



## 雷竹林连续3年施荣宝土壤消毒剂对 雷笋产量及土壤性状的影响

徐祖祥<sup>1</sup>, 徐进<sup>2</sup>, 祝小祥<sup>3</sup>, 谢国雄<sup>1</sup>, 陈丁红<sup>3</sup>, 陆妙根<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>浙江省杭州市植保土肥总站, 杭州 310020; <sup>2</sup>浙江省土肥站, 杭州 310020;

<sup>3</sup>浙江省临安市农业局, 浙江临安 311300, <sup>4</sup>浙江省萧山钱江化肥厂, 浙江萧山 311200)

**摘要:**为了提高雷竹林雷笋产量以及控制土壤障碍因子的发生, 经连续3年施荣宝土壤消毒剂对雷竹产量及土壤性状影响的对比试验, 结果表明: 施荣宝土壤消毒剂 600 kg/hm<sup>2</sup> 结合施 45% 复合肥 3000 kg/hm<sup>2</sup>, 比不施荣宝土壤消毒剂对照区 (施 45% 复合肥 3000 kg/hm<sup>2</sup>) 平均提高雷竹产量 30.1%。通过施荣宝土壤消毒剂后的农田 pH 值比对照区提高, 达到了显著性差异水平 ( $P < 0.05$ ); 施荣宝土壤消毒剂后, 交换性酸含量比对照区有明显降低, 达到显著性差异水平。对照区雷竹林土壤有 18 种细菌, 施荣宝处理之后土壤中未鉴定出细菌。表明施荣宝土壤消毒具有灭菌效果, 有效降低了土传病的危害, 提高了雷竹成竹率。

**关键词:** 雷竹林; 荣宝; 土壤消毒剂; 产量; 土壤; 影响

中图分类号: S644.2, S158.2

文献标志码: A

论文编号: 2011-0604

### Effect of Consecutive 3-Year Application of Soil Decontaminant Ronbao in Bamboo Forest on Bamboo Shoot Yield and Soil Property

Xu Zuxiang<sup>1</sup>, Xu Jin<sup>2</sup>, Zhu Xiaoxiang<sup>3</sup>, Xie Guoxiong<sup>1</sup>, Chen Dinghong<sup>3</sup>, Lu Miaogen<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>Hangzhou General Station of Plant Protection, Soils and Fertilizers, Hangzhou 310020, Zhejiang, China;

<sup>2</sup>Zhejiang Station of Soils and Fertilizers, Hangzhou 310020, Zhejiang, China; <sup>3</sup>Lin'an Agricultural Bureau, Lin'an 311300, Zhejiang, China; <sup>4</sup>Qianjinag Chemical Fertilizer Factory, Xiaoshan 311200, Zhejiang, China)

**Abstract:** In order to increase bamboo yield and control the happening of soil obstacle factors in the bamboo forest (*Phyllostachys praecox* f. *prevelnalis*) in Lin'an, Zhejiang, China, a comparative trial of soil decontaminant Ronbao had been conducted for consecutive 3 years. It is found that the bamboo shoot yield at the application rate of 600 kg/hm<sup>2</sup> plus 45% compound fertilizer at 3000 kg/hm<sup>2</sup> increased averagely by 30.1% in comparison with that in the control without the application of soil decontaminant. After the application of soil decontaminant, soil pH value was significantly higher than the control ( $P < 0.05$ ), while the content of soil exchange acidity was significantly lower ( $P < 0.05$ ). No bacteria strains were observed in the decontaminant-treated soil whereas 18 soil bacteria strains were found in the control. These results suggested that the soil decontaminant had a sterilization effect, reduced soil-borne disease effectively and increased the survival rate of bamboos.

**Key words:** Bamboo Forest; Ronbao; Soil Decontaminant; Yield; Soil; Effect

## 0 引言

雷竹 (*Phyllostachys praecox* f. *prevelnalis*), 临安当地称为早竹、早园竹, 笋含有 18 种人体必需的氨基酸、

多种微量元素和少量的脂肪和维生素, 营养价值很高, 具有丰富的营养元素。临安是中国集中种植雷竹的地域, 主要分布于平原和低丘缓坡地带。据统计, 2009

**基金项目:** 浙江省科技厅“农业科技转化”项目 (2009070009); 浙江省农业综合开发办“农业综合开用发”项目 (200909001)。

**第一作者简介:** 徐祖祥, 男, 1956 年出生, 浙江绍兴人, 推广研究员, 主要从事农田土壤长期定位监测研究及设施农业土壤障碍因子治理。通信地址: 310020 浙江杭州市杭海路 434-1 杭州市植保土肥总站, E-mail: xzx6781317@163.com。

**收稿日期:** 2011-07-28, **修回日期:** 2011-09-07。

年临安雷竹种植面积达3.2万 $\text{hm}^2$ ,年产量达33.75万t<sup>[1]</sup>。由于在雷竹(笋)材两用林经营过程中,每年都要砍伐成竹,挖走竹笋,带走土壤中大量营养物质;同时,由于雷笋效益高,每年施用大量的化学肥料,致使土壤养分不平衡,不可避免地造成雷竹林地力衰退现象的发生。在这种地力衰退、土壤障碍的情况下,施化学肥料已不能达到雷笋高产。

土壤消毒剂具有肥、药双重作用,它既能增加作物所需肥料,又能有效防治多种土传病害、土壤线虫及其他害虫,抑制土壤硝化作用,提高氮素利用率,降低土壤障碍因子的发生与防治病害的作用<sup>[2-6]</sup>。为了进一步了解土壤消毒剂在不同作物上的使用效果,笔者于2008—2011年连续3年进行荣宝土壤消毒剂(宁夏大荣化工冶金有限公司生产)在雷竹林上的田间试验,旨在研究荣宝土壤消毒剂对雷竹林施用效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

试验于2008—2011年连续3年在临安市锦城街道龙马村进行。

### 1.2 土壤状况

供试土壤为红泥砂土<sup>[7]</sup>。土壤养分状况为:土壤pH 3.9,有机质46.24 g/kg,全氮2.25 g/kg,全磷1.59 g/kg,全钾41.9 g/kg,碱解氮227 mg/kg,有效磷1272mg/kg,速效钾527 mg/kg。

### 1.3 分析方法

采集耕层土壤0~20 cm,将土壤混合样品置于室内晾干,将土壤粉碎后共分成2份,先取1份通过60号筛后,直接测定土壤速效N、速效P、速效K、pH;另取1份研磨,使其通过100号筛后,测定土壤有机质、全N。其分析方法为<sup>[8]</sup>:土壤有机质用重铬酸钾氧化-容量法测定,全N用半微量凯氏法测定,速效N用碱解扩散法测定,有效P用钼锑抗比色法测定,速效K用乙酸铵提取法测定<sup>[9]</sup>。同时,以1 mol/L氯化钾溶液浸取土壤 $\text{H}^+$ 后用电位法测定。交换性酸采用1 mol/L KCl溶液淋溶2 mm土样,然后用标准碱液滴定滤液中的总酸度测定<sup>[10]</sup>。

### 1.4 试验方法

1.4.1 试验设计 试验设2个处理对比试验:(1)对照CK(不施荣宝土壤消毒剂,施45%复合肥3000 kg/ $\text{hm}^2$ );(2)施荣宝土壤消毒剂600 kg/ $\text{hm}^2$ +45%复合肥3000 kg/ $\text{hm}^2$ 。试验设3次重复,随机排列,小区面积(20 m×6 m)120  $\text{m}^2$ ,小区之间采用塑料绳子分隔。第1次施荣宝土壤消毒剂,于2008年9月15日将荣宝土壤消毒剂按600 kg/ $\text{hm}^2$ +45%复合肥3000 kg/ $\text{hm}^2$ 用量撒施;第

2次,于2009年9月20日将荣宝土壤消毒剂按600 kg/ $\text{hm}^2$ +45%复合肥3000 kg/ $\text{hm}^2$ 用量撒施;第3次,于2010年9月17日将荣宝土壤消毒剂按600 kg/ $\text{hm}^2$ +45%复合肥3000 kg/ $\text{hm}^2$ 用量撒施。竹笋采收时,将雷笋进行经济性状考查,其后各小区雷笋分期采收、采取单收、单秤、单计产量。

1.4.2 试验仪器 土壤分析仪器采用德国Gerhardt凯式定氮消解器KB-20s;德国Gerhardt半自动定氮仪凯式型;北京普析科技有限公司TU-1900型双光束紫外可见分光光度计、上海莱帕德科学仪器有限公司FP6410型火焰光度计。细菌种类的确定:采用美国Agilent 6890型气相色谱系统。所有纯化的参试菌株先在NA培养基上于30℃生长24 h后,转入TSBA固体培养基上再培养24 h。然后,用无菌塑料接种环挑取1环培养菌放入有螺帽的试管中,提取脂肪酸。鉴定结果通过微生物鉴定系统软件-美国MIDI公司开发的基于细菌细胞脂肪酸成分鉴定细菌的MIS4.5 (microbial identification system)和LGS4.5 (library generation software)获得。将分析结果与数据库中标准菌种的脂肪酸信息进行比对。

1.4.3 统计分析 数据采用Excel 2003和SAS 8.0进行数据处理,不同处理的比较按照小区试验设计进行,用LSD新复极法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 荣宝土壤消毒剂对雷笋经济性状及产量的影响

雷笋采收时进行经济性状考查,考查5个点,每个点10株,合计50株。其结果见表1。

经连续3年试验结果表明:施用荣宝土壤消毒剂后,雷笋株高、单株重量明显比对照区增加。施荣宝土壤消毒剂处理雷笋平均株高30.5 cm,对照区为27.3 cm,比对照区增加3.2 cm;施荣宝土壤消毒剂单株重量平均为0.37 kg,对照区为0.28 kg,比对照区增0.09 kg。由表1可知,2009—2011年每年2、3月份施荣宝土壤消毒剂的雷笋产量3年平均为9933.7 kg/ $\text{hm}^2$ ,对照区这2个月雷笋产量3年平均为5598.0 kg/ $\text{hm}^2$ ,比对照提高77.5%;而4月份施荣宝土壤消毒剂的雷笋产量3年平均为9511.4 kg/ $\text{hm}^2$ ,对照区4月份雷笋产量3年平均为6565.2 kg/ $\text{hm}^2$ ,比对照提高44.9%。施荣宝后可以促进雷笋提早生长,明显提高了雷笋产量;到4月份,随着天气转暖,气温升高,雷笋产量差异性相对缩小。

经3年定位试验,施荣宝土壤消毒剂雷笋产量平均为19442.9 kg/ $\text{hm}^2$ ,对照处理雷笋产量平均为14940.7 kg/ $\text{hm}^2$ ,比对照区增产4502.2 kg/ $\text{hm}^2$ ,提高30.01%。用LSD新复极差检验,施荣宝土壤消毒剂比



表1 荣宝土壤消毒剂对雷笋经济性状及产量的影响

| 年份   | 处理                     | 经济性状 |     |          |           | 小区产量/kg |       |       | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 增产率/% |
|------|------------------------|------|-----|----------|-----------|---------|-------|-------|--------------------------|-------|
|      |                        | 考查点数 | 总株数 | 株高/cm    | 单株重量/kg   | 2月      | 3月    | 4月    |                          |       |
| 2009 | 0(CK)                  | 5    | 50  | 27.7±5.1 | 0.28±0.03 | 2.6     | 60.0  | 112.6 | 14607.2 bB               | —     |
| 2009 | 600 kg/hm <sup>2</sup> | 5    | 50  | 29.5±4.6 | 0.37±0.04 | 5.6     | 110.0 | 107.6 | 18609.1 aA               | 27.4  |
| 2010 | 0(CK)                  | 5    | 50  | 25.9±3.7 | 0.26±0.03 | 2.9     | 68.8  | 112.9 | 15390.9 bB               | —     |
| 2010 | 600 kg/hm <sup>2</sup> | 5    | 50  | 30.2±4.4 | 0.38±0.03 | 6.2     | 121.7 | 118.4 | 20535.1 aA               | 33.4  |
| 2011 | 0(CK)                  | 5    | 50  | 28.4±4.6 | 0.30±0.03 | 3.7     | 63.4  | 110.7 | 14824.0 bB               | —     |
| 2011 | 600 kg/hm <sup>2</sup> | 5    | 50  | 31.7±4.2 | 0.38±0.04 | 6.5     | 107.4 | 116.2 | 19184.5 aA               | 29.4  |

注:雷笋产量用LSD新复极差法统计测验。大写字母表示差异达1%极显著水平,小写字母表示差异达5%显著水平。

对照处理增产极显著<sup>[11]</sup>。

## 2.2 荣宝土壤消毒剂对雷笋林土壤性状的影响

2.2.1 荣宝土壤消毒剂对土壤酸度的影响 经3年施荣宝土壤消毒剂与对照区每隔4个月采集1次土壤,9个不同时间对土壤pH、交换性酸含量、交换性H<sup>+</sup>、交换性铝的影响比较,其影响结果见图1—4。

从图1可以看出,施荣宝土壤消毒剂后,对雷竹林土壤pH值比对照区明显的升高,从试验前土壤pH值3.9上升至5.8,缓解了土壤的酸化现象;而不施荣宝土壤消毒剂对照区,土壤pH值从试验前3.9下降至3.6,比试验前仍有下降的趋势;随着pH值的下降,土壤交换性酸含量升高,从试验前土壤交换性酸8.2 cmol/kg上升至10.3 cmol/kg,施荣宝土壤消毒剂处理土壤交换性酸最低时达0.9 cmol/kg。由图2可知,施荣宝土壤消毒剂后,每年12月份,土壤交换性酸的含量数值为全年最低,而不施荣宝土壤消毒剂处理,12月份土壤交换性酸含量最高。表明施荣宝土壤消毒剂可以显著降低农田土壤的交换性酸含量,进而影响pH值<sup>[12]</sup>。

从图3可以看出,施荣宝土壤消毒剂处理土壤交

换性H<sup>+</sup>的含量从试验前4.0 cmol/kg下降到1.7 cmol/kg,比试验前明显下降;而对照区比试验前也有下降的趋势,最低时为2.2 cmol/kg。试验过程表明,交换性H<sup>+</sup>的含量在荣宝土壤消毒剂处理后无明显的差异,与对照区土壤互有高低。土壤的酸碱性取决于土壤溶液中的H<sup>+</sup>的浓度,而H<sup>+</sup>主要来自土壤中交换性铝的水解,因此交换性铝对pH起重大作用。由图4可知,交换性铝的含量在加荣宝土壤消毒剂处理后,与原有农田土壤相比大都有明显的降低。交换性铝的含量从试验前7.6 cmol/kg下降到1.4 cmol/kg;而不施荣宝土壤消毒剂对照区的土壤交换性铝的含量3年之间的幅度为4.9~8.2 cmol/kg。由此表明,施荣宝土壤消毒剂可以显著降低土壤中交换性铝的含量,进而改善土壤的酸碱性。

通过施荣宝土壤消毒剂,对土壤pH值、交换性总酸度、交换性H<sup>+</sup>、交换性铝指标差异性进行析,其结果见表2。

从表2可以看出,施荣宝土壤消毒剂雷竹林土壤pH值与对照区相比有明显提高,提高幅度达到了显著

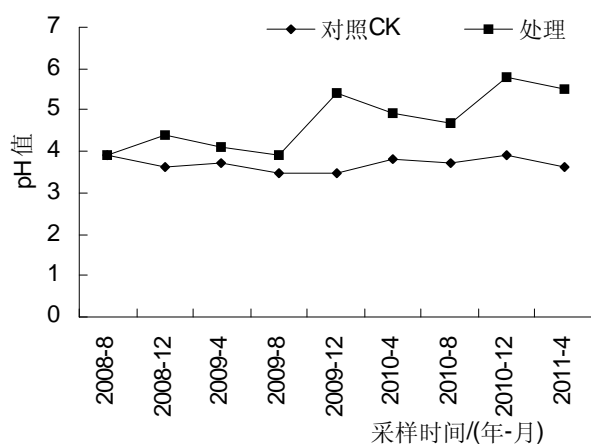


图1 荣宝土壤消毒剂对土壤pH值的影响

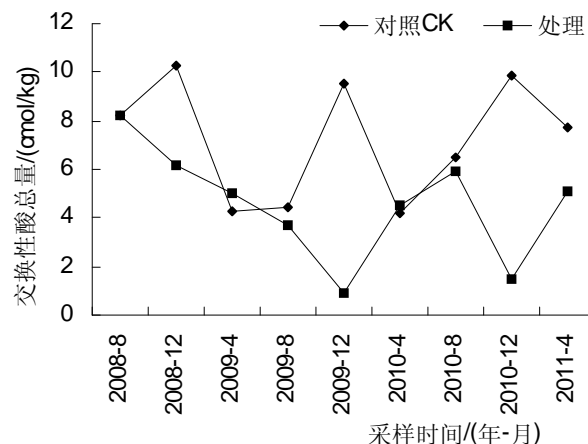


图2 荣宝土壤消毒剂对土壤交换性酸含量的影响



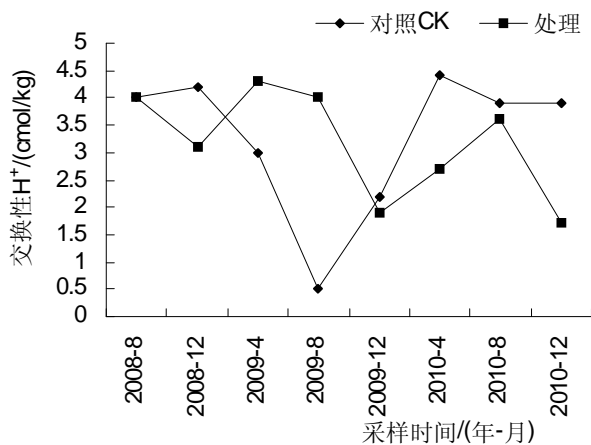


图3 荣宝土壤消毒剂对土壤交换性H<sup>+</sup>的影响

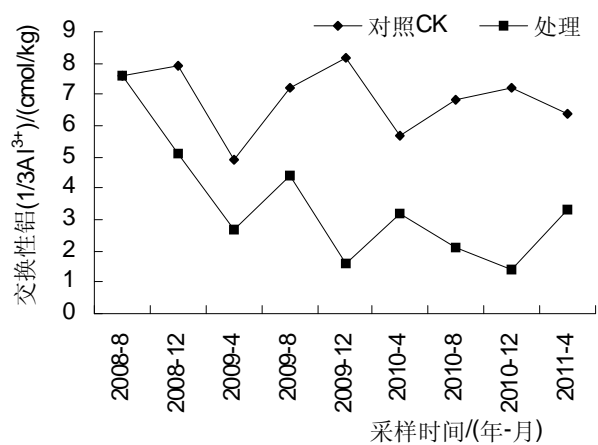


图4 荣宝土壤消毒剂对土壤交换性铝的影响

表2 荣宝土壤消毒剂对土壤酸度指标差异性分析

cmol/kg

| 处理                     | pH值         | 交换性酸总量      | 交换性H <sup>+</sup> | 交换性铝(1/3 Al <sup>3+</sup> ) |
|------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 0(CK)                  | 3.60±0.26bA | 6.51±2.03aA | 1.75±0.80aA       | 4.76±2.38aA                 |
| 600 kg/hm <sup>2</sup> | 4.17±0.71aA | 4.69±2.39bA | 2.05±1.08aA       | 2.64±2.41bA                 |

性差异水平( $P<0.05$ ),改良土壤酸度达到了预期的效果;交换性酸含量在施荣宝土壤消毒剂后,有明显降低,与对照区土壤达到显著性差异水平;交换性H<sup>+</sup>含量施荣宝消毒剂后变化不大,甚至略微有些提高,其中的原因还有待探讨;交换性铝在施荣宝土壤消毒剂后含量明显降低,与对照区含量达到了显著性差异,与交换性酸的含量降低表现相同,表明施荣宝土壤消毒剂后能降低土壤中交换性铝的含量,从而降低交换性酸总量,并最终达到提高土壤pH值的目的。

2.2.2 荣宝土壤消毒剂对土壤病原菌的影响 经施荣宝土壤消毒剂与对照处理,对雷竹林土壤的病原菌量进行检测,采集的样本为病竹,病竹根围土样以及死竹根围土样。其分析检测结果,见表3。可以看出,施荣宝土壤消毒剂后,对病竹、病竹周围的土壤具有明显的杀菌效果。

表3 施荣宝土壤消毒剂对雷竹林土壤病原菌量的分析 cfu/g

| 土壤采集方式 | 土壤病原菌量               |                           |
|--------|----------------------|---------------------------|
|        | 0(CK)                | 施荣 600 kg/hm <sup>2</sup> |
| 随机采样土样 | 3.3×10 <sup>5</sup>  | —                         |
| 病竹样品   | 5.1×10 <sup>8</sup>  | —                         |
| 死竹根围土样 | 4.85×10 <sup>5</sup> | —                         |
| 死竹样品   | 3.0×10 <sup>6</sup>  | —                         |
| 病竹根围土样 | 1.97×10 <sup>6</sup> | —                         |

注:“—”表示未检出。

2.2.3 荣宝土壤消毒剂对土壤细菌种类的影响 通过施荣宝土壤消毒剂与对照区土壤比较,对照区鉴定出来18种细菌,包括: *Alcaligenes faecalis*(粪产碱杆菌)、*Arthrobacter pascens*(耐盐碱杆菌)、*Bacillus anthracis*(炭疽杆菌)、*Bacillus megaterium*(巨大芽孢杆菌)、*Bacillus mycoides*(蕈状芽孢杆菌)、*Brevibacillus parabrevis*(副短短芽孢杆菌)、*Burkholderia cepacia*(洋葱伯克氏菌I型)、*Burkholderia cenocepacia*(洋葱伯克氏菌III型)、*Burkholderia anthina*(洋葱伯克氏菌VIII型)、*Burkholderia pyrocinia*(洋葱伯克氏菌IX)、*Delftia acidovorans*(食酸戴尔福特菌)、*Lysinibacillus sphaericus*(梭形杆菌)、*Photobacterium angustum*(狭小发光杆菌)、*Paenibacillus favisporus*(木聚糖菌)、*Paenibacillus validus*(强壮类芽孢杆菌)、*Ralstonia pickettii*(皮氏罗尔斯顿菌)、*Stenotrophomonas maltophilia*(嗜麦芽寡养单孢菌)以及 *Virgibacillus pantothenicus*(泛酸枝芽孢杆菌)。施荣宝土壤消毒剂后的雷竹林土壤未鉴定出细菌。由此表明,施荣宝土壤消毒剂对雷竹林土壤具有杀菌效果。

### 3 结论

(1)经3年雷竹林试验结果得出:施荣宝土壤消毒剂后,雷竹产量平均为19442.9 kg/hm<sup>2</sup>,对照处理后的雷笋产量平均为14940.7 kg/hm<sup>2</sup>,比对照增产4502.2 kg/hm<sup>2</sup>,提高产量30.01%,极显著增加了雷笋产量。这与在其他作物上的研究相吻合<sup>[2,4]</sup>。一般认为,施荣宝土壤消毒剂后,会提高雷竹园土壤温度,特别是



2、3月份春季气温低,施荣宝土壤消毒剂后可加速雷竹园在冬季覆盖稻草腐烂分解,加快有机肥的腐熟和转化,抑制土壤中氮的硝化反应,促进雷笋提早生长;4月份随着气温上升,雷笋产量两者差异相对缩小。

(2)在本研究中,红泥砂土土壤pH值为3.9。这主要是由于竹农每年施用大量化肥,使土壤pH下降,土壤酸度加大<sup>[13-14]</sup>。经试验,荣宝土壤消毒剂施用后的农田土壤pH值比对照区提高,从3.9调节到5.8,达显著性差异水平( $P<0.05$ );交换性酸含量在施荣宝土壤消毒剂后,比对照区明显的降低,达到了显著性差异水平。土壤中交换性 $H^+$ 含量施荣宝土壤消毒剂后与对照区比较,交换性 $H^+$ 含量互有高低,此结果还有待于进一步研究确定。但施荣宝土壤消毒剂后能明显降低土壤中交换性铝的含量。由此得出:施荣宝土壤消毒剂能提供土壤钙素营养,从而降低交换性酸总量,并最终达到提高土壤pH值的目的。

(3)雷竹林连续3年施荣宝土壤消毒剂后,对病竹、病竹周围的土壤进行检测,未检测到细菌性病原,对照区病竹、病竹周围的土壤能检测出18种细菌性病原,进一步表明施荣宝土壤消毒剂具有明显的杀菌效果,有效控制雷竹林土壤病原菌的发生,能有效抑制土传病的发生与防治。

### 参考文献

- [1] 临安市统计局.临安市统计年鉴[M].杭州:浙江省科学技术出版社,2009:25-47.
- [2] 徐祖祥.连续施用荣宝土壤消毒剂对番茄、辣椒产量及土壤肥力的影响[J].江西农业学报,2010(3):91-93.
- [3] 徐祖祥.肥药荣宝在辣椒上的施用效果[J].浙江农业科学 2008(5): 530-531.
- [4] 徐祖祥.荣宝土壤消毒剂对西兰花、宝塔花菜等蔬菜产量及种植效益的影响[J].科技通报,2009(4):456-459.
- [5] 徐祖祥.荣宝土壤消毒剂对甜玉米、番茄、辣椒等作物产量与效益的影响[J].中国农学通报,2009(6):162-164.
- [6] 徐祖祥,谢国雄,徐进,等.设施栽培土壤施荣宝对作物产量及效益的影响[J].农业工程技术,2011(增刊):9-44.
- [7] 浙江省土壤普查办公室.浙江土种志[M].杭州:浙江省科学技术出版社,1993:198-200.
- [8] 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,2000:146-195.
- [9] 中国科学院南京土壤所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978:62-136.
- [10] 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,2000:22-36.
- [11] 徐祖祥,陈丁红,李良华,等.施荣宝土壤消毒剂对临安雷竹产量的影响[J].山地农业生物学报,2010(4):292-295.
- [12] 徐祖祥,陈丁红,李良华,等.临安雷竹种植条件下土壤养分的变化[J].中国农学通报,2010(13):247-250.
- [13] 郑郁善,洪伟.毛竹林生长及竹叶养分和土壤肥力相关研究[J].林业科学,1998,34(1):195-198.
- [14] 汪奎宏,高小浑.毛竹施肥技术经济效果研究[J].竹子研究汇刊,1996,15(1):401-409.
- [15] 楼一平,盛炜彤,萧江华,等.我国毛竹林长期立地生产力研究问题的评述[J].林业科学研究,1999,12(2):172-178.
- [16] 郭晓敏,陈广生,牛德奎,等.平衡施肥对毛竹产量的影响效应研究[J].江西农业大学学报:自然科学版,2003,25(1):48-53.