

油茶象甲灾害预警指标体系研究^{*}

林海云¹ 秦长生² 赵丹阳² 徐金柱²
邱华龙² 揭育泽²

(1. 东莞市大岭山森林公园, 广东 东莞, 523003; 2. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州, 510520)

摘要 将油茶象甲 (*Curculio chinensis*) 灾变过程中表现出的警源、警兆和警情相关的不同风险要素作为统计指标, 对预警指标体系指标值权重进行赋值并运算, 构建了灾变监测预警模型, 确定了油茶象甲灾变预警等级。选取粤北地区 2015 年油茶象甲发生情况为例, 进行风险警级评估, 计算其警源、警兆和警情值分别为 23.9、33.5、28.2, 综合预警指标值为 $Y=85.6$, 由此判定 2015 年油茶象甲在粤北地区预警等级为重警, 应发布红色预警信号。

关键词 油茶象甲; 灾害; 预警; 指标体系

中图分类号: S763.38 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 02-0053-05

Study on Early-warning Index System to Insect Attack of *Curculio chinensis*

LIN Haiyun¹ QIN Changsheng² ZHAO Danyang² XU Jinzhu²
QIU Hualong² JIE Yuze²

(1. Dalingshan Forest Park, Dongguan, Guangdong 523003, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The monitoring and early-warning models were structured by setting up the weight indexes of the early-warning index system, based on the different risky factors related to the risky source, risky sign and risky cause exhibiting in the process of calamities occurrence. This paper chose the case of *Curculio chinensis* in north Guangdong in 2015 as an example to carry on the risk warning level assessment, and the results showed that each factor index of source of warning, warning sign and warning cause was 23.9, 33.5 and 28.2, respectively, the integrated early-warning value was: $Y = 85.6$. The risky degree of calamity of *C. chinensis* was at the highest warning level, and red alerts should be delivered.

Key words *Curculio chinensis*; calamity; early-warning; index system

油茶象甲 (*Curculio chinensis*) 是油茶果实上的重要蛀果害虫, 成、幼虫均能对寄主植物造成危害。成虫以长喙上的口器危害寄主植物, 出土初期主要以刺吸嫩枝表皮、嫩芽、果实基部枯萎

花絮内的汁液补充营养, 交配产卵期则以长喙钻入油茶果实、身体在果实表面不断转圈吸取果实汁液, 被刺吸的果实内部颜色变暗褐、腐烂变质, 不能正常发育进而脱落; 幼虫在果实内部蛀食果

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新专项项目“油茶象甲安全防控技术与示范”(2014KJCX020-03)。

第一作者: 林海云 (1969—), 女, 工程师, 主要从事林业有害生物防治工作, E-mail: 826340607@qq.com。

通信作者: 秦长生 (1967—), 男, 研究员, 主要从事林业有害生物防治工作, E-mail: 919824595@qq.com。

仁,影响油茶果实质量或造成落果,导致林农颗粒无收。油茶象甲成、幼虫危害可导致大量落果^[1-4],最严重的落果率可达96.6%^[5],影响油茶果实的产量和品质,给林农造成重大经济损失。关于油茶象甲林间防治的报道很少,仅有何学友等^[6]记述利用对油茶象幼虫具有高致病力的绿僵菌菌株培养的菌剂对土表进行均匀喷洒菌液,30 d后不同处理的油茶象幼虫校正死亡率达34%~56%,180 d后平均校正死亡率超过70%,至喷菌后300 d,平均校正死亡率超过80%。目前油茶象甲发生严重、发生范围广,但防治技术缺乏,尤其是该害虫发生的预警能力较差、为害时间预测不准等,也是造成油茶象甲为害加剧的一个重要原因。因此加强油茶象甲灾变规律和风险预警研究,构建油茶象甲监测预警系统对油茶象甲防控具有重要意义。

1 油茶象甲灾变监测预警指标体系的组建

1.1 构建油茶象甲预警指标体系的方法

油茶象甲灾变涉及整个林业生态系统包括寄主油茶、害虫油茶象甲、天敌、营林措施等生物因素及气候、社会、经济等非生物因素。根据我国农业、林业等领域灾害监测预警指标体系构建方法^[7-12],可分别用警源、警兆、警情3个监测预警指标层相对应表达灾害孕育、发展和表现的3个阶段,从而形成能全面反映油茶象甲监测预警指标体系。

1.2 油茶象甲预警指标体系的框架和内容

油茶象甲灾变预警指标设置参考柏立新^[13]、鞠瑞亭^[14]、夏文胜^[12]、彭龙慧^[15]等提出的农林害虫灾害预警指标体系,从害虫自身特性、害虫与寄主、天敌、气候、防治水平和其他社会因素等方面设置油茶象甲灾害发生风险预警警源(A)、警兆(B)、警情(C)3个指标层的36个指标并进行赋值定级(表1)。

警源指标:用来描述油茶林中业已存在或潜伏的油茶象甲灾害风险源的预警指标。警源发生在油茶象甲种群发生的初始阶段,离灾害发生时间较长。警源用A表示,设有12个因子,分别用 A_1 、 A_2 、 $\cdots$ 、 A_{12} 表示。

警兆指标:用来描述油茶象甲灾害孕育与滋生过程中先行显露出征兆的预警指标。警兆发生时间介于警源与警情发生时间之间,离油茶象甲

灾害发生时间较警源短,但较警情长。警兆用B表示,设有12个因子,分别用 B_1 、 B_2 、 $\cdots$ 、 B_{12} 表示。

警情指标:警情是油茶林中与油茶象甲灾害发生相关的因素足以引起达到或超过油茶象甲灾害发生阈值的情况。警情用C表示,设有12个因子,分别用 C_1 、 C_2 、 $\cdots$ 、 C_{12} 表示。

1.3 油茶象甲灾害预警指标体系各指标的分级赋值

根据对油茶象甲历史发生资料和现行的种群调查及其生物学、生态学特性研究结果,结合广东当地的具体情况,依据广东省森林保护专家对影响油茶象甲灾害发生的风险因子及重要性等级程度判断,将油茶象甲灾害发生风险预警指标划分为5个等级,分别以1、2、3、4、5表示;其具体分级赋值标准见表1。

根据灾害预警指标对灾害的影响因子决定各指标权重系数数值,数值范围为0~1。油茶象甲灾害预警指标体系的权重值见表2,权重值越高,说明该因子对油茶象甲灾害形成的风险越大。从表2可看出,在警源指标中,上代害虫残留基数、当代蛹温度、适度和降水对油茶象甲形成灾害的潜在影响最大;在警兆指标中,上代蛹羽化数、当代平均每株虫口、油茶果实生育期与害虫取食吻合度直接决定油茶象甲是否形成灾害;在警情指标中,当代平均每株1~2龄幼虫数以及3龄以上幼虫数、当代油茶果实受害情况是影响油茶象甲形成灾害的直接因素。

2 油茶象甲警级监测预警方法的组建

2.1 监测预警指标体系综合预警指标值的计算方法

2.1.1 警源、警兆、警情指标值计算方法 参考鞠瑞亭等^[14]的方法,用 Y_A 、 Y_B 、 Y_C 分别表示警源、警兆、警情指标值,则 Y_A 、 Y_B 、 Y_C 可分别用各自指标层中各预警指标项的指标值与相应的指标权重乘积之和表示,计算公式如下:

$$Y_A = \sum_{i=1}^{12} A_i \alpha_i$$

$$Y_{Amax} = \sum_{i=1}^{12} 5\alpha_i$$

$$Y_B = \sum_{j=1}^{12} B_j \beta_j$$

表 1 油茶象甲预警指标分级标准

代码	指标	赋值标准	分级标准				
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
A ₁	上代平均每株幼虫量 / 头	定量分级	<5	5~15	16~25	26~35	>35
A ₂	上代害虫残留基数	定量分级	<3	3~10	11~20	21~30	>30
A ₃	害虫抗药性	定性分级	极弱	较弱	中等	较强	强
A ₄	油茶寄主抗性	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
A ₅	其他适宜寄主比例	定性分级	极低	较低	中等	较高	高
A ₆	当代蛹期温度、湿度、降水量	定性分级	极不适宜	不适宜	中等适宜	较适宜	适宜
A ₇	害虫测报准确度	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
A ₈	人为传播条件	定性分级	差	较差	中等	较好	好
A ₉	综合防治技术水平	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
A ₁₀	行政领导重视程度	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
A ₁₁	油茶林的经济、生态效益	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
A ₁₂	森林保护技术指导力度	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
B ₁	上代蛹羽化数 / 头	定量分级	<5	5~10	11~15	16~20	>20
B ₂	当代平均每株虫口	定量分级	<2	2~5	5~10	11~15	>15
B ₃	天敌寄生（捕食）率 / %	定量分级	≥ 30	20~29	11~19	15~19	<15
B ₄	油茶果实生育期与害虫取食期吻合度	定性分级	很不吻合	较不吻合	中等吻合	较吻合	很吻合
B ₅	油茶长势对害虫的有利程度	定性分级	极不利	较不利	中等有利	较有利	很有利
B ₆	适宜产卵取食寄主占总寄主面积比例 / %	定量分级	<30	30~50	51~70	71~90	>90
B ₇	危害期温度、湿度、降水量	定性分级	极不适宜	不适宜	中等适宜	较适宜	很适宜
B ₈	防治适期准确度	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
B ₉	防治面积准确度	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
B ₁₀	林农种植油茶的积极性	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
B ₁₁	森保技术服务	定性分级	好	较好	中等	较差	极差
B ₁₂	防治药剂及其它材料的供应	定性分级	充足	较充足	中等充足	较差	极差
C ₁	当代平均每株 1~2 龄幼虫数 / 头	定量分级	<3	3~10	11~20	20~30	>30
C ₂	当代平均每株 3 龄以上幼虫数 / 头	定量分级	<2	2~5	6~10	10~15	>15
C ₃	当代油茶果受害率 / %	定量分级	0	<5	5~10	11~15	>15
C ₄	当代或下代油茶果受害程度	定性分级	很轻	较轻	中等	较重	很重
C ₅	林分组成对害虫的有利程度	定性分级	极为不利	不利	较不利	有利	极为有利
C ₆	防治适期雨量	定性分级	极不适宜	不适宜	中等适宜	较适宜	很适宜
C ₇	防治适期温度	定性分级	极不适宜	不适宜	中等适宜	较适宜	很适宜
C ₈	防治所需劳动力	定性分级	充足	较充足	中等充足	较差	差
C ₉	防治药械量	定性分级	多	较多	中等	较少	少
C ₁₀	防治药剂防效水平	定性分级	高	较高	中等	较低	极低
C ₁₁	害虫综合治理效果 / %	定量分级	100	90~99	80~89	60~79	<60
C ₁₂	林农治虫的积极性	定性分级	高	较高	中等	较低	极低

表 2 油茶象甲灾害预警指标体系各指标权重系数赋值

警源指标				警兆指标				警情指标			
代码	权重代码	权重数值	分值	代码	权重代码	权重数值	分值	代码	权重代码	权重数值	分值
A ₁	α ₁	0.7	1	B ₁	β ₁	1.0	2	C ₁	γ ₁	1.0	2
A ₂	α ₂	1.0	2	B ₂	β ₂	1.0	3	C ₂	γ ₂	1.0	2
A ₃	α ₃	0.8	3	B ₃	β ₃	0.9	5	C ₃	γ ₃	1.0	2
A ₄	α ₄	0.6	4	B ₄	β ₄	1.0	5	C ₄	γ ₄	1.0	3
A ₅	α ₅	0.6	3	B ₅	β ₅	0.6	3	C ₅	γ ₅	0.4	4
A ₆	α ₆	1.0	3	B ₆	β ₆	0.6	5	C ₆	γ ₆	0.8	3
A ₇	α ₇	0.6	2	B ₇	β ₇	0.8	3	C ₇	γ ₇	0.6	3
A ₈	α ₈	0.8	3	B ₈	β ₈	0.7	4	C ₈	γ ₈	0.6	3
A ₉	α ₉	0.6	4	B ₉	β ₉	0.7	4	C ₉	γ ₉	0.6	4
A ₁₀	α ₁₀	0.6	4	B ₁₀	β ₁₀	0.6	4	C ₁₀	γ ₁₀	0.8	4
A ₁₁	α ₁₁	0.6	3	B ₁₁	β ₁₁	0.6	3	C ₁₁	γ ₁₁	0.8	5
A ₁₂	α ₁₂	0.6	4	B ₁₂	β ₁₂	0.4	5	C ₁₂	γ ₁₂	0.4	5

$$Y_{Bmax} = \sum_{j=1}^{12} 5\beta_j$$

$$Y_C = \sum_{K=1}^{12} C_K \gamma_K$$

$$Y_{Cmax} = \sum_{K=1}^{12} 5\gamma_K$$

式中，Y_A为警源指标值，Y_{Amax}为警源指标最大值，A_i代表警源指标项的指标值，α_i代表权重系数；Y_B为警兆指标值，Y_{Bmax}为警兆指标最大值，B_j代表警兆指标项的指标值，β_j代表权重系数；Y_C代表警情指标值，Y_{Cmax}代表警情指标最大值，C_K代表警情指标项的指标值，γ_K代表权重值。

2.1.2 预警警级值计算 综合预警指标值，油茶象甲灾害发生风险预警警级用Y表示，计算公式如下：

$$Y = Y_A + Y_B + Y_C = \sum_{i=1}^{12} A_i \alpha_i + \sum_{j=1}^{12} B_j \beta_j + \sum_{K=1}^{12} C_K \gamma_K$$

$$Y_{max} = Y_{Amax} + Y_{Bmax} + Y_{Cmax} = \sum_{i=1}^{12} 5\alpha_i + \sum_{j=1}^{12} 5\beta_j + \sum_{K=1}^{12} 5\gamma_K$$

2.1.3 油茶象甲预警警级的评估 将油茶象甲对油茶果实的危害风险分为轻度、中度、严重、极严重4个层次，对应于油茶象甲灾害发生风险预警，分别代表轻警、中警、重警、巨警4个等级。一级为轻警，用Y_{轻警}表示，警色为绿色，即油茶象甲灾变警级轻，一般不需要防治，不会对油茶果实产量造成损失；二级为中警，用Y_{中警}表示，警色为黄色，意即油茶象甲灾变警级中等，需要防治，否则将造成一定的果实产量损失；三级为

重警，用Y_{重警}表示，警色为红色，意即油茶象甲灾变警级重，需要加强防治，否则将会造成果实产量严重损失；四级为巨警，用Y_{巨警}表示，警色为黑色，意即油茶象甲灾变警级特重，需要引起高度重视，否则将会造成果实产量巨大损失。

2.2 油茶象甲监测预警指标体系的应用

2015 年对粤北地区进行实地调查，收集数据，对油茶象甲监测预警指标进行赋值（表 2），并利用警源、警兆、警情指标值计算公式进行油茶象甲综合预警指标值计算。从表 2 中可看出，油茶象甲灾害发生除害虫自身的生物学特性外，与当年的气候因子、寄主生育期与害虫发育期的吻合程度、防治情况、林农和当地行政领导的重视程度都有很大关系。

利用警源、警兆、警情指标值计算公式进行油茶象甲综合预警指标值计算，结果如下：

$$Y_A = 1 \times 0.7 + 2 \times 1.0 + 3 \times 0.8 + 4 \times 0.6 + 3 \times 0.6 + 3 \times 1.0 + 2 \times 0.6 + 3 \times 0.8 + 4 \times 0.6 + 4 \times 0.6 + 3 \times 0.6 + 4 \times 0.6 = 23.9$$

$$Y_B = 2 \times 1.0 + 3 \times 1.0 + 5 \times 0.9 + 5 \times 1.0 + 3 \times 0.6 + 5 \times 0.6 + 3 \times 0.8 + 4 \times 0.7 + 4 \times 0.7 + 4 \times 0.6 + 3 \times 0.6 + 5 \times 0.4 = 33.5$$

$$Y_C = 2 \times 1.0 + 2 \times 1.0 + 2 \times 1.0 + 3 \times 1.0 + 4 \times 0.4 + 3 \times 0.8 + 3 \times 0.6 + 3 \times 0.6 + 4 \times 0.6 + 4 \times 0.8 + 5 \times 0.8 + 5 \times 0.4 = 28.2$$

$$Y = Y_A + Y_B + Y_C = 85.6$$

$$Y_{max} = Y_{Amax} + Y_{Bmax} + Y_{Cmax} = 42.5 + 44.5 + 45.0 = 132.0$$

参照林业、农业自然灾害预警警级的评估方法, 提出油茶象甲预警警级的判断标准, 见表3。油茶象甲灾害发生风险预警预警级 Y 值为 85.6, 介于 $3/5Y_{\max}$ (79.2) 至 $4/5Y_{\max}$ (105.6) 之间, 因此可得出粤北地区油茶象甲预警警度为重警, 预警警色为红色。根据对粤北地区油茶象甲的跟踪调查, 其自然界实际发生情况同预警情况吻合, 说明该预警系统具有较高的准确度。

表3 油茶象甲预警警级评估标准

油茶象甲 危害风险	预警 警度	预警 警级	Y 值范围
轻度	轻警	一级	$Y < (2/5) Y_{\max}$
中度	中警	二级	$(2/5) Y_{\max} \leq Y < (3/5) Y_{\max}$
严重	重警	三级	$(3/5) Y_{\max} \leq Y < (4/5) Y_{\max}$
极严重	巨警	四级	$Y \geq (4/5) Y_{\max}$

3 结论与讨论

根据油茶象甲生物学、生态学特性以及影响油茶象甲灾害发生的风险因子对其预警指标体系指标值权重进行赋值并运算, 构建了油茶象甲灾变监测预警模型, 运用该模型对粤北地区油茶象甲发生情况进行了风险等级评估, 确定了油茶象甲在粤北地区预警等级为重警。因此对该地区的油茶象甲需要加强防治, 否则会造成严重损失, 需在成虫期间喷施相应药剂, 同时及时捡拾落果, 集中销毁。

害虫的发生发展受多种因素影响, 同种害虫可能在不同地域对同种寄主的危害程度也不同, 如油茶象甲在粤北地区和粤东南地区的危害情况明显不同^[16]; 害虫在同一地域、同一寄主区域不同年份的发生情况也有可能不同。监测预警指标体系的警源、警兆、警情的各指标因子综合体现了影响害虫发生的多种因素, 对指导害虫适时、适当防治具有重要意义, 但在定性指标的设置上存在人为设置的主观性, 对预警指标体系的研究具有一定的局限性。此外, 虽然本研究建立了油茶象甲监测预警指标体系、风险等级的评判评估

标准, 为油茶象甲监测预警提供了新方法, 但本研究所选指标主要依据于粤北地区, 可能存在一定的局限性, 但其结果可为粤北地区各地油茶象甲发生区开展防治提供监测预警参考。

参考文献

- [1] 华正媛, 王井田, 刘剑, 等. 衢州市油茶害虫及天敌种类调查[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 232-243.
- [2] 舒金平, 滕莹, 刘剑, 等. 油茶采前落果原因初步分析[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(1): 9-14.
- [3] 赵丹阳, 秦长生, 徐金柱, 等. 油茶象甲成虫对油茶寄主选择性研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(17): 100-104.
- [4] 曾淑燕, 张冬生, 张汉永, 等. 梅州市低产油茶林的成因分析与改造措施[J]. 广东林业科技, 2011, 27(3): 72-75.
- [5] 蒋三俊. 油茶象鼻虫的防治[J]. 特种经济动植物, 2009, 12(8): 54.
- [6] 何学友, 蔡守平, 詹祖仁, 等. 绿僵菌对油茶象幼虫林间控制效果[J]. 福建林业科技, 2015, 42(4): 18-22.
- [7] 王立群, 陈建成. 关于建立我国森林资源预警系统的初步设想[J]. 林业经济, 1991 (5): 16-19.
- [8] 吴建军, 王兆骞, 胡秉民, 等. 生态农业综合评价的指标体系及其权重[J]. 应用生态学报, 1992, 3(1): 42-47.
- [9] 吴延熊, 周国模, 郭仁鉴. 区域森林资源预警指标的研究[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(1): 14-19.
- [10] 王桂清, 周长虹. 森林害虫灾害预警指标体系研究[J]. 林业科技, 2003, 28(5): 21-24.
- [11] 周玉江, 张旭东, 柴守权. 林业有害生物预警等级指标[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(2): 103-105.
- [12] 夏文胜, 胡泽龙, 欧克芳, 等. 城市园林害虫预警指标体系的构建[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(5): 1057-1060.
- [13] 柏立新, 孙以文. 棉铃虫灾变监测预警指标体系及其风险警级研究[J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 99-103.
- [14] 鞠瑞亭, 王凤, 李跃忠. 褐边绿刺蛾灾害预警指标体系构建及应用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(4): 345-350.
- [15] 彭龙慧, 曾城, 周峰. 松墨天牛灾害发生风险监测预警研究[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(2): 290-295.
- [16] 赵丹阳, 秦长生, 徐金柱, 等. 油茶象甲形态特征及生物学特性研究[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(3): 681-684.