

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

广西桉树林下植被抚育现状调查与分析

王会利¹, 何福英², 陆星任³, 农慧⁴, 宋贤冲¹, 苏寒⁴, 付军⁵, 覃鹏飞⁶, 曹继钊¹

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院/国家林业和草原局中南速生材繁育实验室/广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530002; 2. 南宁树木园, 广西南宁 530031; 3. 广西华沃特生态肥业股份有限公司, 广西南宁 530022; 4. 广西国有七坡林场, 广西南宁 530225; 5. 广西国有派阳山林场, 广西宁明 532500; 6. 广西国有大桂山林场, 广西贺州 542899)

摘要:林下植被抚育是桉树人工林经营中的关键环节。采用调查问卷的方式,在广西区直林场开展桉树林下植被抚育现状的调查,对林下草灌保留、除草方式、除草剂使用等情况进行汇总分析。结果显示,各林场通常采取人工和除草剂两种方式相结合进行桉树林下植被抚育;第一年抚育1~3次,第二年至第四年抚育0~1次,采伐前抚育1次;林下植被抚育时草灌保留高度在10~20 cm以下,部分林场林下灌木保留10%~30%;抚育成本675~1 275元/hm²;使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分,施用量为7.5~18.75 kg/hm²。采取多样化的桉树林下植被抚育方式,以平衡桉树生长和林下植被多样性的关系,促进桉树人工林可持续经营。

关键词:桉树人工林;林下植被抚育方式;除草剂使用;区直林场;广西

中图分类号:S792.39;S753.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0148-05

引文格式:王会利,何福英,陆星任,等. 广西桉树林下植被抚育现状调查与分析[J]. 林业调查规划,2023,48(3): 148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

WANG Huili, HE Fuying, LU Xingren, et al. Present Situation Investigation and Analysis of Understory Vegetation Management of *Eucalyptus* Plantation in Guangxi[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.027

Present Situation Investigation and Analysis of Understory Vegetation Management of *Eucalyptus* Plantation in Guangxi

WANG Huili¹, HE Fuying², LU Xingren³, NONG Hui⁴, SONG Xianchong¹, SU Han⁴,
FU Jun⁵, QIN Pengfei⁶, CAO Jizhao¹

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of National Forestry and Grassland Administration, Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning 530002, China; 2. Arboretum of Nanning, Nanning 530031, China; 3. Guangxi Huawote Ecological Fertilizer Industry Co., Ltd., Nanning 530022, China; 4. Guangxi State-owned Qipo Forest Farm, Nanning 530225, China; 5. Guangxi State-owned Paiyangshan Forest Farm, Ningming, Guangxi 532500, China; 6. Guangxi State-owned Daguishan Forest Farm, Hezhou, Guangxi 542899, China)

Abstract: Understory vegetation tending is the key technology in *Eucalyptus* plantation management. A

收稿日期:2022-01-13.

基金项目:广西林业科技推广示范项目(桂林科研[2021]6号);技术开发(委托)项目“不同除草方式下桉树萌芽林生长和土壤功能的监测与评价”。

第一作者:王会利(1982-),女,湖北襄阳人,正高级工程师。研究方向为林业土壤生态与林木植物营养。Email:397776652@qq.com

责任作者:曹继钊(1972-),男,四川邻水人,正高级工程师。研究方向为森林生态和林木配方施肥技术。Email:jizhaocao@163.com

questionnaire survey was carried out in the Guangxi state-owned forest farms to investigate the present situation of understory vegetation management of *Eucalyptus* plantation. By analyzing the situation of understory vegetation preservation, weeding control methods and herbicide application, the present situation was comprehensively understood and the existing problems were analyzed. The results showed that the understory vegetation tending of *Eucalyptus* plantation in Guangxi was usually carried out by the combination of artificial weeding and herbicide; the foster frequency was 1–3 times in the first year, and 0–1 times in the 2–4 years of afforestation, 1 time before timber harvesting; the reserve height of underground vegetation was less than 10–20 cm, and 10%–30% of understory shrubs were preserved in some forest farms; the cost of understory vegetation tending was 675–1 275 yuan/hm²; the main herbicides included Glyphosate, Caoshu and Caoyishu, all of which contained glyphosate, with spraying herbicide 7.5–18.75 kg/hm². This paper suggested to develop diversified tending measures of understory vegetation to balance the relationship between tree growth and understory vegetation diversity, and promote sustainable management of *Eucalyptus* plantation.

Key words: *Eucalyptus* plantation; understory vegetation tending patterns; herbicide use; autonomous region forest farm; Guangxi

广西壮族自治区自然条件优越,雨热同季,林木综合生长率是全国平均水平的2~3倍,是全国最大木材产区 and 林业产业大省。2020年,广西森林面积1 486.67万hm²,人工林面积906.67万hm²,木材产量超4 000万m³,约占全国木材产量的48%。桉树(*Eucalyptus*)是南方国家储备林的主要树种,面积约200万hm²,提供全区约80%的木材,有力地支撑了全国的木材供给^[1]。此外,桉树人工林在涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质等方面也发挥着重要的作用。

林下植被抚育是一种常用的、有利于树木生长的人工林经营措施^[2],在桉树人工林经营管理中尤为普遍。桉树生长速度快,需要充足的阳光、水肥和空间,在桉树的整个生长期,特别是桉树幼苗时期竞争能力较弱,林下杂草和灌木是其主要的竞争对手^[3]。此外,林下杂草丛生也会滋生更多病虫害^[4]。因此,对林下植被进行科学的抚育管理有利于减少灌草与桉树的竞争,促进桉树生长,提高木材产出。桉树林下植被物种多样,有乔木幼苗、灌木、草本和藤本等,多具有多年生、宿根性,因而难防控^[5-6]。除草和施肥能提高桉树人工林光能利用效率20%^[7]。受林下植被影响,桉树生长量明显下降的林分面积占50%以上^[8]。桉树造林后连续三年进行除草抚育,林木生长量可提高1~3倍^[9]。

目前关于广西桉树林下植被抚育对林木生长、土壤肥力、土壤微生物、植物多样性等方面影响的研究报道很多^[10-14],但对桉树林下植被抚育方式的现状与存在的问题仍缺乏全面的了解。本文采用调查

问卷的方式,在广西区直林场开展桉树林下植被抚育现状的调查,通过对林下草灌保留、除草方式、除草剂使用等情况的汇总分析,了解广西桉树林下植被抚育现状,分析其存在的问题。

1 调查方法

1.1 调查对象

调查对象是广西区直林场,包括广西国有东门林场、大桂山林场、三门江林场、派阳山林场、六万林场、高峰林场、七坡林场、雅长林场、博白林场、黄冕林场、钦廉林场、维都林场、南宁树木园。

1.2 调查方法和内容

采用问卷调查的方式。调查内容包括林下草灌保留情况、除草方式(人工、除草剂、人工+除草剂、其他)、除草次数、除草时间、除草剂种类和使用剂量、除草效果、除草成本、林下草灌管理方式的建议等。

2 结果与分析

2.1 林下植被抚育情况

林下植被抚育是桉树人工林经营中的关键技术环节。调查结果显示,各区直林场均对林下植被进行抚育。

1) 抚育方式

调查结果显示,桉树林下植被抚育主要采取人工和除草剂两种方式相结合。为了减少除草剂的使用,部分林场交替采用人工+除草剂与人工方式。

2) 抚育时间

受降雨、气温、地形、桉树生长阶段、种植年限和种植密度等影响,各林场桉树林下植被生长情况差异较大,因此开展抚育的时间差别比较大,通常在 2—7 月和 8—11 月进行抚育。

3) 抚育次数

桉树生长第一年时,由于处于生长前期,长势弱,幼树较低矮,易受除草剂的影响,林下植被抚育主要采取人工方式进行全部或带状抚育,根据林下植被生长情况进行抚育 1~3 次。在桉树生长第二年至第四年,林场根据林下植被生长情况每年进行抚育 0~1 次。此外,在桉树采伐前,通常会进行 1 次抚育。

4) 草灌保留

通常当林下杂草灌长至 50 cm 以上且影响桉树生长时进行抚育。不同林场对抚育后林下杂草灌的保留高度不同,但基本上都要求杂草灌保留高度在 10~20 cm 以下。部分林场会根据林下植被对桉树生长的影响程度,保留林下灌木 10%~30%。

5) 抚育成本

调查结果显示,人工抚育方式成本为 675~1 275 元/hm²,除草剂抚育方式成本为 675~1 170 元/hm²。抚育成本受很多因素影响,主要包括林下植被生长情况,用工成本,除草剂种类、价格和使用剂量等。

2.2 除草剂应用情况

1) 除草剂种类

各林场使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分。草甘膦主要的靶标植物为一年生、二年生以及多年生杂草^[15],其主要作用机理:一是通过抑制植物体内 EPSP(5-烯醇内酮酰莽草酸-3-磷酸合成酶)来限制芳香氨基酸的合成;二是抑制光合作用中的光合磷酸化^[16]。

2) 除草剂使用量

由于市售的除草剂种类较多,林场选择的除草剂产品和浓度不同。调查结果显示,桉树人工林除草剂的施用量为 7.5~18.75 kg/hm²。

3) 除草剂使用效果

调查问卷将除草剂除草效果分为差、一般、较好、很好 4 种情况。据统计,除草剂除草效果为很好、较好和一般,分别占 38.46%、46.15%和 15.39%。

3 讨论与建议

3.1 合理保留林下植被

林下植被是人工林生态系统的重要组成部分,

在改善土壤结构、维护林地土壤质量和促进人工林养分循环和能量流动等方面发挥着重要作用^[17]。林下植被是土壤养分的重要来源,关系到土壤的养分循环,同时能促进凋落物的分解和养分的归还,尤其是草本层大量以凋落物形式回归土壤^[18-20],对林木生长和地力维持尤为重要。桉树多代连栽明显改变了林下植被种类和功能群组成,低代次、中代次和高代次桉树林下植被分别以乡土木本植物、乡土草本植物和入侵植物为主^[21]。这可能是因为与其他类群相比,草本植物的适应性最强^[22]。

林龄也影响桉树林下植被生长。生长初期林下植被多样性指数较低,到成熟林时期有所回升^[23]。桉树、杉木、杨树等人工林经营中均有地力衰退现象,而林下植被多样性的减少被认为是重要原因之一。林下植被是人工林稳定和生态系统服务供应所必需的^[24]。桉树林下植被抚育目的并不是彻底铲除杂草灌木,而是减少其与桉树竞争阳光、水肥和空间,减少发生病虫害的风险,促进林木生长。

由此可见,林下植被在维持桉树人工林生态系统功能的同时,与桉树形成竞争关系,与土壤功能、林木生长之间的相互作用极其复杂。有研究表明,当桉树林下植被覆盖率超过 50%,高度超过 1 m 时对桉树生长造成影响^[8]。也有研究报道建议,当桉树林下植被杂草高度约 0.3 m 或覆盖率超过 30% 时,应进行除草工作^[25];杂草高度以 0.2~0.5 m、覆盖率以不超过 50% 为宜^[26]。桉树人工林带状抚育可使植物多样性、生物量碳储量和木材产量之间产生正协同效应,也被推荐^[27]。以上研究报道多是基于生产经验的归纳总结或少数试验点的林下植被抚育对比试验。

调查研究表明,广西区直林场桉树林下植被抚育时杂草灌保留高度在 10~20 cm 以下,部分保留林下灌木 10%~30%。由于目前广西桉树林下植被合理保留范围仍不清楚,林场在实际生产经营中可能会出现对林下植被干预过度的情况。合理保留林下植被,减少其负面影响的同时保留一些生态功能,使桉树生长和林下植被多样性之间达到平衡,这备受广大桉树种植单位和学者的关注。建议在广西桉树不同种植区域开展林下植被与土壤功能、林木生长之间的相互作用过程和机制的深入研究,以期确定为桉树林下植被合理保留范围提供理论支撑。

3.2 积极探索合适的抚育模式

抚育方式主要分为物理和化学两种方式。物理方式通常采取人工抚育,其最大的优点是环保和安

全,但由于广西桉树人工林大部分地处山区,地形条件复杂多变,难以采用机械抚育,而人工抚育任务繁重,劳动强度大,人工和时间成本高,抚育效果较差还会导致抚育次数增加,容易导致水土流失。同时,桉树林下植被抚育理想时间阶段相对比较集中,用工量大,但当前因大量农村劳动力流向城市,导致劳动力严重缺乏,人工成本增加,可能出现因林下植被抚育不及时使桉树生长受影响情况。

化学除草剂方式林下植被抚育效果好,防治时间长,人工和时间成本低,操作方便,不易产生水土流失,适宜在大面积林地上使用。此外,化学除草剂不断得到改良,市场上的化学除草剂品种繁多。化学除草剂方式由于在抚育效率、效果和成本等方面的优势明显,在林下植被抚育中的应用越来越普遍。但这种方式会导致有毒有害成分残留在土壤中,富集在植物中,或进入水体对包括人类的生物产生环境危害和健康安全隐患。此外,植物提取物、化感物质和一些微生物也被用作生物除草剂,主要通过分泌有毒代谢物或影响正常的细胞功能来抑制杂草种群^[28],但生物除草剂对目标对象的选择性和有效性比较强。

目前广西桉树人工林林下植被抚育采取人工抚育和化学除草剂相结合的方式,抚育方式单一。不同抚育方式均存在很多利弊,建议广大学者给予林下植被抚育机械设备研发、化学和生物除草剂更多关注,开发便捷高效的机械设备和低毒低残留、安全高效的除草剂,积极探索以物理方式和生物除草剂为主的抚育模式。

3.3 科学应用除草剂

目前,市售的除草剂品种繁多,根据作用范围可分为选择性和灭生性除草剂,根据作用方式可分触杀性和传导性除草剂,根据作用部位可分为茎叶类、树干类和土壤类^[29-30]。除草醚、盖草能、果尔等属于选择性除草剂,草甘膦、百草枯、敌草快等属于灭活性除草剂,敌稗、百草枯等属于触杀性除草剂,2,4-D 丁酯、草甘膦、二甲四氯等属于传导性除草剂^[29-30]。广西桉树人工林林下植被抚育使用的除草剂主要是草甘膦、草舒、草乙疏等,均含有草甘膦成分,属于灭生性、传导性除草剂,对顽固性杂草的灭杀效果很好。

目前,桉树林下植被管理高度依赖除草剂,由此带来的桉树人工林生态系统可持续经营、环境生态问题备受关注。有学者研究发现,施用除草剂会降低土壤质量,影响桉树生长,改变林下植被群落结构,但随除草剂施用频率的降低及恢复时间的增加,

物种丰富度及多样性指数呈恢复趋势^[12,14]。长期大量使用同一种除草剂会打断林下植被的生命周期,明显缩小了林下植被的生态位,不断淘汰抗性弱的物种,选择了更少但更有竞争力的物种^[31],经过多次诱导和进化,适应性增强而成为优势种群,最终导致林下植被多样性降低和外来物种入侵^[12]。因此,桉树人工林下植被抚育中应尽量减少除草剂的应用,或尽量选择低毒低残留的除草剂产品,尽量避免长期施用单一种类的除草剂。

4 结 语

总之,要通过合理保留林下植被、积极探索抚育模式和科学应用除草剂等措施,制定多样化的桉树林下植被抚育方式,降低林下植被对单一抚育方式的适应性,以不断拓宽林下植被的生态位,维持林下植被多样性,平衡桉树生长和林下植被多样性的关系,促进桉树人工林可持续经营。

参考文献:

- [1] 曹继钊,李孝忠. 桉树人工林沃土保育与可持续经营思考[J]. 广西林业科学,2017,46(2):233-236.
- [2] 贺同鑫,李艳鹏,张方月,等. 林下植被剔除对杉木林土壤呼吸和微生物群落结构的影响[J]. 植物生态学报,2015,39(8):797-806.
- [3] 邱超明. 桉树幼林抚育管理的重要性及解决策略[J]. 农业与技术,2019,39(8):71-72.
- [4] 丁建波,陈尚沛,莫天靖. 桉树幼林、成林抚育的管理对策探究[J]. 南方农业,2021,15(8):70-71.
- [5] 罗洁贤,俞政民,聂钰滢,等. 不同林龄桉树林下植被多样性分析[J]. 林业与环境科学,2019,35(1):36-42.
- [6] 闫河. 基于茎秆喷施法防治桉树林杂草的除草剂选择研究[D]. 广州:华南农业大学,2018.
- [7] CARRERO O,STAPE J L,ALLEN L,et al. Productivity gains from weed control and fertilization of short-rotation *Eucalyptus* plantations in the Venezuelan Western Llanos[J]. Forest Ecology and Management,2018,430:566-575.
- [8] 吕月保. 桉树林下植被与桉树生长的相关性及其除草剂在桉树营林生产中的应用初报[J]. 桉树科技,2004(1):50-52.
- [9] 何金明. 控草和施肥对桉树生长影响的试验研究[J]. 安徽农学通报,2014,20(13):115-118.
- [10] 马倩,周晓果,梁宏温,等. 不同经营措施对桉树人工林植物多样性的影响[J]. 广西科学,2017,24(2):182-187,195.
- [11] 龙定建,严理,秦武明. 除草对人工林生产力与生物多样性的影响及其可持续经营[J]. 广西林业科学,

- 2016, 45(2):180-185.
- [12] 周晓果, 左晓庆, 温远光, 等. 除草剂对桉树人工林下植物及土壤微生物群落的影响[J]. 生态学报, 2021, 41(17):6749-6763.
- [13] 左晓庆. 除草剂对桉树人工林植物—土壤—微生物的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [14] 温远光, 左晓庆, 周晓果, 等. 除草剂对桉树人工林生物量和碳储量的影响[J]. 广西科学, 2020, 27(2):128-135.
- [15] 陈绩源, 徐泽炜, 桂路露, 等. 除草剂草甘膦研究进展[J]. 农业工程, 2016, 6(6):142-144.
- [16] 陈虎保, 朱惠香, 陈国海. 草甘膦的作用机理及部位[J]. 林业科技通讯, 1997(1):23-25.
- [17] SU X P, LI S J, WAN X H, et al. Understory vegetation dynamics of *Chinese fir* plantations and natural secondary forests in subtropical China[J]. Forest Ecology and Management, 2020, 483:118750.
- [18] 杨承栋, 焦如珍, 屠星南, 等. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学, 1995, 31(3):276-283.
- [19] YANG Y, ZHANG X Y, WANG H M, et al. How understory vegetation affects the catalytic properties of soil extracellular hydrolases in a Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) forest[J]. European Journal of Soil Biology, 2019, 90:15-21.
- [20] 郭琦, 王新杰. 不同混交模式杉木人工林林下植被生物量与土壤物理性质研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(5):70-74.
- [21] 李朝婷, 周晓果, 温远光, 等. 桉树高代次连栽对林下植物、土壤肥力和酶活性的影响[J]. 广西科学, 2019, 26(2):176-187.
- [22] VANHA-MAJAMAA I, SHORHOVA E, KUSHNEVSKAYA H, et al. Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests—A ten-year perspective[J]. Forest Ecology and Management, 2017, 393:12-28.
- [23] 朱育铎, 肖智华, 彭晚霞, 等. 广西不同龄级桉树人工林植物多样性和群落结构动态变化特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(12):38-44.
- [24] AHMAD B, WANG Y H, HAO J, et al. Optimizing stand structure for tradeoffs between overstory and understory vegetation biomass in a larch plantation of Liupan Mountains, Northwest China[J]. Forest Ecology and Management, 2019, 443:43-50.
- [25] 李志育. 桉树造林技术要点及造林效益提升策略[J]. 南方农业, 2021, 15(6):86-87.
- [26] 吴庆标, 张雨蒙, 陶日志, 等. 广西桉树人工林高产稳产影响因素及调控对策[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(18):125-130.
- [27] ZHOU X G, ZHU H G, WEN Y G, et al. Effects of understory management on trade-offs and synergies between biomass carbon stock, plant diversity and timber production in eucalyptus plantations[J]. Forest Ecology and Management, 2018, 410:164-173.
- [28] RADHAKRISHNAN R, ALQARAWI A, ALLAH E F. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 158:131-138.
- [29] 刘壮. 草舒对尾巨桉幼苗生长及生理的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2016.
- [30] 谢东红. 除草剂对桉树伐桩处理及幼林去除杂草抚育的影响分析[J]. 南方农业, 2019, 13(8):146-148.
- [31] RIEMENS M, SØNDERSKOV M, MOONEN A, et al. An integrated weed management framework: A pan-European perspective[J]. European Journal of Agronomy, 2022, 133:126443.

责任编辑: 刘平书

(上接第 147 页)

- [4] 刘志欣, 邵景安, 李阳兵. 重庆市农业面源污染源的 EKC 实证分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(11):94-101.
- [5] 于骥, 蒲实, 周灵. 四川省农业面源污染与农业增长的实证分析[J]. 农村经济, 2016(9):56-60.
- [6] 尚杰, 李新, 邓雁云. 基于 EKC 的农业经济增长与农业面源污染的关系分析——以黑龙江省为例[J]. 生态经济, 2017, 33(6):157-160, 166.
- [7] 梁伟健, 江华, 廖文玉, 等. 农业面源污染与农业经济增长的空间互动效应[J]. 江淮论坛, 2018(3):34-42.
- [8] 孙大元, 杨祁云, 张景欣, 等. 广东省农业面源污染与农业经济发展的关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S1):102-105.
- [9] 杨军, 李建琴. 福建省农业经济增长、农业结构与面源污染关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(8):1277-1284.
- [10] 彭甲超, 肖建忠, 李纲, 等. 长江经济带农业废水面源污染与农业经济增长的脱钩关系[J]. 中国环境科学, 2020, 40(6):2770-2784.

责任编辑: 杨焱熔