开沟方式有利于增加土壤中 Ca、Mg 含量。

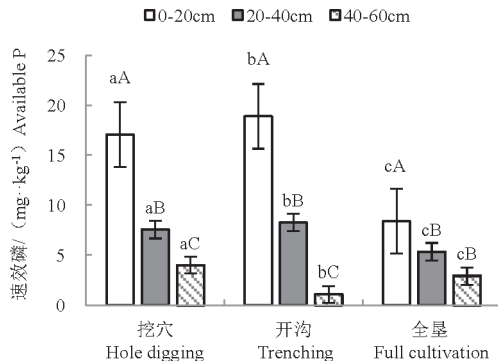
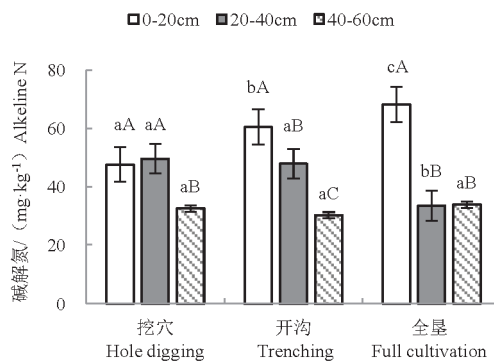
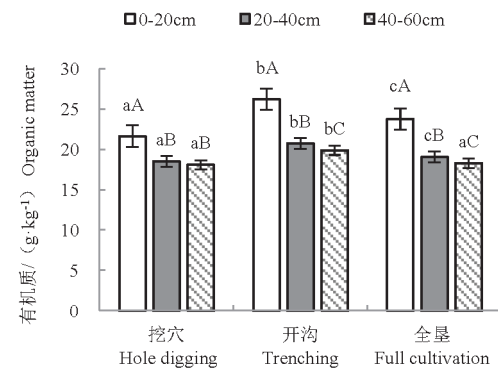
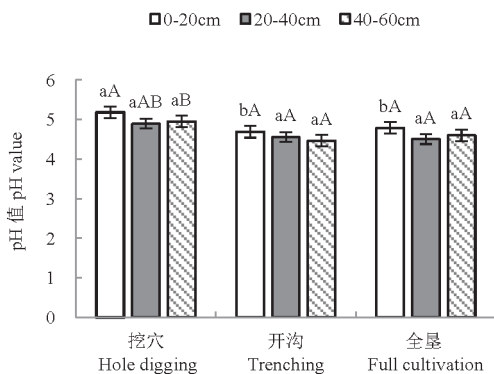
微量元素有效 Cu、Zn、Mn、B，在 3 个土层土壤中，不同整地方式下的含量总体上都存显著差异。在 0-20 cm 土层，挖穴方式的土壤有效 Cu 和有效 Zn 含量都高于其它两种整地方式，而有效 Mn 含量以开沟方式最高，有效 B 含量以全垦方式最高；在 20-40 cm 土层，挖穴方式下土壤中有有效 Cu 含量略低于另外两种整地方式，有效 Zn 含量以开沟方式略高，有效 Mn 含量全垦方式明显高于其它两种整地方式，有效 B 含量在不同整地方

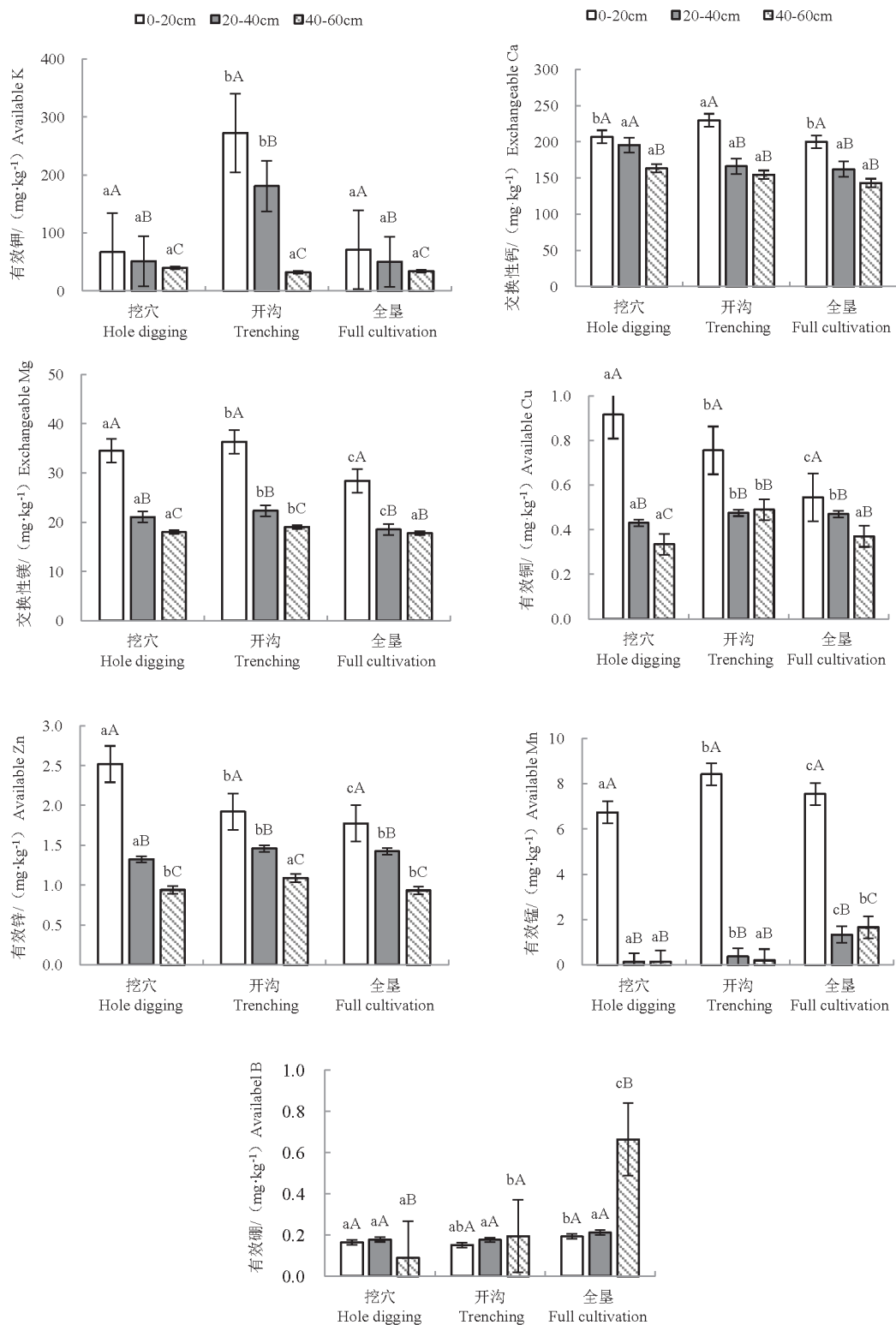
式下差异不显著；在 40-60 cm 土层，有效 Cu 和有效 Zn 含量皆以开沟方式最高，有效 Mn 和有效 B 含量皆以全垦方式最高。相同整地方式下，总体上土层从上到下，有效 Cu、有效 Zn 和有效 Mn 含量皆呈显著减少趋势，而有效 B 含量呈增加趋势。

### 2.3 土壤养分含量相关性

各土壤养分之间的相关性因土层深度和整地方式的不同而表现不同。由于在 20-40 和 40-60 cm 土层，各土壤养分含量之间多无显著相关性，本研究仅就 0-20 cm 土层土壤养分含量进行相关性分析，总体上该土层各养分含量最高，对植物生长影响最大。

如表 5，在 0-20 cm 土层，挖穴方式下交换性 Mg 与交换性 Ca、有效 Mn、有效 B 呈显著负相关，有效 Mn 与交换性 Ca、有效 B 呈显著正相关。开沟方式下有效 Cu 与 Mg 呈显著负相关，与有效 Mn 呈显著正相关；速效 P 与有效 B 呈极显著负相关。全垦方式下交换性 Ca 与碱解 N 呈极显著负相关；交换性 Mg 与有效 Cu 呈显著负相关；pH 值与有效 B 呈极显著正相关。





注：相同颜色柱子（即同一土层深度）上小写字母相同表示  $\alpha = 0.05$  水平差异不显著；同组柱子（即同一整地方式）上相同大写字母表示  $\alpha = 0.05$  水平差异不显著。

Note: for columns of the same color (thus the same soil layer), the same lowercase letters indicate that there was no significant difference at  $\alpha = 0.05$  level; the same capital letters on the same group of columns (thus the same land preparation method) indicate that there was no significant difference at  $\alpha = 0.05$  level.

图1 纪家林场桉树 LH1 无性系人工林土壤养分分析

Figure1 Soil nutrient analysis of Eucalyptus LH1 plantation in Jijia Forest Farm

表 5 纪家林场桉树 LH1 无性系人工林土壤养分相关性分析  
Table.4 Correlation analysis of soil nutrients of Eucalyptus LH1 in Jijia Forest Farm

| 养分类型<br>Type of nutrients | pH 值    | 碱解 N      | 速效 P      | 交换性 Ca    | 交换性 Mg              | 有效 Cu   | 有效 Mn    |
|---------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------------------|---------|----------|
| 交换性 Ca                    |         | -1.000**z |           |           |                     |         |          |
| 交换性 Mg                    |         |           |           | -1.000**x |                     |         |          |
| 有效 Cu                     |         |           |           |           | -.998*y<br>-1.000*z |         |          |
| 有效 Mn                     |         |           |           | 1.000*x   | -1.000*x            | 0.999*y |          |
| 有效 B                      | 1.000*z |           | -1.000**y | 1.000*x   | -1.000*x            |         | 1.000**x |

注：表中只列出了具有显著（或极显著）相关性的分析数据。\* 表示相关性显著（ $P < 0.05$ ），\*\* 表示相关性极显著（ $P < 0.01$ ）；x、y、z 分别代表挖穴、开沟、全垦 3 种整地方式。

Note: only analysis data with significant (or high significant) correlation are listed in the table. \* express the correlation was significant ( $P < 0.05$ ), \*\* express the correlation was high significant ( $P < 0.01$ ); x, y and z were three land preparation methods, digging hole, ditching and full reclamation separately.

### 3 结论与讨论

纪家林场 LH1 桉树无性系试验林的土壤有机质，以及主要生长元素 N、P、K 总体上都处于中等水平；中量元素交换性 Ca、交换性 Mg 含量皆低于临界值；微量元素 Zn 丰富，Cu、Mn 适中，B 较缺乏，该结论与郭东强等<sup>[9]</sup>的研究结论基本一致。造成该现状的原因是对树皮、树枝的过度工业化利用，以及长期仅施用大量元素所造成，将桉树以凋落物形式归还林地能很大程度上解决问题<sup>[10-11]</sup>。

整地方式对土壤 pH 值影响较小，但对其它 10 种养分指标的影响显著。开沟方式土壤有机质、主要营养元素 N、P、K，以及中量元素 Ca、Mg 的含量，都总体上要高于挖穴和全垦的整地方式。桉树经营上可以利用开沟的方式营林，以增加土壤养分。整地方式对土壤中不同微量元素影响作用也很显著，并且在不同土层上表现不同。0-20 cm 土层，挖穴方式的有效 Cu、Zn 含量更高，而有效 Mn、B 含量分别以开沟方式、全垦方式更高。20-40 cm 土层，整地方式对有效 Cu、Zn、B 含量影响作用减弱，但对有效 Mn 影响显著，全垦方式下含量显著高于另外两种整地方式。40-60 cm 土层，开沟方式有利于增加 Cu、Zn 含量更高，而全垦方式则有利于增加有效 Mn、B 含量。

在 0-20 cm 土层，土壤养分指标之间既有促进作用，也有拮抗作用，与整地方式紧密相关。有效 B 在挖穴方式下与交换性 Mg 呈显著负相关，与有效 Mn 呈极显著正相关；在全垦方式下与 pH

值呈极显著正相关。因此，生产上可以针对缺乏有效 B 的现状，适当增加土壤中微量元素 Mn 或降低中量元素 Mg 来改善。

### 参考文献

- [1] 谢耀坚. 真实的桉树[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [2] 祁述雄. 中国桉树[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [3] 邵立新. 塞罕坝地区不同整地方式对落叶松造林成活率和生长量的影响[J]. 安徽农学通报, 2014(5): 108-108, 110.
- [4] 江桂媚. 退耕农田不同整地方式对早期杉木人工林的影响[J]. 林业勘察设计, 2015(2): 103-105.
- [5] 黄界颖, 阮仁杰, 王擎运等. 不同耕作模式下秸秆还田对潮土肥力特征的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(4): 664-669.
- [6] 衣明圣, 李玉杰, 李玉伦, 等. 不同耕作模式对土壤肥力和小麦产量的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(7): 72-77.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版, 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [9] 郭东强, 黄晓露, 颜权, 等. 马尾松、巨尾桉及其混交林土壤微量元素调查[J]. 广西林业科学, 2016, 45(1): 24-29.
- [10] 李尚均, 李淑仪, 简明, 等. 雷州半岛浅海沉积砖红壤的微量元素施肥与桉树生长量研究[J]. 广东林业科技, 2007, 23(4): 33-37.
- [11] 莫晓勇. 桉树速生丰产林的生态问题与解决途径[C]// 中国林学会. 2005年中国科协学术年会26分会场论文集(1), 北京: 中国林学会, 2005.