

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.05.023

长足大竹象成虫取食行为

蒲远凤¹,周学莉²,杨桦^{3*},刘艳琳³

(1.南充市林业局,四川南充 637000; 2.绵阳市林业局,四川绵阳 621000;
3.四川农业大学林学院四川省林业生态工程省级重点实验室,四川成都 611130)

摘要:探索长足大竹象(*Cyrtotrachelus buqueti*)成虫取食行为。本文通过室内饲养观察和野外观察的方法,记录完整的取食过程,比较长足大竹象在不同寄主上取食行为的差异。结果表明:长足大竹象一次完整的取食包括搜寻、试探、进食和清洁4个阶段,雌雄都有多次取食行为。室内试验证明,长足大竹象进食和清洁时间明显长于搜寻和试探时间,雄虫搜寻、试探时间长于雌虫,而雌虫进食、清洁时间长于雄虫。长足大竹象在不同寄主植物上的取食时间存在差异,长足大竹象嗜食慈竹,对四季竹、麻竹、小琴丝竹竹笋少有取食,慈竹上笋选择次数、取食次数、取食孔数和取食面积显著多于其他3种竹笋,搜寻时间低于其余3种竹笋,而取食和清洁时间长于其余3种竹笋。林间长足大竹象的取食行为与室内观察结果基本一致。研究结果有助于了解长足大竹象取食行为,也对研究该虫的行为控制技术提供了依据。

关键词:长足大竹象;取食;行为

中图分类号:Q958.12 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2018)05-0100-05

Feeding Behavior of *Cyrtotrachelus buqueti*

PU Yuan-feng¹ ZHOU Xue-li² YANG Hua^{3*} LIU Yan-lin³

(1. Nanchong Forestry Bureau, Nanchong 637000, Sichuan, China;

2. Mianyang Forestry Bureau, Mianyang 621000, Sichuan, China;

3. Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering of Sichuan Province, College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, Sichuan, China)

Abstract: This study aimed to explore *buqueti* (*Cyrtotrachelus buqueti*) adult feeding preferences. The whole feeding process of *C. buqueti* was recorded and compared in feeding behavior on different hosts, by the combination of laboratory rearing with field observation. The result showed that a complete feeding of *C. buqueti* involved four phases: searching, probing, eating and cleaning. There were multiple feeding behavior for both female and male adults. Laboratory observation showed that the time of eating and cleaning was significantly longer than that of searching and probing, the males spent more time on searching and probing than the females, but the females' eating and cleaning time was longer than the males. The feeding time of *C. buqueti* in different hosts was different. *C. buqueti* adults most liked eating bamboo shoots of *Sinocalamus afris*, hardly ate *Arundo donax*, and the other three bamboo shoots. On *S. afris*, their choice times, feeding times, feeding holes and feeding area were significantly more than on the other three kinds of bamboo shoots, and their searching time was less, their feeding and cleaning time was longer than on the other three bamboo shoots. The feeding behavior of *C. buqueti* observed in the field was basically con-

收稿日期:2018-07-24

基金项目:四川农业大学长江上游生态林业工程建设资助项目

作者简介:蒲远凤(1991-),女,重庆涪陵人,硕士研究生,主要从事林业病虫害研究,e-mail: 969916700@qq.com。

* 通讯作者:杨桦,e-mail: yanghua151017@163.com。

sistent with the results observed in the laboratory. The results could help us understand the feeding behavior of *C. buqueti* adults, and further provide scientific basis for the research of behavior control technology of this insect.

Key words: *Cyrtotrachelus buqueti*, Feeding, Behavior

长足竹大象 (*Cyrtotrachelus buqueti*) 又名竹横锥大象, 属鞘翅目 (Coleoptera) 象甲科 (Curculionidea) 弯颈象属 (*Cyrtotrachelus*), 广泛分布于我国四川、重庆、广西等地, 主要危害水竹 *Phyllostachys heteroclada*、绿竹 *Dendrocalamopsis oldhami*、青皮竹 *Bambusa textilis*、撑绿竹 *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamopsis daii* 等竹种^[1], 是重要的林业害虫^[2-3]。长足大竹象为寡食性昆虫, 主要取食幼嫩的丛生竹笋尖部^[4-5]。国家实施天保工程以来, 竹以其优质的纤维已成为造纸的主要原料, 以竹代木是当今造纸原料发展的主要趋势^[6]。四川省竹林面积以 $13\ 000\ \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1} \sim 320\ 000\ \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度增长, 而长足大竹象发生面积就近 $67\ 000\ \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 危害率为 50% ~ 80%, 严重时达 100%, 严重制约了我省竹林经济的发展^[7-8]。

植食性昆虫的取食行为是对其寄主植株的适应性反应, 研究昆虫的取食行为有利于害虫行为调控新技术的开发^[9-12]。目前, 国内外学者对长足大竹象形态学、生物学、资源开发对竹笋挥发物反应及防治技术已有一定的研究^[13-18], 但至今长足大竹象取食的详细研究仍未见报道。笔者通过室内饲养观察和野外观察的方法, 记录完整的取食过程, 比不同寄主上取食行为的差异, 为设计害虫防治技术与资源昆虫的饲养提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 供试虫源

2016 年 7 月中下旬长足大竹象出土盛期, 于四川省芦山县思延乡铜头村 (103°0'N; 30°3'E) 慈竹林采集刚羽化出土未交配的成虫, 分装于筒形牙签盒内 ($\Phi = 5\ \text{cm}$; $H = 10\ \text{cm}$)。带回实验室后, 雌雄成虫分别放入 $60\ \text{cm} \times 60\ \text{cm} \times 60\ \text{cm}$ 不锈钢网养虫笼内, 在室内温度约 25℃、相对湿度 70%、光周期 12L:12D 下用新鲜竹笋饲养, 每天更换 1 次竹笋。

1.2 取食行为观察

室外观察, 在成虫活动盛期 (7 月 15 日—8 月 15 日), 于四川省雅安市芦山县思延乡铜头村 (103°0'N; 30°3'E) 慈竹 (*Sinocalamus afri*) 林内。于每天

7:00—18:00, 每隔 2 h 观察 1 次, 发现长足大竹象出现时, 进行跟踪观察并记录。每次观察 1 h 以上, 观察成虫取食情况。

室内观察, 用记号笔分别在雌虫和雄虫背部标注不同代码, 以此标记同期羽化出土的长足大竹象成虫 4 对 (雌雄大小差异不明显, 无畸形, 羽化出土后饲养 3 d), 置于养虫笼内 ($60\ \text{cm} \times 60\ \text{cm} \times 60\ \text{cm}$), 以慈竹饲养, 实验前试虫饥饿 24 h, 每天 7:00—18:00 点进行观察。连续观察 5 d, 每个处理 3 个重复。

1.3 长足大竹象成虫取食偏好试验

1.3.1 对不同种竹笋的取食行为的影响

取平均长度在 50 cm 左右的未遭受大竹象破坏的慈竹、四季竹、麻竹、小琴丝竹新鲜嫩笋各 60 根, 每 3 根竹笋以三角形堆成 1 笼, 共 20 笼, 每笼用不锈钢网罩罩住。中间接入 8 头 (4 雄 4 雌) 饥饿 24 h 后的大小相同长足大竹象成虫, 以纱布罩住, 防治试虫逃逸, 观察其取食行为, 然后更换试虫再进行测试。连续观察 5 d, 每个处理 3 个重复。

1.3.2 取食量的判定

4 种竹子, 取平均长度在 50 cm 左右的未遭受大竹象破坏的新鲜嫩笋 60 根, 每 3 根竹笋以三角形堆成 1 笼, 共 20 笼, 每笼用不锈钢网罩罩住, 于 7:00 左右, 每笼竹子各接入 1 头饥饿 24 h 的长足大竹象, 用纱布罩住。计算取食面积, 测定取食痕的长和宽。取食痕面积计算方法用古野东洲方法, 即长度 × 宽度 × 88.6% = 实际取食面积。从取食面积判断其取食量。综合分析其对不同种竹子的取食偏好性。连续观察 5 d, 每个处理 3 个重复。

1.4 数据分析

实验所得数据用 Microsoft Office Excel 2007 和 SPSS19.0 进行统计分析。不同竹笋对取食行为的影响采用 Duncan 氏多重比较。

2 结果与分析

2.1 长足大竹象取食行为

长足大竹象 1 次完整的取食过程包括取食准备

期:搜寻、试探,取食中期:进食,取食后期:清洁,4个阶段(见表1)。

表1 长足大竹象成虫取食各阶段时间

Tab.1 Each stage of the feeding time of *Cyrtotrachelus buqueti*

取食行为	雄虫	雌虫
搜寻	42.13 ± 2.99	41.75 ± 3.50
试探	196.12 ± 18.49	182.13 ± 14.77
进食	6 289.75 ± 549.03 *	10 677.81 ± 859.32
清洁	268.82 ± 8.05 *	359.23 ± 26.11

表中数据为平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± SE. * p < 0.05 (Independent - sample t - test)

搜寻:长足大竹象通过视觉和嗅觉搜寻竹笋所在位置,从笋尖爬上,在笋表面静止约 2 s,触角张合。

试探:在正式取食前,长足大竹象利用触角进行试探,触角上下交替抖动,呈锐角近平行,轻触笋面,并用前足拍打笋面,用喙轻划笋面,尝试取食部分竹笋,若确定为取食目标则继续取食,反之则重新搜寻寄主并取食。

进食:长足大竹象多在竹笋梢部进行取食,钻孔时,成虫前足拍打竹笋,中足、后足抱握竹笋,喙与身体呈 90°,喙前端闭合刺入笋内,身体晃动,尾部上下伸缩,取食时,将喙完全伸入竹笋内部,身体前后轻微移动,喙逐渐深入竹笋内层,取食幼嫩组织。

清洁:成虫在进食结束后将喙取出,通过触角或喙继续触碰竹笋,抽出喙将笋渣刨出取食孔,再次插入喙,约 10 s 后取出,不断重复刨出笋渣,部分成虫会扇动翅膀,抽出喙在笋表面摩擦,停留一段时间后爬走或飞离,取食结束。

室内试验共观察到成虫上笋次数 514 次,雄虫 278 次,雌虫 236 次,其中有效取食次数为 274 次,雄虫 140 次,雌虫 144 次。取食各阶段时间存在差异,如表 1 所示,进食时间最长。雄虫完成完整的 1 次取食过程所需时间为 6 796.81 s ± 578.57 s,其中

搜寻平均时间为 42.13 s ± 2.99 s,试探平均时间为 196.12 s ± 18.49 s,进食平均时间为 6 289.75 s ± 549.03 s,清洁平均时间为 268.82 s ± 8.05 s,雌虫一次完整的取食时间为 11 260.92 s ± 903.69 s,其中搜寻平均时间为 41.75 s ± 3.50 s,定位平均时间为 182.13 s ± 14.77 s,进食平均时间为 10 677.81 s ± 859.32 s,清洁平均时间为 359.23 s ± 26.11 s。取食准备期时间雄虫长于雌虫,但差异不显著,进食、清洁时间雌虫长于雄虫且差异显著(p < 0.05)。取食平均面积为 4.89 cm² ± 0.97 cm²。

通过室内观察得,在取食过程中,长足大竹象会因外部干扰而停止取食,情况分雄虫与雌虫来说明。雄虫取食时,停止取食的原因分为两种:一种是雄虫间打斗,驱赶;另一种是对雌虫的求偶、交配行为而停止取食。雌虫取食时,干扰来自雄虫,为躲避雄虫的求偶行为而停止取食。并且,雌虫在交配的同时也会不停取食,在产卵后也会有补充取食的现象出现。长足大竹象在第 1 天取食量最大,其后慢慢减少,在第 3 天开始出现死亡的情况。

野外观察得,长足大竹象多在竹笋梢部近中部进行取食,对竹笋基部取食较少,取食部位距竹笋顶端 15 cm ~ 25 cm,受害孔直径约 1 cm ~ 2 cm,笋箨纤维外翻 1 cm ~ 3 cm;在室内观察期间,长足大竹象会选择无笋壳包裹笋肉较厚的基部取食。

2.2 长足大竹象成虫的取食偏好

2.2.1 不同竹笋对长足大竹象取食行为的影响

通过对 4 种竹笋上长足大竹象取食各阶段时间统计结果如表 2 所示,在慈竹上,取食和清洁时间明显长于其余 3 种竹笋,搜寻时间明显低于其余 3 种竹笋,达到显著性差异(p < 0.05)。在麻竹上,搜寻和定位时间显著长于其余 3 种竹笋(p < 0.05)。在小琴丝竹,除搜寻外,其他时间都短于另外 3 种竹笋(p < 0.05)。

表2 不同竹笋对长足大竹象成虫取食各阶段时间的影响

Tab.2 Effect of different host bamboo shoots on each stage of the feeding time

寄主	搜寻	试探	进食	清洁
慈竹	38.91 ± 0.97b	120.25 ± 2.48a	4611.48 ± 47.74a	308.78 ± 4.07a
四季竹	52.95 ± 1.16ab	119.66 ± 1.51a	2399.47 ± 60.14b	101.51 ± 1.39b
麻竹	64.59 ± 1.11a	123.45 ± 2.05a	1131.37 ± 33.90c	65.30 ± 2.22c
小琴丝竹	64.13 ± 14.03a	71.1 ± 15.56b	312.8 ± 68.37d	12.07 ± 2.66d

表中数据是平均值 ± 标准误,同列数据后不同小写字母表示差异显著(p < 0.05, Duncan 氏检验)。Data in the table are mean ± SE, and values within a column followed by different small letters are significantly different (P < 0.05, Duncan's test) .

2.2.2 取食量测定

林间调查发现,长足大竹象在慈竹上虫口密度最大,四季竹次之,在其他两种竹类上面只有少数两三个取食孔,且大部分长足大竹象是在慈竹上捕获。

室内试验统计结果如表 3 所示,长足大竹象对慈竹、四季竹、麻竹、小琴丝竹的取食选择性反应,从

上笋次数来看,慈竹最多,且与其他 3 种竹笋差异显著($p < 0.05$)。从取食次数和取食孔来看,在慈竹上的取食次数与取食孔最多,且与其他 3 种竹笋差异显著($p < 0.05$)。从取食的面积来看,在慈竹上的取食面积最大,且显著高于其他 3 种竹笋($p < 0.05$)。

表 3 不同竹笋对长足大竹象成虫取食行为的影响

Tab. 3 Effect of different host bamboo shoots on the feeding behavior

寄主	上笋选择次数	取食次数	取食孔数	取食面积(cm ²)
慈竹	18.13 ± 1.72a	9.40 ± 1.23a	4.00 ± 0.53a	4.41 ± 0.67a
四季竹	10.00 ± 1.05b	3.27 ± 0.36b	1.47 ± 0.13b	0.99 ± 0.11b
麻竹	6.07 ± 1.03c	1.80 ± 0.17bc	1.20 ± 0.11bc	0.70 ± 0.10bc
小琴丝竹	3.60 ± 0.54cd	0.67 ± 0.16cd	0.67 ± 0.16cd	0.24 ± 0.07bc

表中数据是平均值 ± 标准误,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$, Duncan 氏检验)。Data in the table are mean ± SE, and values within a column followed by different small letters are significantly different ($P < 0.05$, Duncan's test) .

3 讨论

昆虫的取食行为多样,但取食过程大致相似。如植食性昆虫取食一般要经过兴奋、试探与选择、进食、清洁等过程^[19]。本研究,笔者将长足大竹象成虫 1 次完整的取食行为分为搜寻、试探、进食和清洁 4 个阶段。长足大竹象雌虫进食、清洁时间显著长于雄虫,在室内试验中发现,长足大竹象倾向于取食裸露的笋肉,就此分析可能有两种原因,其一,无笋壳包被的竹笋较为柔软,易于取食;其二,由于无笋壳的包被寄主植物的挥发物易于扩散,易吸引成虫取食。成虫取食喜欢取食有新鲜伤口的竹笋,这种现象可能与竹笋挥发物及成虫体表信息化学物质有关。杨瑶君等研究结果提示丛生竹笋梢高含量和特有的挥发物成分可能是吸引长足大竹象取食竹笋的重要物质^[15]。而杨桦^[20]、忙定泽^[21]等研究进一步发现了长足大竹象成虫体表可能存在接触性信息素。

实验观察中发现,长足大竹象嗜食慈竹,供试竹笋的不同使其取食行为存在明显差异。慈竹上笋选择次数、取食次数、取食孔数和取食面积显著多于其他 3 种竹笋,搜寻时间低于其余 3 种竹笋,而进食和清洁时间长于其余 3 种竹笋,这表明长足大竹象对慈竹的危害最为严重。这种偏向取食现象在陈齿爪鳃金龟(*Holotrichia cheni*)^[22]、沙葱萤叶甲(*Galeruca daurica*)^[23]、松墨天牛(*Monochamus alternatus*)^[24]等昆虫中也比较常见,不同寄主取食行为存在差异的可能与其挥发物的不同相关,但影响其取食行为差异的主要挥发物需进一步测定,其诱导机制还需

进一步研究。

进一步研究长足大竹象对不同竹笋挥发性物质的行为反应,摸清对长足大竹象具有引诱或驱避作用的物质,可为利用“引诱-驱避”相结合的害虫调控策略提供新思路。对长足大竹象取食行为特征的记录和描述最终有可能揭露其食性的秘密,从而为人为的干扰寄主植物种类或取食部位的选择,设计害虫防治的新方法提供线索。此外,长足大竹象 3 种虫态都具有很高的营养价值,成虫在蛋白质、不饱和脂肪酸以及矿质元素含量明显高于蛹和幼虫,说明成虫为长足大竹象最适宜食用的虫态^[13]。研究其取食行为,可对长足大竹象进行饲养和繁殖,可做资源昆虫加以利用。

参考文献:

- [1] 鞠瑞亭,夏翠华,徐俊华,等. 上海地区长足大竹象初报[J]. 中国森林病虫,2005,24(2):7~9.
- [2] 吴三林,陈封政,王维德,等. 氯氰菊酯与渗透剂混配防治长足大竹象试验[J]. 安徽农业科学,2006,34(17):4337~4339.
- [3] 玉鹏,周宇长. 足大竹象防治试验研究[J]. 现代农业科技,2008,(13):144~145.
- [4] 王海霞,李江,彭九生,等. 撑绿竹长足竹大象防治技术[J]. 经济林研究,2012,30(4):134~140.
- [5] 杨瑶君,秦虹,邓光明,等. 长足大竹象幼虫种群动态及其气候预测模型[J]. 林业科学,2011,47(9):82~87.
- [6] 杨瑶君,汪淑芳,牟翹. 四川乐山市竹林主要病虫害调查初报[J]. 四川林业科技,2009,30(1):62~65.
- [7] 李涛,周泽贵,高志兴,等. 长足大竹象生物学特性研究[J]. 林业昆虫:901~903.
- [8] 王维德,陈封政,王雄清. 长足大竹象繁殖行为及生活史特征的初步研究[J]. 乐山师范学院学报,2005,20(5):51~52.

- [9] 周天牧,陈建群,张鹏飞,等. 4种抗虫性植物水提取物对棉蚜取食行为的影响[J]. 植物保护学报,2004,31(3):252~258.
- [10] 王政,孟倩倩,钟国华,等. 植食性昆虫取食行为过程及机制研究[J]. 环境昆虫学报,2014,36(4):612~619.
- [11] Marana S R, Ribeiro A F, Terra W R, et al. Ultrastructure and Secretory Activity of *Abracris flavolineata* (Orthoptera: Acrididae) Midguts[J]. Journal of Insect Physiology, 1997, 43(5):465~473.
- [12] Visser J H. Host odor perception in phytophagous insects[J]. Annual Review of Entomology, 1986, 31(1):121~124.
- [13] 蒲远凤,杨桦,杨伟,等. 长足大竹象营养成分分析与评价[J]. 营养学报,2015,37(3):310~312.
- [14] 聂学文. 长足大竹象生物学特征及防治试验初报[J]. 林业调查规划,2010,35(2):99~102.
- [15] 杨瑶君,秦虹,汪淑芳,等. 长足大竹象触角超微结构和对竹笋挥发物的触角电位反应[J]. 昆虫学报,2010,53(10):108~1096.
- [16] 陈封政,王维德,王雄清,等. 长足大竹象的发生危害与防治[J]. 植物保护,2005,31(2):89~90.
- [17] 陈封政,王维德,王雄清,等. 乐氰乳油对长足大竹象的防治实验[J]. 中国森林病虫,2005,24(5):34~36.
- [18] 陈封政,吴三林,王维德,等. 溴氰菊酯与渗透剂混配防治慈竹长足大竹象研究[J]. 世界竹藤通讯,2005,3(2):40~41.
- [19] 裴元慧,孔锋,韩国华,等. 昆虫取食行为研究进展[J]. 山东林业科技,2007(6):97~101.
- [20] 杨桦,杨茂发,杨伟,等. 竹横锥大象对寄主及虫体挥发物的行为和触角电位反应[J]. 昆虫学报,2010,53(3):28~292.
- [21] 忙定泽,罗庆怀,舒敏,等. 长足大竹象成虫体表信息化学物质的提取和鉴定[J]. 昆虫学报,2012,55(3):291~302.
- [22] 闫争亮,李永杰,宁德鲁,等. 陈齿爪鳃金龟对不同树种的取食偏好性研究[J]. 应用昆虫学报,2011,48(5):1448~1450.
- [23] 吴翔,周晓榕,庞保平,等. 寄主植物对沙葱萤叶甲幼虫生长发育及取食的影响[J]. 草地学报,2014,22(4):854~858.
- [24] 樊建庭,张冬勇,章祖平,等. 松墨天牛取食行为及其与寄主挥发物的关系[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(1):78~82.

(上接第81页)

参考文献:

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [2] 邱显权,吴述渊,龙开湖. 贵州省雷公山秃杉林的初步研究[J]. 植物生态与地植物学丛刊,1984,8(4):264~278.
- [3] 林贤山. 不同立地条件下引种秃杉试验初报[J]. 福建林业科技,2010,37(1):93~95,135.
- [4] 王挺良,林贤山,陈元品,等. 秃杉种源和配套栽培技术专集[J]. 林业科技通讯,1997(增刊):5~28.
- [5] 王挺良. 鹭峰山秃杉林的初步研究[J]. 福建林业科技,1996,23(1):55~59.
- [6] 王挺良. 秃杉[M]. 北京:中国林业出版社,1995:18~30.
- [7] 张新华,鄢洪星,千律军. 豫南引种秃杉生长规律研究[J]. 河南林业科学,2011,31(3):18~20.
- [8] 连勇机. 不同海拔高度引种秃杉试验初报[J]. 福建林业科技,2009,36(4):139~141,152.

(上接第95页)

生产中需要重点防治的有害生物种类。今后研究中应对具体有害生物的发生规律进一步的调查,为有害生物防治奠定基础,为规模化杜仲产业发展提供技术支持。

参考文献:

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书:稀有濒危植物(第1册)[M]. 北京:科学出版社,1991:284~285.
- [2] 陈宁,孙兴,宋雪,等. 贵州道地药材杜仲产业发展现状、存在问题与建议[J]. 耕作与栽培,2015(1):33~34.
- [3] 李剑豪,李东平,黄祖惠. 杜仲梦尼夜蛾生物学特性初步研究[J]. 森林病虫通讯,1997(4):19.
- [4] 周云龙,张声堂,刘湘银,等. 杜仲梦尼夜蛾生物学特性及防治研究[J]. 西北林学院学报,1996(2):66~70,81.
- [5] 蒋拥东,曾小倩,陈功锡. 吉首市杜仲病虫害调查及防治[J]. 湖南农业科学,2012(11):82~83,86.
- [6] 孙志强,杜红岩,李芳东. 杜仲集约化栽培潜在的病虫害灾害及其应对策略[J]. 经济林研究,2011(4):70~76.