

绿竹笋用林长周期母竹留养模式研究

岳晋军¹, 朱燕琳², 袁金玲^{1*}

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 浙江省苍南县林业局, 浙江 苍南 325800)

摘要:【目的】笋用竹林经营中合理的竹林结构是保证竹林高产稳产的前提条件, 本研究目的在于为优化绿竹竹林结构、进一步提高笋用竹林产量提供科学依据。【方法】以常规母竹留养方式(每年都留养竹, 1年竹、2年竹数量比为3:1)为对照, 对长周期母竹留养竹林(每年留养1次, 4年时更换全部母竹)进行发笋能力、笋期、产量、经济效益等指标的评价。【结果】在长周期留养母竹的模式下, 割取1只竹笋, 能增加1.8~3.0个笋芽; 单个留养周期内笋篽可延伸到8个层级; 各层级的成笋数量为8.0~10.2, 均高于母竹笋目成笋数; 新竹与母竹的距离可达64.4 cm, 远大于普通竹林的27.0 cm。长周期留养母竹模式能提前15 d出笋, 延后15 d停止发笋; 产量为37.9 kg/(丛·a), 比常规经营方式提高了22.1%; 收入504.3元/(丛·a), 比常规留养经营提高26.86%; 利润281.4元/(丛·a), 比常规留养经营提高68%。【结论】长周期母竹留养模式延长了笋期, 提高了产量和经济效益, 减少了母竹数量, 进而降低了竹篽清理和老竹砍伐劳动强度; 株距的增大还有利于机械化作业, 因此是一种值得推广的实用技术措施。

关键词: 绿竹; 母竹留养; 栽培方式; 长周期留养; 笋用林

中图分类号: Q944; S718

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1000-2006(2021)05-0031-07



Study on management model of long period stocking bamboo conservation in *Dendrocalamopsis oldhami*

YUE Jinjun¹, ZHU Yanlin², YUAN Jinling^{1*}

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China;

2. Cangnan Forestry Bureau of Zhejiang Province, Cangnan 325800, China)

Abstract: 【Objective】A reasonable bamboo forest population structure leads to a high and stable yield in bamboo forests. Therefore, our aim was to optimize the population structure of bamboo stands, and consequently, improve shoot yield. 【Method】Using the conventional stocking bamboo conservation method as the control treatment, we evaluated the shooting ability, yield and economic benefit of long-period stocking bamboo conservation forests. 【Result】Under the long-period stocking bamboo conservation mode, cutting one bamboo shoot could increase shoot buds by 1.8 to 3.0 shoot buds. It was also observed that the eight stubble generations were expended during one conservation period and 8.0–10.2 shoots were formed in each stubble generation, which was more than the shoot number from the stocking plant. Additionally, the distance between young bamboo and stocking bamboo was 64.4 cm on average, which was much further than that of 27.0 cm in the control treatment. Furthermore, the shoots emerged 15 days in advance and a delay of 15 days was seen before it stopped producing shoots. Its yearly yield was 37.9 kg per cluster, which is 22.1% higher than that of the control treatment. Moreover, its yearly revenue was 504.3 Yuan per cluster, which is 26.86% higher than that of the control treatment; while its yearly profit was 281.4 Yuan per cluster, which is 68% higher than that of the control treatment. 【Conclusion】The long-period stocking bamboo conservation mode prolonged the shoot period, improved the yield and economic benefits, reduced the number of stocking bamboo plants, and further reduced the labor intensity of bamboo stump

收稿日期 Received: 2020-12-30

修回日期 Accepted: 2021-03-02

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0600104)。

第一作者: 岳晋军(yuejinjun@163.com), 助理研究员, 博士。* 通信作者: 袁金玲(bambooculture@163.com), 副研究员, ORCID(0000-0002-1499-5382)。

引文格式: 岳晋军, 朱燕琳, 袁金玲. 绿竹笋用林长周期母竹留养模式研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2021, 45(5): 31–37. YUE J J, ZHU Y L, YUAN J L. Study on management model of long period stocking bamboo conservation in *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2021, 45(5): 31–37. DOI: 10.12302/j.issn.1000-2006.202012052.

removal and old bamboo cutting. The inter-bamboo distance was also more conducive to mechanized operations. The long-period stocking bamboo conservation mode is a simple and practical technical measure that is worth popularizing.

Keywords: *Dendrocalamopsis oldhami*; stocking bamboo conservation; management model; long period stocking; shoot stand

绿竹(*Dendrocalamopsis oldhami*)是我国优良的笋用竹种之一,具有悠久的栽培利用历史^[1]。绿竹笋因形似马蹄,又称马蹄笋,其笋味鲜美、质地脆嫩、清甜爽口,是食用品质最好的竹笋品种之一^[2]。绿竹产笋期长,年产笋 180 d 左右,产量高达到 18 t/hm²,经济价值很高^[3]。长期以来研究人员围绕提高绿竹笋用林产量和品质,研发了新品种选育^[4-5]、竹林结构调整^[6-7]、设施栽培^[8-9]、扒土晒目^[10-11]、施肥^[10, 12-13]、促萌提早出笋^[14]等一系列集约经营技术措施,满足了广大竹农提高竹林经济效益的愿望,这些也成为笋用丛生竹经营的常规模式。

竹林中每年出笋成竹,竹株的生长位置、年龄组成和径级分布构成了不同年龄母竹的自然异龄竹林结构,这种异龄的结构是维持竹林“一次种植,永续利用”的物质基础。为了维持稳定的异龄林结构,必须合理地留养新母竹、砍伐老竹,这种竹林群体结构学说为竹林培育提供了理论依据^[15-16]。合理的竹林结构是所有栽培技术措施的基础和核心^[6, 17-18],对竹林的繁衍更新和生物量形成起到决定性作用,是各项技术措施的先决条件。竹林结构状况与施肥浇水、扒土晒目、覆土育笋等技术相互耦合形成了相对完整的绿竹笋用林丰产技术体系^[7, 19]。

潘孝政等^[20]对绿竹的生物学特性进行了观察研究,指出 1 年生母竹发笋量占总量的 92.1%,2 年生仅占 7.9%,金川^[21]的研究也得出了类似结论。周益权等^[22]对梁山慈竹、撑绿竹、硬头黄竹等丛生竹发笋能力进行研究,表明 1 年生母竹发笋成竹能力最强,2 年生母竹发笋能力迅速下降,3 年生母竹基本上丧失了繁殖能力。综上所述,3 年生母竹发笋能力几乎丧失的结论得到了广泛的认同,被作为丛生竹培育的指导理论广泛应用于丛生竹生产的结构调整中,因此生产上均建议不留养或少量留养 3 年生母竹。

上述 3 年生母竹发笋能力几乎丧失的结论,都是在留养 1、2 年生竹株竹林中得出的研究结果。迄今尚未见有不留养 1、2 年生母竹,仅留养 3 年生及以上母竹对竹林生产影响的研究报道。笔者在多年的竹林培育生产实践中发现,丛生竹母竹的发笋能力是动态变化的,在某些情况下,3~4 年生母

竹仍具有较强的发笋能力。为了探讨留养 3 年生及以上母竹对竹林产量和效益的影响,笔者设置了长周期同龄母竹留养实验,以期能在理论上明确对多年生母竹的发笋成竹能力影响因素等基础生物学问题,旨在提高竹林生产效益、节约投入成本,为竹林培育提供新的技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省苍南县灵溪镇板岙村(120°23'30"E, 27°32'36"N),属于雁荡山余脉,平均海拔 53 cm,为中亚热带海洋性季风气候,四季分明,气候温和,年平均气温 17.90℃,最低气温一般出现在 1 月,最高气温出现在 7—8 月,年均降雨量 1 768.9 mm,年均降雨时长 176 d,年均无霜期 288 d。

试验样地土壤类型属于山地黄壤土,于 2008 年造林,竹林生长良好,产量稳定。2015 年建立试验地,竹丛分布较为均匀,竹丛平均胸径(DBH)相近,为 4.5 cm 左右,丛株行距 4 m×4 m,折合 16 m²/丛,控制丛株数 7~9 株,1 年生竹占 75%,2 年生竹占 25%;4 月上旬进行扒土晒目,次年新竹发枝展叶之后砍伐老竹。

1.2 母竹林留养处理

每丛按照约 8 株母竹的留养数量,采取两种处理方式。①常规留养(常规异龄林)模式:每年留养新竹,留养母竹时间在 8 月中下旬,在次年 3 月之前完成砍伐老竹、清理竹箨的工作,按照 1 年生竹与 2 年生竹数量比 3:1 留养,不留 3 年生母竹。②长周期留养(长周期同龄林)模式:每 4 年留养 1 次,2015 年留养,2016 年、2017 年、2018 年不留养,2019 年 8 月中下旬开始留养母竹,2020 年 3 月前砍伐全部老竹,清理所有老竹箨,只保留 2019 年所发新竹,留养 7~9 株/丛。长周期留养模式减少了砍伐老竹、清理竹箨的劳动量。两种不同的处理在天气干旱时均能灌溉,保证了不同年份之间的均匀性。每个处理选择 8 丛,5 次重复。

1.3 产量统计和竹箨调查

因单丛绿竹并非每天可采取竹笋,为接近其实际情况,以 5 d 为单位统计产量。2015 年 5 月 1 日开始统计,记录每个处理的产量,2020 年 11 月 1

日截止。

2018 年 7 月在整个试验地的每个不同筍层级上随机选择 30 个竹筍测定其单体筍质量。

于 2019 年 10 月挖筍生产活动将要结束时调查竹筍系统:挖开竹丛,暴露全部竹筍及其相邻部分。从母竹基部筍开始,对与其相连的竹筍进行逐级编号,形成层级,与母竹相连的竹筍算第 1 层级,与第 1 层级竹筍相连的竹筍算第 2 层级,依次类推,找出各竹筍的相互层级关系,测量每个竹筍的筍芽数、萌发数,同时测量其距离母竹或上一个层级竹筍的延伸距离。共调查 16 个竹筍系统。

2 结果与分析

2.1 不同层级的筍筍萌发能力比较

丛生竹地下竹筍上筍芽数量是形成产量的物质基础,在合适的条件下筍芽就会发筍、成竹,常规留养竹林的地下筍芽数量被认为是足够的,长周期

留养下,母竹年龄偏大,能否提供足够多可供分化的筍芽情况尚不清楚,也是竹子研究人员和广大竹农争论的焦点所在,因此探明地下筍芽数量及其分布具有重要理论和实践意义。

由不同层级的筍筍萌发能力(表 1)可以看出,从母竹算起,筍筍能达到 8 个层级,除了第 1 层级平均筍芽数为 8.1 个,其他层级的筍芽数为 17.4~20.8,均大于第 1 层级的筍芽数,这是因为每个竹筍被采收后,残余的竹筍上有能萌发的筍芽,平均为 1.8~3.0,这就意味着每割 1 个筍就增加 1.8~3.0 个筍芽,因此出现筍芽越割越多的现象。但筍芽能发育成商品竹筍的比例并不高,第 1 层级直接与母竹相连,萌发比例高达到 88.8%,其他层级的筍芽萌发比例介于 41.8%~58.1%之间。第 1 层级筍芽萌发个数为 7.5 个,其他层级萌发的筍芽数为 8.0~10.2,均大于第 1 层级萌发数。

表 1 不同层级筍筍萌发能力的比较

Table 1 Comparison of germination ability of shoot stubbles at different stubble levels

筍筍层级 stubble level	筍芽数/个 buds number	萌发数/个 germination number	萌发率/% germination rate	延伸长度/cm extending length	平均筍质量/g average weight	残筍筍芽数/ (个·筍 ⁻¹) buds number
1	8.1±1.6	7.5±1.4	88.8±10.7	17.1±8.7	336±78	2.8±0.7
2	20.4±2.3	8.4±2.2	42.0±13.9	21.8±6.7	326±89	2.5±0.7
3	19.3±2.0	9.6±2.8	50.0±15.9	24.3±6.4	321±60	2.1±1.0
4	18.1±3.3	10.2±2.0	58.1±16.2	24.6±5.8	302±92	1.8±0.6
5	17.8±3.7	8.0±2.8	48.1±21.9	25.3±7.0	318±99	3.0±1.4
6	20.8±3.5	8.4±2.5	41.8±14.8	21.9±7.7	315±96	2.5±0.9
7	19.5±1.8	8.8±1.7	45.6±9.3	20.4±9.5	325±57	2.1±0.6
8	17.4±2.2	9.6±1.2	56.1±9.0	23.3±7.2	336±63	2.0±0.3

注:数据为平均值±标准差。下同。Datas are mean ± SD. The same below.

从筍延伸距离来看,第 1 层级的竹筍平均延伸 17.1 cm,其他层级的竹筍平均延伸距离为 20.4~25.3 cm。这是因为第 1 层级直接与母竹相连,有些尾目萌发距母竹较近,而其他层级的竹筍由于割筍而导致剩余头目、二目数量较多。高贵宾等^[2]研究表明,头目、二目发筍延伸距离远远大于三目、尾目发筍延伸的距离。而从单体筍质量看,第 1 层级和其他层级的差别不显著。

由上述调查结果可知,在不留养母竹、竹筍全部采收的情况下,筍筍会一直保持萌发能力,最多能萌发到 8 个层级以上,每个层级具有潜在分化能力的筍芽数远大于母竹本身的 8 个筍芽,最终发育成商品筍的数目和母竹相差不多,多余筍芽会失去萌发能力成为虚芽或者随着割筍直接腐烂。观察发现,残余的竹筍能存活的条件是其筍芽具有萌发

能力或者竹筍上具有发育良好的根系;而发育成商品筍的数量可能受到母竹营养供应的限制,即使有很多筍芽也不能同时发育成商品筍,也就是竹林培育中的退筍或虚目现象。从这个角度讲,进一步提高竹林的水肥条件,绿竹林的竹筍产量还有较大的提升空间。

2.2 两种留养经营方式下绿竹的生长状况

母竹直径、新竹与母竹距离、单体筍质量、产量、筍期等指标通常被用来估算竹林的经济效益。从两种留养方式下竹林生长情况(表 2)可以看出,母竹直径和单体筍质量这两个指标差异不显著,说明母竹的留养方式变化并不影响母竹留养质量,对竹筍的单体筍质量也没有显著影响。长周期留养母竹的竹林中,新竹距离母竹平均达 64.4 cm,远大于普通竹林的 27.0 cm,统计分析表明差异显著。比较两种

母竹留养方式的6年平均竹笋产量发现,常规经营的产量为31.0 kg/(丛·a),而长周期留养的产量为37.9 kg/(丛·a),比常规经营提高了22.1%;*t* 检验统计分析表明两者差异显著。常规经营竹林出笋时间为5月15日,而长周期留养母竹出笋时间为5月1日,比常规经营竹林早15 d;常规经营竹林笋期结束时间为10月15日,而长周期留养模式笋期结束时间为11月1日,比常规经营竹林晚15 d。

表 2 两种留养方式竹林生长状况

Table 2 The growth status of two stocking bamboo conservation methods

留养方式 conservation method	母竹直径/cm stocking bamboo diameter	新竹距 母竹距离/cm distance of young to stocks	单体笋质量/g weight per shoot	丛年产量/ (kg·丛 ⁻¹ ·a ⁻¹) yearly yield per clump	笋期起始 日期(月-日) shoot date (month-day)	笋期结束 日期(月-日) stop date (month-day)
常规 short period	6.4±0.6	27.0±11.4	341±47	31.0±0.2	05-15	10-15
长周期 long period	6.4±0.5	64.4±13.9 *	347±50	37.9±1.6 *	05-01	11-01

注: * 为 *t* 检验差异显著($\alpha=0.05$)。* indicates significant difference in *t* test ($\alpha=0.05$) .

2.3 两种母竹留养方式下笋用林产量和收益比较

由于笋用竹林是多次连续收获农林产品类型,收获期长达半年以上,不同的收获期其价格有所不同,了解竹林的产量、笋价等变化规律是制定竹林培育措施的主要依据。

从两种留养方式的笋用林产量(图 1A)看出,在一个生产季度内,竹笋的产量呈现两头低中间高的趋势,常规留养母竹有 3 个生产高峰,分别在 7

月上中旬、8 月上旬和 9 月中下旬,以 7 月中旬的出笋高峰产量最高,5 d 的平均产量能达到 2.11 kg/丛,在 8 月中下旬留养新竹之后,竹笋产量有较为明显的下降;长周期留养母竹出笋规律基本与常规留养一致,但出笋更早,大约早 15 d,出笋高峰期的产量更高,5 d 的平均产量可达 2.67 kg/丛,由于不用年年留养新竹,因此在 8 月中下旬之后,未出现明显的产量下降。

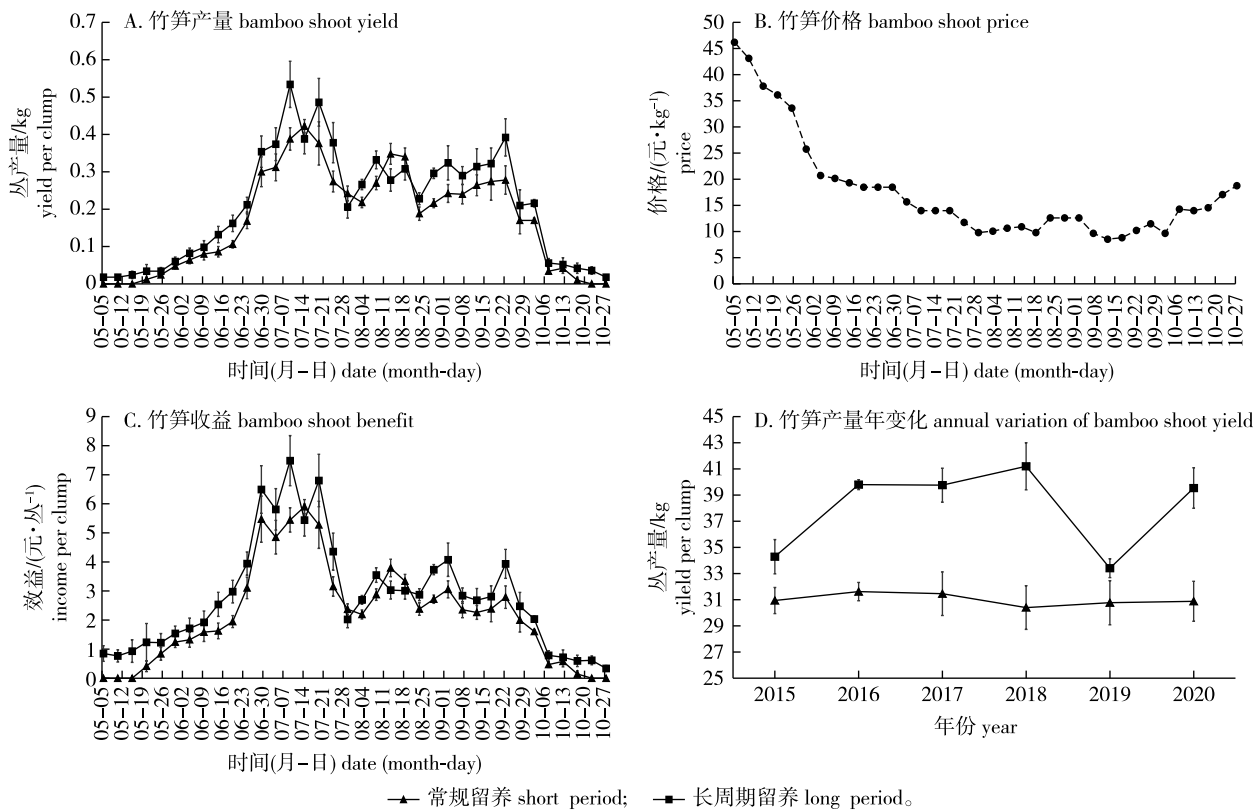


图 1 两种留养方式下笋用林的产量和效益

Fig.1 The yield and benefit of two stocking bamboo conservation methods

从竹笋价格(图 1B)中可以看出,竹笋统货价格呈现前期和后期高、中间低的趋势,最初的价格超过 40 元/kg,随着产量的增加,竹笋价格持续下降,到 6 月底价格基本稳定在 10 元/kg 上下,最低到 8.54 元/kg,这种价格浮动一直持续到 10 月初,随着产量的下降,后期价格略有上升,能达到 18 元/kg。

从笋收益(图 1C)中可以看出,竹笋收益的变化与产量基本一致,不同的是,早期由于价格较高,相同产量的竹笋收益更高,随着竹笋产量的增加,价格逐渐下降。总收益随着产量的变化也出现 3 个收益高峰,在后期由于竹笋产量减少,价格偏高,与产量相比收益上涨。

从竹笋产量年变化(图 1D)中可以看出,采用

常规留养方式经营的竹林,由于每年采取的技术措施相对比较一致,因此年际间的产量变化不大。由于长周期留养方式经营的竹丛,留养母竹当年竹笋产量下降比较明显,只有 33.4 kg/丛;不留养母竹,次年能回升到 39.5 kg/丛。由此可见,不留养母竹能促进更多地萌发竹笋。

2.4 两种不同方式的投入产出

笋用竹林经营的投入产出情况与经济效益密切相关,是衡量笋用林经营模式的重要指标。

本研究两种留养方式的投入产出情况见表 3。绿竹笋用林经营的投入分为劳动力投入和物资投入,其中劳动力投入主要是砍竹、清理竹箨、施肥、挖笋等环节,物资投入主要是肥料的成本;产出则是销售竹笋的收益。

表 3 两种留养方式的投入产出
Table 3 The input and output of two stocking bamboo conservation methods 元/(丛·a)

留养模式 stocking bamboo conservation methods	投入 input							产出 output	
	砍竹 cutting bamboo	清理竹箨 stump removing	扒晒 unnnng	施肥人工费 fertilizing labor cost	挖笋 harvisting	肥料购置费 fertilizer cost	成本 cost	竹笋 income	利润 profits
常规 short period	7.1	14.3	28.6	21.4	124.3	34.3	230.0	397.5	167.5
长周期 long period	1.4	2.9	28.6	21.4	134.3	34.3	222.9	504.3	281.4

劳动力投入按照 250 元/d 计算,肥料价格按照 2019 年苍南农资市场均价进行计算。施肥分 4 次进行,分别是扒晒肥、笋前肥、笋期肥、养竹肥,除了扒晒肥施用的有机肥不能随灌溉同时进行,其他几次均通过水肥一体化施用。两种方式在施肥环节耗费的劳动力基本一致,扒土晒目环节耗费的劳动力一致,其中砍竹、清理竹箨等环节常规留养经营比长周期经营耗费的劳动力要多。由于产量高、笋期长,长周期留养模式下先挖笋的投入 134.3 元/(丛·a),比常规留养投入 124.3 元/(丛·a)高。综合来看,两者在经营成本的投入相差不大,从利润的角度看;常规留养只有 167.5 元/(丛·a),长周期有 281.4 元/(丛·a),长周期比常规留养模式提高 68%。

3 讨 论

长周期留养母竹的绿竹笋用林中,割取 1 只竹笋,平均能增加 1.8~3.0 个笋芽,各层级的成笋数略高于母竹平均成笋数 7.5 个,介于 8.0~10.2 个,能延伸到 8 个层级,远大于普通竹林的 3 个层级,新竹与母竹的距离长达 64.4 cm,远大于普通竹林

的 27 cm,能提前 15 d 出笋,延后 15 d 停止发笋,产量为 37.9 kg/(丛·a),比常规经营方式提高 22.1%;收益达到 504.3 元/(丛·a),比常规留养经营收益提高 26.86%;利润 281.4 元/(丛·a),长周期比常规留养的情况提高 68%。另外,竹株间距的增大有利于机械化作业,就整个竹林而言,可减少劳动力投入,且便于机械化作业。

基于 1、2、3 年生竹株的异龄竹林生物学观察得出“3 年生母竹发笋能力几乎丧失”的结论^[20-26],异龄竹林中 1、2 年生竹为生长中心,导致 3 年生母竹丧失了笋芽萌发能力。如果将竹林改成同龄结构,多年生母竹始终是生长中心,与之相连的竹箨上其潜伏笋芽就能保持活力,割笋时只要保留笋箨基部 2~3 个潜伏笋芽,在水肥条件充分的情况下,潜伏笋芽会出现越割越多的现象。

高培军^[27]研究表明,新竹留养后,竹笋产量急剧下降,这和新竹消耗竹丛的营养物质、竹丛的生长中心从萌发新笋转移新竹生长有关。不留养新竹的情况下,母竹的营养物质供应新笋生长,一旦新笋被割取,顶端优势被破坏,其基部的残留笋目就会萌发且持续不断,产量不会出现明显的降低,

更不需要频繁地砍伐老竹、清理竹箨,避免了大量劳动力投入和处理废弃竹秆。

黄勇^[28]对绿竹母竹根系生长情况进行了研究,发现2年生绿竹大量出现3级侧根,2年生绿竹母竹出现4级侧根,3~5年生母竹根系存在萎缩和再生并存现象,6a以后母竹根系进入老化期,说明了绿竹6a之后才进入老化期。在母竹尚未进入老化期之前,过早地砍伐老竹,不利于竹丛生产力的有效利用。

竹笋最大的特点是可长时间连续收获,且采收标准相对比较宽泛,采收量和采收地点选择全靠采收者的经验判断和掌握^[29]。在长周期母竹留养的情况下,割笋技巧显得尤为重要,实践证明,保留足够多的笋目,才能越割越多,如果将笋目一并割取,又未留养新竹,则会越割越少,因此对笋农的采笋技术培训十分重要。作为一种新的母竹留养模式,扒土晒目、覆土育笋、施肥、浇水等环节均与每年留养母竹模式一致,因其出笋早、结束晚、笋期长,竹林对营养元素需求规律与常规模式有一定差异,配套的技术措施需要进行优化。与其他竹类的复合经营^[30]、生物量模型构建^[18]、组学^[31]等研究相比,对绿竹的研究相对较少,尚需进一步深入研究。

参考文献(reference):

- [1] 林树燕,傅华君,万雅雯,等.‘霞早’绿竹花形态特征及花药发育的组织学观察[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2):7-13. LIN S Y, FU H J, WAN Y W, et al. Anther development and floral morphology characteristics of *Bambusa oldhami* ‘Xia Zao’ ZSX[J]. J Nanjing For Univ(Nat Sci Ed), 2019, 43(2): 7-13.
- [2] 高贵宾,顾小平,吴晓丽,等.绿竹出笋规律与散生状栽培技术[J].浙江林学院学报,2009,26(1):83-88. GAO G B, GU X P, WU X L, et al. Shooting order and cultivation of *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. J Zhejiang For Coll, 2009, 26(1): 83-88.
- [3] 张迎辉,陈礼光,凡莉莉,等.保水剂与氮肥协同作用对绿竹抗性生理影响的综合评价[J].西南林业大学学报(自然科学),2019,39(5):43-50. ZHANG H Y, CHEN L G, FAN L L, et al. Comprehensive evaluation of physiological effects of water-retaining agent and nitrogen fertilizer on resistance of *Bambusa oldhami* [J]. J Southwest Forestry University (Nat Sci), 2019, 39(5): 43-50.
- [4] 王月英,金川,曾爱平,等.花绿竹生物经济特性及与传统绿竹的比较[J].林业科技开发,2012,26(3):50-53. WANG Y Y, JIN C, ZENG A P, et al. Biological and economic characters of *Dendrocalamopsis oldhami* (Munro) Keng f. *f. revoluta* and comparison with *D. oldhami* [J]. J Forestry Engineering, 2012, 26(3): 50-53.
- [5] 王月英,夏海涛,金川,等.绿竹7个种源的遗传多样性ISSR分析[J].浙江农业学报,2011,23(3):479-482. WANG Y Y, XIA H T, JIN C, et al. ISSR analysis of genetic diversity among 7 provenances of *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. J Zhejiang For Coll, 2011, 23(3): 479-482.
- [6] 陈双林,杨清平,陈长远.基于N/S的绿竹笋用林丰产结构控制研究[J].林业科学研究,2008,21(6):741-744. CHEN S L, YANG Q P, CHEN C Y, et al. Research on structure control of high yield *Bambusa oldhami* bamboo shoot stands basing on N/S[J]. Forest Research, 2008, 21(6): 741-744.
- [7] 陈双林,杨清平,陈长远,等.绿竹笋用林林分结构与经济性状关系研究[J].四川农业大学学报,2005,23(1):75-79. CHEN S L, YANG Q P, CHEN C Y, et al. Study on the relations between forest structure and economical character for bamboo shoot stands of *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. J Sichuan Agricultural University, 2005, 23(1): 75-79.
- [8] 高贵宾,顾小平,张小平,等.设施内外绿竹光合作用日变化及影响因子研究[J].江西农业大学学报,2008,26(3):494-498. GAO G B, GU X P, ZHANG X P, et al. A study on diurnal variation of photosynthesis of *Dendrocalamopsis oldhami* grown inside and outside green house and its influential factors [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2008, 26(3): 494-498.
- [9] 尹子旭,卢玉生,张美曼,等.光、氮及其互作对设施绿竹叶片碳氮代谢的影响[J].生态学杂志,2020,39(12):1-18. YIN Z X, LU Y S, ZHANG M M, et al. Interactive effects of light intensity and nitrogen supply on leaf carbon-nitrogen metabolism of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(12): 1-18.
- [10] 高贵宾,顾小平,吴晓丽,等.绿竹笋用林扒晒与施肥技术研究[J].四川农业大学学报,2009,27(1):79-82. GAO G B, GU X P, WU X L, et al. Study on sunning root-ball and fertilization technology of *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. J Sichuan Agricultural University, 2009, 27(1): 79-82.
- [11] 金川,王月英,董孔竹,等.绿竹丰产因子测试及配套技术研究[J].浙江林业科技,1992,12(5):9-16. JIN C, WANG Y Y, DONG K Z, et al. Research on the high-yield factors and complete-set techniques for *Bambusa oldhami* [J]. J Zhejiang Forestry Science and Technology, 1992, 12(5): 9-16.
- [12] 陈明久.屏南县低海拔地区绿竹施肥对比试验[J].绿色科技,2018,35(13):79-80. CHEN M J. Comparative experiment on fertilization of *Dendrocalamopsis oldhami* in low altitude area of Pingnan County[J]. J Green Science and Technology, 2018, 35(13): 79-80.
- [13] 陈明久.绿竹不同立地条件施肥对比试验[J].园艺与种苗,2018,38(4):11-12. CHEN M J. Contrast experiments on fertilization in different site conditions of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. Horticulture & Seed, 2018, 38(4): 11-12.
- [14] 陈双林,陈长远,王维辉,等.绿竹笋芽提前萌发促成技术研究[J].西南林学院学报,2004,24(3):17-20. CHEN S Y, CHEN C Y, WANG W H, et al. Study on shooting hastening techniques of *Dendrocalamopsis oldhami*[J]. J Southwest Forestry University (Nat Sci), 2004, 24(3): 17-20.
- [15] 熊文愈.毛竹林的丰产问题[J].南京林业大学学报(自然科学版),1959,4(1):103-112. XIONG W Y. The problem of high yield in moso bamboo forest groves[J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 1959, 4(1): 103-112.
- [16] 熊文愈.毛竹林的群体结构及其经营管理[J].林业科学,1962,7(3):183-192. XIONG W Y. The group structure and management of moso bamboo forest [J]. Sci Sil Sin, 1962, 7(3): 183-192.

- [17] 吴伟光,曹先磊.毛竹林经营投入产出关系与经营效益分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2016,40(3):108-114. WU W G, CAO X L. Study on the relationship between input, output and economic benefit of moso bamboo plantation [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2016, 40(3): 108-114.
- [18] 姚文静,王茹,林树燕,等.翠竹实生苗生长发育规律及构件生物量模型拟合[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(6):103-106. YAO W J, WANG R, LIN S Y, et al. Growth law and model fitting of module biomass of *Pleioblastus pygmaeus* seedlings [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2020, 44(6): 103-106.
- [19] 范少辉,刘广路,苏文会,等.竹林培育研究进展[J].林业科学研究,2018,31(1):137-144. FAN S H, LIU G L, SU W H, et al. Advances in research of bamboo forest cultivation [J]. Forest Research, 2018, 31(1): 137-144.
- [20] 潘孝政,金芳义.绿竹笋期生物学特性观察研究[J].竹子研究汇刊,1990,9(3):51-60. PAN X Z, JIN F Y. Observation and study on the biological characteristics of *Dendrocalamus oldhami* shoot [J]. Journal of Bamboo Research, 1990, 9(3): 51-60.
- [21] 金川.绿竹发笋及其生物制约因素研究[J].贵州林业科技,1989,17(3):30-37. JIN C. Study on the shoot and its Biological control factors of *Dendrocalamus oldhami* [J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 1989, 17(3): 30-37.
- [22] 周益权,顾小平,吴晓丽,等.丛生竹秆基各笋目的出笋成竹生物学特性研究[J].林业科学研究,2011,24(3):314-320. ZHOU Y Q, GU X P, WU X L, et al. Study on biological characteristics of bamboo shooting from base of sympodial bamboo buds [J]. Forest Research, 2011, 24(3): 314-320.
- [23] 周益权,马光良,郭岩辉,等.丛生竹纸浆林调控出笋技术[J].林业工程学报,2011,25(2):106-109. ZHOU Y Q, MA G L, GUO Y H, et al. Study on shooting control technique for pulp forest of sympodial bamboo [J]. Journal of Forestry Engineering, 2011, 25(2): 106-109.
- [24] 傅成杰,陈礼光,杨旺利,等.绿竹地下箨系结构与出笋量关系的研究[J].世界竹藤通讯,2015,13(2):6-10. FU C J, CHEN L G, YANG W L, et al. A study of relationship between bamboo stump structure and shooting quantity of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. World Bamboo and Rattan, 2015, 13(2): 6-10.
- [25] 傅成杰,方栋龙,廖建国,等.绿竹密度等生长因子与出笋量关系的研究[J].新农业,2019,49(23):5-8. FU C J, FANG D L, LIAO J G, et al. Study on the relationship between growth factors such as *Dendrocalamopsis oldhami* density and shoot yield [J]. New Agriculture, 2019, 49(23): 5-8.
- [26] 傅成杰,廖建国,方栋龙,等.绿竹地下不同类型竹箨产笋能力研究[J].安徽农学通报,2019,25(20):59-61. FU C J, LIAO J G, et al. A Study on shoot production ability of different types of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2019, 25(20): 59-61.
- [27] 高培军.绿竹笋用林丰产机理与栽培技术研究[D].福州:福建农林大学,2003. GAO P J. Studies on the high-yield theory and cultivation technics for shoot-used *Sinocalamus oldhami* plantation [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2003.
- [28] 黄勇.绿竹地下茎发笋生物学特性研究[J].西南林学院学报,2008,28(5):39-41. HUANG Y. Study on rhizome shooting biological characteristics of *Bambusa oldhami* [J]. J Southwest For Univ (Nat Sci), 2008, 28(5): 39-41.
- [29] 岳晋军,吴柏林,林晓越,等.浙江龙游县毛竹笋材价格变化规律研究[J].世界竹藤通讯,2019,17(1):23-27. YUE J J, WU B L, LIN X Y, et al. Research on price variation of *Phyllostachys edulis* culm and shoot in Longyou County, Zhejiang Province [J]. World Bamboo and Rattan, 2019, 17(1): 23-27.
- [30] 郭子武,杨丽婷,林华,等.坡位对毛竹林下黄花远志生物量积累与分配及其异速生长关系的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(6):79-84. GUO Z W, YANG L T, LIN H, et al. Effects of slope positions on growth and biomass accumulation, allocation and allometry of *Polygala fallax* in *Phyllostachys edulis* forest [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2020, 44(6): 79-84. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2006.201909037.
- [31] 鞠烨,江建平,尹增芳,等.孝顺竹笋箨全长转录组测序分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(6):175-183. JU Y, JIANG J P, YIN Z F, et al. Full-length transcriptome sequencing and annotation analyses of *Bambusa multiplex* sheath [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2020, 44(6): 175-183. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2006.202002025.

(责任编辑 吴祝华 马雪红)