

毛竹林地覆盖竹笋早出技术应用的问题思考

陈双林

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 竹林地覆盖是利用有机材料的增温、保温和保湿作用, 促进笋芽分化, 提早萌发, 显著提高竹林经济产出的技术措施, 在雷竹 *Phyllostachys praecox*, 早园竹 *Ph. propinqua* 和红哺鸡竹 *Ph. iridescens* 林中已得到大规模推广应用。从林地覆盖对毛竹 *Ph. pubescens* 林立地生产力和丰产林分结构维护, 竹子抗逆能力和地下害虫发生的影响及生态环境保护, 林地覆盖毛竹林选择条件, 技术熟化度等方面进行了问题剖析, 并提出了林地覆盖毛竹林土壤劣变, 留笋养竹, 节本省力环保栽培和地下害虫防控等迫切需要解决的技术性和生产性问题。参 31

关键词: 森林培育学; 毛竹; 林地覆盖; 多功能效益; 可持续经营

中图分类号: S795.7; S644.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2011)05-0799-06

Thoughts on related problems of mulched technique with organic materials in moso bamboo forest for early shooting

CHEN Shuang-lin

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: The mulched technique with organic materials in bamboo forest is an efficient approach to rise temperature, hold temperature and moisture in order to enhance shoot bud differentiation and early germination. The measure can improve economic output of bamboo forest, so that the technique has been applied extensively in bamboo forest of *Phyllostachys praecox*, *Ph. propinqua* and *Ph. iridescens*. The paper analyzes the problems such as influence of mulched technique of moso bamboo (*Ph. pubescens*) forest on maintaining productivity and high-yield forest structure, bamboo resistance and soil insect occurrence, ecological and environmental protection, and selection criteria of moso bamboo forest and technique mature degree. Some technical and practical problems such as soil deterioration, shoot keeping for bamboo culms, cultivated with lower input and environmental protection, and ecological control of underground pests of moso bamboo mulching need urgent solutions are discussed. [Ch, 31 ref.]

Key words: silviculture; moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*); stand mulching; multi-purpose benefit; sustainable management

毛竹 *Phyllostachys pubescens* 是中国最为重要的经济竹种, 资源丰富, 分布面广, 利用价值高, 加工性能优良, 其竹业年产值已占全国竹业年产值的 80% 以上, 以毛竹为主要对象的竹产业已成为区域社会发展的重要支柱产业, 也是竹农家庭经济收入的重要来源。毛竹一直是中国竹类研究的重点对象, 开展了较为系统的生物学、生态学和丰产栽培和加工利用等基础理论和应用技术研究, 已形成了较为完整的技术体系, 极大地促进了中国毛竹林资源的开发利用和多功能效益的良好发挥。然而, 竹类植物尤其是散生类竹种, 有性繁殖困难, 目前尚不能通过遗传改良来提高单产, 主要通过林分结构调控和土壤管理等来提高竹林产出。而对于集约经营毛竹林, 竹林产品(竹材、竹笋)产量已达到较高水平, 进一步提高存在着较大的困难。为此, 竹业工作者一直致力于寻求通过某种途径来提高毛竹林经济产出。

收稿日期: 2011-02-25; 修回日期: 2011-04-21

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201004008); 浙江省省院合作项目(2008SY10, 2010SY01)

作者简介: 陈双林, 研究员, 博士, 从事竹林生态与培育研究。E-mail: cslbamboo@126.com

近年来,浙江省湖州市吴兴区借鉴雷竹 *Phyllostachys praecox*, 早园竹 *Ph. propinqua* 和红哺鸡竹 *Ph. iridescens* 林等有机材料林地覆盖促进竹笋早出技术, 实施了毛竹林地覆盖, 显著地提高了毛竹林竹笋产量和经济效益, 有关方面以此为典型, 在浙江省毛竹主产区积极开展毛竹林覆盖技术的规模化推广。笔者认为: 林地覆盖竹笋早出技术不失为一种提高毛竹林经济效益的途径, 但依据毛竹的生物学生态学特性和实现竹林可持续经营的目标, 其中仍有许多技术性和生产性问题有待解决。本研究从林地覆盖对毛竹林立地生产力和丰产林分结构维护, 竹子抗逆能力和地下害虫发生的影响及生态环境保护, 林地覆盖毛竹林选择条件, 技术熟化度等方面进行了客观分析, 旨在为毛竹林地覆盖技术推广和开展相关内容的深化研究提供参考。

1 竹林立地生产力衰退

林地覆盖竹林大量生物量产出依赖于土壤养分的大量补充, 尤其是速效化学肥料, 而且林地覆盖显著改变了土壤微环境(温度、湿度和通气性等), 难以完全清除的有机覆盖物林地存留与腐解, 严重影响土壤性状稳定。以雷竹林为例, 长期的林地覆盖会导致竹林土壤发生化学、物理和生物性劣变, 竹林立地生产力衰退。具体表现在: 土壤中有有机阴离子(碱)随竹林生物量产出移出林外(碳循环), 施用化学氮肥后土壤铵态氮硝化和硝酸盐淋溶(氮循环)^[1-2], 覆盖物分解产生大量酚酸类物质^[3], 交换性钙和盐基饱和度降低, 交换性酸总量显著增加, 钙/铝下降^[4]等, 促使土壤趋于酸化; 短期内难以分解的高碳/氮比有机材料林地存留, 造成土壤原有的团聚体结构破坏, 孔隙性、通气性和有效持水性能等土壤物理结构发生剧变^[5]; 竹林生物量产出和土壤酸化使土壤有效氮、速效磷和速效钾含量降低, 而大量施用氮肥, 使氮输入量超过系统的需要, 土壤阳离子损失量增加, 造成除氮素外的必需养分元素亏缺, 出现“氮饱和”效应^[2]。覆盖物分解又增加了土壤速效钾和速效磷含量, 抵消了前述的降低量, 增加量仍然显著^[4], 从而造成土壤氮磷钾间的比例严重失衡, 尤其是难移动性土壤磷素的高存留^[6]; 土壤酸化使土壤中铝、锰、铅、铬、锌等重金属元素从固定态转化为植物有效态, 且含量明显提高^[7-8]。覆盖物分解产生的对竹子鞭根系生长有抑制性化感作用的酚酸类物质随覆盖年限增加而上升, 而多酚氧化酶活性呈相反变化规律, 使酚酸在土壤中不断积累^[3], 硝酸盐显著提高^[9]; 林地覆盖引起土壤温度、湿度和通气性等环境因子变化, 有机态营养耗竭, 碳/氮比和氮磷钾间比例失调和酶活性异常, 使土壤微生物量碳和微生物区系发生变化^[10], 真菌、细菌和放线菌数量均呈急剧上升、稳定和急剧下降的变化规律, 厌气性微生物爆炸式繁殖生长, 产生大量影响土壤生化特性的代谢产物^[11]。

浙江省散生笋用竹主栽区临安市、余杭区、富阳市、德清县和龙游县等, 近年来林地覆盖竹林均出现了不同程度的立地生产力衰退现象, 且有越趋严重的趋势, 其中, 临安市 3.2 万 hm^2 雷竹林已有近 1/4 严重退化, 未退化竹林仅占 13.33%^[12], 严重影响了区域竹产业的可持续发展。毛竹林地覆盖技术的大面积推广应用, 同样面临着土壤劣变所引起的竹林立地生产力衰退问题。

2 丰产林分结构维护困难

林分结构是竹林多功能效益发挥的基础, 是内因, 主要通过目标留笋长竹和选择性伐竹来实施。按照目前毛竹林覆盖经营中, 一般为覆盖 2 a 自然培育 1~2 a, 覆盖年份不留养母竹, 在自然培育年份留养生长健壮的母竹 1 500 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右, 留竹年份的秋季伐除 6 年生以上立竹, 立竹密度控制在 3 000 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右^[13]分析, 对于大小年明显的毛竹林, 覆盖年份必须是出笋小年的秋冬季, 那连续覆盖 2 a, 即出笋大年也覆盖就失去了生产性意义, 而覆盖年份不留养母竹(实际上也很难留养), 则 2 a 中就没有留养的新竹, 如何来建立合理的林分结构? 也即说明覆盖毛竹林宜选择大小年不明显的花年竹林。而对于花年毛竹林, 从理论上分析, 如果连续覆盖 2 a, 2 a 中也很难留养起标准数量和质量的新竹, 表明连续覆盖 2 a 不科学, 应覆盖 1 a 自然培育 1~2 a。目前虽然已开展了一些毛竹林地覆盖栽培技术的研究^[14-16], 但均是短周期(第 1 年覆盖, 第 2 年观测出笋期和竹笋产量)实施的, 缺少连续性试验, 更未涉及合理林分结构建立。

毛竹林地覆盖确能显著地促进笋芽提前萌发出土, 短期内也能显著提高竹笋产量, 而竹笋产量的提高来源于林地覆盖打破了毛竹原有的生物学节律, 促使原本地下延伸生长长鞭和来年萌发的侧芽集中萌

发出土的贡献，是以将来的“欠收”和竹林林分结构被破坏等为代价的。毛竹林地覆盖同雷竹林地覆盖一样，对竹林赖以自我更新的地下系统结构也会产生不利影响。有许多研究表明林地覆盖雷竹林地下鞭系的鞭径、总鞭长、幼壮龄鞭比例和侧芽数等显著降低，地下系统垂直分布格局变化，竹鞭明显上浮^[17-18]，产生土壤“薄化”现象，地下鞭系养分和水分吸收空间受到限制。

毛竹是 2 a 换叶 1 次的竹种，决定了地下鞭系侧芽分化和萌发节律与 1 a 换叶 1 次的雷竹、早园竹和红哺鸡竹等竹种存在着差异。在生产中覆盖年份毛竹林新竹极难留养的现象，说明林地覆盖对毛竹林地上和地下结构的负面影响可能会比雷竹林更为严重。为此，为实现覆盖毛竹林的可持续经营，如何科学合理地建立林地覆盖毛竹林地上和地下结构需开展针对性的系统研究。

3 竹子抗逆能力下降，地下害虫危害加剧

覆盖雷竹林由于土壤性状发生劣变，而且林地大量的有机覆盖物存留，生境异质性程度提高，微斑块土壤经常处于干湿交替的变换中，使地下鞭根系统生长发育不良，大量幼龄鞭和壮龄鞭死亡，致使竹林常会出现大量立竹死亡的现象，尤其是新竹。并且，由于一些立竹因来鞭和去鞭已死亡，具有强烈生理整合作用的无性系种群分株数量显著减小，甚至成为“孤立竹”，集团抵御自然灾害的能力下降^[19]，冬季遇较低气温或季节性干旱与强降水时，立竹易大量强迫性落叶或枯萎，竹子抗寒、抗旱和抗涝等抗逆能力降低。而且雷竹林地覆盖会造成立竹秆壁厚度减小，木质化程度降低，竹冠长缩短，枝下高增大，遇雨雪冰冻和强风影响时，立竹易翻蔸倒伏，竹秆劈裂或折断^[20]。虽然毛竹林地覆盖是否会造成竹子抗逆能力下降需要通过一段时期的实践检验，但从理论上分析，现行的覆盖材料、方式及配套栽培措施等与雷竹和早园竹等并无太大的差异，毛竹林经长期林地覆盖，土壤势必发生劣变，对竹子生长发育会产生不利影响，具备了竹子抗逆能力下降的一些潜在条件。因此，对于林地覆盖毛竹林，需针对性地研究配套栽培措施，如土壤酸碱度人工调节，影响竹子生长的毒害化学物质生态降解，易腐解的低碳/氮比有机覆盖物筛选等，以防止竹林退化或促进退化竹林复壮，增强竹子抗逆能力。

林地覆盖竹林由于环境条件的改变，使地下害虫活动节律随土壤环境的变化而变化，尤其是土壤温度的变化，使地下害虫的活动危害时间提前并延长，而且，有机覆盖物及其腐解过程对一些地下害虫具有吸引集聚作用，显著增加了覆盖竹林地下害虫的种类和危害程度。竹林地下害虫种类达 50 余种^[21]，其中，主要种类为沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus*^[22]，浙江栉蝠蛾 *Biplectilus zhejiangensis*^[23]，沟胸重脊叩甲 *Chiagosnius sulcicoli*，筛胸梳爪叩甲 *Melanotus cribbricollis*^[24]和竹蝉 *Platylomia pili*^[25]等 10 余种，均能危害毛竹，取食竹笋或竹鞭、鞭根和鞭芽，影响竹林生长和经济产出，被害竹林出笋数量减少，新竹数量和质量下降，已成为影响笋用覆盖竹林经营的主要问题之一。由于地下害虫的隐蔽性，目前生产上并无有效的防控手段，以前在覆盖竹林中使用呋喃丹防治，但会造成竹笋和环境污染，已禁止使用。如何采取环境友好型，保障竹笋安全的，以生物、物理和营林措施为主的林地覆盖毛竹林地下害虫生态防控技术，是今后需要重点开展的研究内容。

4 生态环境保护问题

林地覆盖笋用竹林为获取最大化的竹笋产量，土壤养分补充是重要经营措施。据研究：雷竹林化学肥料年施入量 $3\,375.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ [氮肥 $877.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，磷肥 (P_2O_5) $360.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$]，其中，氮肥用量已是国际限量标准的 3.9 倍。而且因长期大量化学肥料施用，雷竹林氮素流失达 $289.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，占氮素投入的 27.00%^[26]，18.18% 的土壤有效磷超过 $200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[6]，造成竹林周边水体氮、磷等化学元素的富营养化。大量有机覆盖物存留于林地中，仅稻草覆盖用量就达 $40\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{次}^{-1}$ 以上，随着覆盖物的腐解，土壤承接了大量的水溶性的大分子有机化合物，能够通过侧渗、下渗水输入竹林周边水体，造成水体碳富集^[27]。林地覆盖毛竹林一般要求近水源，虽然地势要求平坦，但氮、磷、碳及化学防治病虫害的化学农药仍可以通过覆盖前的灌溉和降水后的地表径流、壤中流及地下渗漏污染水体环境。有研究表明：植物或水体、稻田等缓冲带能有效地拦截土壤养分的流失量^[28-29]，为此，在近水体，特别是饮用水源区毛竹林实施林地覆盖措施，需科学地设置一定规模的缓冲带，并研究节本省力环保的土壤养分补充技术，减少化学肥料的使用量，最大限度地降低农业面源污染。

5 林地覆盖毛竹林选择条件

竹林生长正常,林分结构合理,竹笋基础产量高,立地条件好(交通便利,近水源,地势平坦,土层深厚,土质疏松肥沃)等是选择林地覆盖毛竹林的基本要求,而且以出笋大小年不明显的花年毛竹林为好,这在很大程度上限制了毛竹林地覆盖技术的推广应用。以浙江省为例,如完全按上述条件选择,目前,全省适于林地覆盖的毛竹林资源估计不会超过1万hm²。如果盲目选择毛竹林进行林地覆盖,往往会竹笋产量低或早出效果不明显,而投入成本大,经济效益不理想,甚至入不敷出。为达到毛竹林地覆盖经营技术的大规模推广应用,对于立地条件符合而林分结构不合理的毛竹林可以通过留笋长竹和伐竹等林分结构调控措施来实施;对于立地条件较差的毛竹林,采用人工土壤管理措施(如林地清理、林地深垦和养分补充等),尽可能地达到林地覆盖要求;对于立地条件符合但出笋大小年明显的毛竹林(浙江省大部分毛竹林属于此类),可以通过毛竹林大小年改制技术转变为花年竹林;在规划新造毛竹林过程中,应规模化选择符合林地覆盖立地条件要求的林地开展造林。

6 技术熟化度

毛竹林地覆盖需要较高的技术要求,如果某一措施环节达不到要求,如覆盖物增温和保温效果不佳,覆盖厚度或时间不到位,土壤水分和肥力不足等,会导致竹笋提前萌发效果不明显或竹笋产量不高。不同竹种的生物学特性和对主要环境因子的生态适应性也不一样,当土表温度为8.0℃,各土层平均温度8.5℃以上时,雷竹笋芽开始分化。土表温度和各土层平均温度10.0~15.0℃时为出笋盛期^[30];红哺鸡竹土表温度19.0℃时为出笋起始温度,20.0~22.0℃时为出笋盛期^[31]。毛竹自然出笋时间较雷竹迟,较红哺鸡竹早,也即笋芽萌发所需积温较雷竹高,较红哺鸡竹低。而且竹种间的生物量产出不同,水分和养分消耗量也不一样。说明毛竹林地覆盖不能完全照搬雷竹和红哺鸡竹林地覆盖技术。目前,虽开展了一些毛竹林地覆盖经营措施的研究,但许多机制性问题尚未摸清,距技术熟化仍有较大的差距。应在系统地开展温度、水分和养分等主要生态因子对毛竹笋芽萌发影响的研究基础上,结合低碳/氮比覆盖物选择,开展覆盖厚度、时间、方式及竹林配套栽培措施等研究。

参考文献:

- [1] 陈双林, 杨伟真. 我国毛竹人工林地力衰退成因分析[J]. 林业科技开发, 2002, **16** (5): 3-6.
CHEN Shuanglin, YANG Weizhen. Causes of land fertility deterioration in artificial forest of *Phyllostachys pubescens* in China [J]. *China For Sci Technol*, 2002, **16** (5): 3-6.
- [2] 陈双林, 萧江华. 现代竹业栽培的土壤生态管理[J]. 林业科学研究, 2005, **18** (3): 351-355.
CHEN Shuanglin, XIAO Jianghua. Soil ecological management of cultivated bamboo stand [J]. *For Res*, 2005, **18** (3): 351-355.
- [3] 郑仁红. 覆盖栽培对雷竹林衰退的化感效应研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006: 41-45.
ZHENG Renhong. *Allelopathy of Cover Planting on Decline of Phyllostachys praecox Stand* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2006: 41-45.
- [4] 姜培坤, 徐秋芳, 钱新标, 等. 雷竹林地覆盖增温过程中土壤化学性质的动态变化[J]. 浙江林学院学报, 1999, **16** (2): 123-130.
JIANG Peikun, XU Qiufang, QIAN Xinbiao, et al. Dynamic changes of chemical properties of warmer soil covered with different organic materials in *Phyllostachys praecox* forests [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1999, **16** (2): 123-130.
- [5] 刘力, 潘锡东. 早竹高产笋用林及其土壤理化性质分析研究[J]. 竹子研究汇刊, 1994, **13** (3): 38-43.
LIU Li, PAN Xidong. Study on high-yield *Phyllostachys praecox* forest for shoot and its physical and chemical properties of soil [J]. *J Bamboo Res*, 1994, **13** (3): 38-43.
- [6] 姜培坤, 俞益武, 金爱武, 等. 丰产雷竹林地土壤养分分析[J]. 竹子研究汇刊, 2000, **19** (4): 50-53.
JIANG Peikun, YU Yiwu, JIN Aiwu, et al. Analysis on nutrients of soil under high-yield *Phyllostachys praecox* forest [J]. *J Bamboo Res*, 2000, **19** (4): 50-53.
- [7] 姜培坤, 徐秋芳. 不同施肥雷竹林土壤重金属含量的动态分析[J]. 水土保持学报, 2005, **19** (1): 168-180.

- JIANG Peikun, XU Qiufang. Dynamics of heavy metal amount in soil with different treatments under *Phyllostachys praecox* stands [J]. *J Soil Water Conserv*, 2005, **19** (1): 168 – 180.
- [8] 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.
- YANG Fang, XU Qiufang. Changes in nutrients and heavy metal contents in soils under *Phyllostachys praecox* stands with different cultivation histories [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, **20** (2): 111 – 114.
- [9] 姜培坤, 徐秋芳. 雷竹笋硝酸盐含量及其与施肥的关系[J]. 浙江林学院学报, 2004, **21** (1): 10 – 14.
- JIANG Peikun, XU Qiufang. Changes in nitrate content of bamboo shoots responsive to nitrogen fertilizer rate [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2004, **21** (1): 10 – 14.
- [10] 杨芳, 吴家森, 徐秋芳, 等. 不同施肥雷竹林土壤微生物量碳的动态变化[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (1): 70 – 74.
- YANG Fang, WU Jiasen, XU Qiufang, *et al.* Dynamic changes of soil microbial biomass carbon in *Phyllostachys praecox* stand with different fertilizers [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (1): 70 – 74.
- [11] 董林根, 姜小娟, 方茂盛. 雷竹覆盖栽培林地土壤微生物的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1998, **15** (3): 236 – 239.
- DONG Lin'gen, JIANG Xiaojuan, FANG Maosheng. Primary study of soil microorganism in Lei bamboo forest of protected cultivation [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1998, **15** (3): 236 – 239.
- [12] 刘丽, 陈双林, 李艳红, 等. 基于林分结构和竹笋产量的有机材料覆盖雷竹林退化程度评价[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (1): 15 – 21.
- LIU Li, CHEN Shuanglin, LI Yanhong, *et al.* Stand structure and bamboo shoot number production based assessment of degradation degree of *Phyllostachys praecox* covered with organic materials [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (1): 15 – 21.
- [13] 应叶青, 丁笑章, 高培军, 等. 毛竹笋用林覆盖促成栽培技术[J]. 林业科技开发, 2009, **23** (3): 110 – 112.
- YING Yeqing, DING Xiaozhang, GAO Peijun, *et al.* Mulching cultivation techniques for shoot-producing bamboo forest [J]. *China For Sci Technol*, 2009, **23** (3): 110 – 112.
- [14] 何元荪, 何晓东, 董立. 毛竹春笋早出高产高效技术研究[J]. 浙江林业科技, 1998, **18** (5): 31 – 38.
- HE Yuansun, HE Xiaodong, DONG Li. Studies on techniques for early-emergency, high-efficiency and high-yield of spring *Phyllostachys pubescens* shoot [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 1998, **18** (5): 31 – 38.
- [15] 何奇江, 汪奎宏, 翁甫金, 等. 毛竹笋用林冬笋覆盖试验初报[J]. 竹子研究汇刊, 2002, **21** (2): 27 – 31.
- HE Qijiang, WANG Kuihong, WENG Fujin, *et al.* Research on bamboo shoots of winter in bamboo and bamboo-shoot forest [J]. *J Bamboo Res*, 2002, **21** (2): 27 – 31.
- [16] 陈建华, 曹炜. 稻草覆盖对毛竹笋用林增产效益的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, **30** (5): 57 – 60.
- CHEN Jianhua, CAO Wei. Effects of bamboo shoot stand by straw mulching on the yield [J]. *J Centr South Univ For & Technol*, 2010, **30** (5): 57 – 60.
- [17] 周国模, 金爱武, 何钧潮, 等. 覆盖保护地栽培措施对雷竹笋用林丰产性能的影响[J]. 中南林学院学报, 1999, **19** (2): 52 – 54.
- ZHOU Guomo, JIN Aiwu, HE Junchao, *et al.* The influence of cultivation techniques used in covered protected plots on the high-yield property of Lei bamboo plantation for edible shoots [J]. *J Centr South For Univ*, 1999, **19** (2): 52 – 54.
- [18] 金爱武, 周国模, 郑炳松, 等. 覆盖保护地栽培对雷竹地下鞭的影响[J]. 竹子研究汇刊, 1998, **17** (4): 36 – 39.
- JIN Aiwu, ZHOU guomo, ZHENG Bingsong, *et al.* An effect of cultivation in mulched and protected *Phyllostachys praecox* plantations on its rhizome [J]. *J Bamboo Res*, 1998, **17** (4): 36 – 39.
- [19] 刘丽. 林地覆盖退化雷竹林土壤劣变特征及生态恢复初步研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009: 22 – 24.
- LIU Li. *Study on Degradation Characteristics and the Improvement of Soil in Covered Phyllostachys praecox Forest* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2009: 22 – 24.
- [20] 李艳红. 林地覆盖退化雷竹林林分结构及光合生理特征研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2009: 18 – 20.
- LI Yanhong. *Study on the Structure and Physio-Ecological Characteristics of Degenerated Bamboo Forest of Phyl-*

- lostachys proecox with Covering Organic Material* [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2009: 18 – 20.
- [21] 徐天森, 王浩杰. 中国竹子主要害虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 37 – 42.
- [22] 梁光红. 黄甜竹林间主要害虫调查[J]. 福建林业科技, 2003, **30** (1): 34 – 39.
LIANG Guanghong. Study on the main insect pests in *Acidosasa edulis* forests [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2003, **30** (1): 34 – 39.
- [23] 舒金平, 宋洋, 邓顺, 等. 浙江栉蝠蛾的生物学特性[J]. 昆虫知识, 2009, **46** (4): 565 – 569.
SHU Jinping, SONG Yang, DENG Shun, *et al.* Biological characteristics of *Bipectilus zhejiangensis* [J]. *Ent Know*, 2009, **46** (4): 565 – 569.
- [24] 周云娥, 白洪青, 舒金平, 等. 筛胸梳爪叩甲生物学特性研究[J]. 浙江林业科技, 2008, **28** (4): 28 – 32.
ZHOU Yun'e, BAI Hongqing, SHU Jinping, *et al.* Study on biological characteristics of *Melanotus cribricollis* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2008, **28** (4): 28 – 32.
- [25] 徐天森, 王浩杰, 徐企尧, 等. 竹蝉生物学特性的研究[J]. 林业科学研究, 2001, **14** (4): 396 – 402.
XU Tiansen, WANG Haojie, XU Qiyao, *et al.* Biological characteristics of *Platylomia pili* [J]. *For Res*, 2001, **14** (4): 396 – 402.
- [26] 黄芳, 蔡荣荣, 孙达, 等. 集约经营雷竹林土壤氮素状况及氮平衡的估算[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, **13** (6): 1193 – 1196.
HUANG Fang, CAI Rongrong, SUN Da, *et al.* Soil nitrogen status and estimated nitrogen balance budget in an intensive managed *Phyllostachys praecox* stand [J]. *Plan Nutr Fert Sci*, 2007, **13** (6): 1193 – 1196.
- [27] 姜培坤, 徐秋芳, 杨芳. 雷竹土壤水溶性有机碳及其与重金属的关系[J]. 浙江林学院学报, 2003, **20** (1): 8 – 11.
JIANG Peikun, XU Qiufang, YANG Fang. Relationship between water soluble organic carbon and heavy metal elements in the soil under *Phyllostachys praecox* stands [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, **20** (1): 8 – 11.
- [28] 吴家森, 姜培坤, 谢秉楼, 等. 缓冲带在减少集约经营雷竹林养分渗漏流失中的作用[J]. 土壤学报, 2010, **47** (4): 794 – 797.
WU Jiasen, JIANG Peikun, XIE Binglou, *et al.* Role of buffer strips in reducing nutrient leaching loss from intensively-managed *Phyllostachys praecox* [J]. *Acta Pelo Sin*, 2010, **47** (4): 794 – 797.
- [29] 张刚, 王德建, 陈效民. 太湖地区稻田缓冲带在减少养分流失中的作用[J]. 土壤学报, 2007, **44** (5): 873 – 877.
ZHANG Gang, WANG Dejian, CHEN Xiaomin. Roles of buffer strips in reducing nutrient loss from paddy field in Taihu Lake region [J]. *Acta Pelo Sin*, 2007, **44** (5): 873 – 877.
- [30] 俞樟福. 雷竹生长与温度关系的探讨[J]. 竹子研究汇刊, 1997, **16** (3): 54 – 57.
YU Zhangfu. A probe to the relationship of *Phyllostachys praecox* growth and temperature [J]. *J Bamboo Res*, 1997, **16** (3): 54 – 57.
- [31] 陈双林, 吴柏林, 张德明. 林地覆盖对红竹林温度和出笋时间分配的影响研究[J]. 林业科学研究, 2004, **17** (专刊): 90 – 94.
CHEN Shuanglin, WU Bolin, ZHANG Deming. Study on the temperature influence for time distribution of bamboo shoot in *Phyllostachys iridescens* mantle stands [J]. *For Res*, 2004, **17**(special issue): 90 – 94.