

赤斑白条天牛对4种辣木寄主的选择及生长发育

龙继明¹, 焦 阳², 朱家颖², 张祖兵^{1*}

(1. 云南省热带作物科学研究所, 云南景洪 666100;

2. 西南林业大学 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 昆明 650224)

[摘要]为探明赤斑白条天牛对‘中古辣木1号’、多油辣木、北方辣木、狭瓣辣木等4种辣木的寄主选择性及影响因素,通过测定天牛初孵幼虫趋向率、生长指标及成活率,成虫取食量、产卵相关指标,结合4种辣木树皮厚度与含水量的测定及相关性分析,系统探究了其寄主选择偏好和生长发育情况。结果显示:成虫取食量以北方辣木最高,为 (94.66 ± 10.39) g,显著高于其他品种;在多油辣木上成虫产卵刻槽数 (20.07 ± 3.35) 个、产卵数 (7.67 ± 1.09) 粒,幼虫趋向率 $(42.22\pm 0.03)\%$,生长指标体长 (64.90 ± 0.61) mm、体重 (4.43 ± 0.09) g和成活率 $(94.44\pm 0.03)\%$ 均显著最优。结果表明,赤斑白条天牛成虫偏好取食北方辣木,却选择多油辣木产卵以保障幼虫发育,其寄主选择受树皮厚度与含水量显著影响。研究结果为相关防控及抗虫品种选育提供了理论支撑。

[关键词]赤斑白条天牛;辣木;寄主选择;生长发育

中图分类号:S763.3;S792.99 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2026)03-0078-07

Host Selection of *Batocera rufomaculata* to Four *Moringa* Host Plants and Its Growth

LONG Jiming¹, JIAO Yang², ZHU Jiaying², ZHANG Zubing^{1*}

1. Yunnan Institute of Tropical Crops Science, Jinghong 666100, China;

2. Key Laboratory of Forest Disaster Early Warning and Control of Yunnan Province, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

Abstract: To clarify the host preference of *Batocera rufomaculata* for four *Moringa* varieties, namely ‘China-Cuba *Moringa* No. 1’, *Moringa oleifera*, *Moringa concanensis*, and *Moringa stenopetala*, as well as its influencing factors, and to provide a theoretical basis for breeding insect-resistant *Moringa* varieties and integrated management of the longhorn beetle, this study systematically investigated the host selection preference by measuring the larval orientation rate, growth indexes and survival rate, adult feeding amount and oviposition-related indexes, combined with the determination of bark thickness and moisture content of the four moringa varieties and correlation analysis. The results showed that the adult feeding amount was the highest on *Moringa concanensis* (94.66 ± 10.39) g, which was significantly higher than that on the other varieties. *Moringa oleifera* performed significantly the best in terms of the number of adult oviposition nicks (20.07 ± 3.35) , number of eggs laid (7.67 ± 1.09) , larval orientation rate $(42.22\pm 0.03)\%$, larval growth indexes body length (64.90 ± 0.61) mm, body weight (4.43 ± 0.09) g and survival rate $(94.44\pm 0.03)\%$. There was a trade-off between adult feeding and oviposition selection. Bark thickness and moisture content were the key physical factors driving host selection, and larval adaptability was highly correlated with adult oviposition decision. In conclusion, adults of *Batocera rufomaculata* prefer to feed on *Moringa concanensis* but choose *Moringa oleifera* for oviposition to ensure optimal larval development, and their host selection is significantly affected by bark thickness and moisture content. This study provides theoretical support for related pest control and breeding of insect-resistant moringa varieties.

Key words: *Batocera rufomaculata*; *Moringa*; host selection; growth and development

收稿日期:2025-08-07

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-11-YNZZB);云南省高层次科技人才及创新团队选拔专项(202205AD160032);创新引导与科技型企业培育(202404BU090011)

作者简介:龙继明(1978—),男,正高级农艺师,研究方向为热带作物栽培及病虫害研究。E-mail:308335458@qq.com

*通信作者:张祖兵(1979—),男,研究员,硕士,研究方向为辣木栽培及害虫防治技术。E-mail:xsbnzzb@126.com

辣木属 (*Moringa*) 植物统称辣木 (又称鼓槌树), 为辣木科 (*Moringaceae*) 多年生软乔木, 原产于印度北部, 现广泛分布于亚洲、非洲和中美洲等, 涵盖 30 多个热带、亚热带国家和地区^[1]。辣木兼具食用、药用、饲料开发及生态修复等多重价值, 其嫩茎、叶、花、果实均可食用, 种子可提取油脂, 是热带地区重要的经济和生态树种, 目前在我国云南、海南、广东等地有规模化种植。近年来, 随着辣木种植面积扩大, 辣木虫害区域持续蔓延, 害虫种群密度逐年上升, 严重制约辣木产业发展。赤斑白条天牛 (*Batocera rufomaculata*) 隶属于鞘翅目 (*Coleoptera*) 天牛科 (*Cerambycidae*) 沟胫天牛亚科 (*Lamiinae*) 白条天牛族 (*Batocerini*) 白条天牛属 (*Batocera*), 是林业和经济作物上的重要蛀干害虫^[2-3]。该虫寄主范围广泛, 可危害菠萝蜜 (*Artocarpus heterophyllus*)、石榴 (*Punica granatum*)、芒果 (*Mangifera indica*) 等 50 余种植物, 其幼虫蛀食树干韧皮部和木质部, 导致树势衰弱、枝干中空, 成虫取食嫩枝和幼果, 严重时造成植株死亡^[2]。2013 年, 该虫在云南首次被发现为害辣木^[4],

寄主选择是天牛种群繁衍的关键环节, 其偏好性与寄主植物的理化特性、天牛自身生理需求密切相关^[5]。目前关于白条天牛属昆虫的寄主选择研究多集中于云斑白条天牛 (*Batocera lineolata*): 彭瀚等^[5]对云斑白条天牛的取食偏好研究发现, 云斑白条天牛幼虫对美国红木岑 (*Fraxinus pennsylvanica*)、野蔷薇 (*Rosa multiflora*)、美国山核桃 (*Carya illinoensis*)、日本珊瑚树 (*Viburnum odorata-*

tissimum var. *awabuki*) 及毛白杨 (*Populus tomentosa*) 5 种寄主的取食偏好存在显著差异, 其中野蔷薇的偏好性最强, 其次为美国山核桃、日本珊瑚树; 吴广等^[6]以原寄主核桃 (*Juglans regia*)、桉树 (*Eucalyptus* spp.) 的云斑白条天牛做寄主转换试验, 云斑白条天牛幼虫对原寄主具有强趋性, 强迫转换寄主后选择性显著下降; 此外, 寄主植物的颜色与挥发性有机化合物的协同作用可显著吸引云斑白条天牛成虫^[7]。相较于云斑白条天牛, 对赤斑白条天牛的寄主选择研究多围绕菠萝蜜、石榴等传统寄主展开^[2], 而针对辣木的系统性研究尚未见报道。本研究主要聚焦“赤斑白条天牛-辣木”专属寄主-害虫系统, 系统探究其对‘中古辣木 1 号’、多油辣木、北方辣木、狭瓣辣木等 4 种主流栽培品种的取食、产卵选择性及幼虫发育适应性, 以填补该害虫与辣木寄主关系的研究空白, 为制定精准化、生态化的综合治理方案提供理论支撑。

1 材料和方法

1.1 材料

供试虫源: 虫源为云南省热带作物科学研究所中国-古巴辣木科技合作中心试验示范基地 (100° 46' 13.23" N, 22° 00' 44.87" E; 海拔 580 m) 实验室 (29 °C、RH65%) 饲养的赤斑白条天牛; 试验用虫均取自于实验室养虫箱人工饲养的幼虫, 选取初孵幼虫、羽化 8 d 后的健康成虫。成虫采集前均饲喂新鲜多油辣木。赤斑白条天牛幼虫、蛹及成虫如图 1 所示。



图 1 赤斑白条天牛的幼虫、蛹及成虫

寄主材料: ‘中古辣木 1 号’ (‘China-cuba *Moringa* No. 1’)、多油辣木 (*Moringa oleifera*)、北方辣木 (*Moringa concanensis*) 和狭瓣辣木 (*Moringa*

stenopetala)。选取树干中部通透性良好且生长健壮部分为试验用树段, 饲喂树段选取一年生树段, 产卵树段选取两年生树段, 均无病虫害。

1.2 寄主树皮厚度和含水量测定

用钢尺测量树皮厚度,每种辣木选取5段测量,每段测量3次,取平均值。每种辣木锯下新鲜树段5段,编号后分别称量记录鲜重(m_1)、干重(m_2)。称量干重时,将树段置于烘箱中,设置温度60℃,24 h后取出称量并记录干重(m_2)。采用如下公式计算含水量 w :

$$w = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100\%$$

1.3 成虫取食量与产卵刻槽数测定

选取羽化8 d后健康、活力旺盛的1对雌雄赤斑白条天牛成虫,置于养虫箱中,再放入4种辣木树段,每种放置3根,根据赤斑白条天牛的习性,其中2根(长度25~30 cm,直径1.5~2.0 cm)供其取食,1根(长度15~20 cm,直径4.0~5.0 cm)供其产卵。3个养虫箱为1组,共设置5组。观察周期为7 d,期间不更换树段。记录寄主辣木品种标签和试验序号,取食前和取食后的重量,产卵刻槽数量和卵粒数量。根据公式计算取食量(M_q)^[8],以取食量来评价天牛成虫对4种辣木的取食偏好性,以产卵刻槽数量和卵粒数量来评价天牛成虫对4种辣木的产卵偏好性。计算公式如下:

$$E = \frac{(M - M_0)}{M} \times 100$$

$$M_q = (M_1 - M_2) \times (1 + E)$$

其中: E 为失水率, M 为对照组枝条初始质量, M_0 为对照组枝条7 d后质量; M_1 为试验组枝条初始质量, M_2 为试验组枝条7 d后质量。

1.4 初孵幼虫趋向率测定

赤斑白条天牛初孵幼虫寄主趋向率试验在玻璃培养皿(直径15 cm、高1.5 cm)中进行,试验用培养皿均无盖。测定时,先将4种辣木新鲜树段(长度0.5 cm,直径1.5~2.0 cm)放置在东南西北4个不同的随机方位,然后取1头预饥饿24 h的初孵幼虫置于培养皿中心,转移至暗处放置,2 h后观察并记录幼虫对不同寄主的选择情况。设置暗处时间根据预试验的结果而定。试验分3组进行,每组观察60头初孵幼虫,共观察180头。在试验过程中,幼虫通过蠕动均能找到寄主辣木。按照如下公式计算初孵幼虫对4种辣木的趋向

率^[9],以趋向率来评价赤斑白条天牛初孵幼虫的寄主选择性。

$$\text{趋向率} = \frac{\text{选择趋向率最多的寄主的次数}}{\text{选择寄主取食的总次数}} \times 100\%$$

1.5 幼虫生长测定

将赤斑白条天牛初孵幼虫分别接种到4种辣木树段中,每种辣木接种初孵幼虫18头为一组,共设置3组。在室内($T=29^\circ\text{C}$, $RH=65\%$)条件下饲养至3龄(约45 d)。为保证试验顺利,饲养过程中每15 d更换树段,以防止树段失鲜。记录天牛幼虫存活至3龄的情况。采用劈木法取出幼虫作为虫源,使用电子天平(JJ124BC)称量并记录新鲜幼虫体重,称量3次。随后用无水乙醇将其浸泡至死亡,将幼虫拉呈直线状,用相机(Canon DS126251)进行拍照,使用Image J软件^[10]测量天牛幼虫的体长和体宽,测量3次。每种辣木饲养条件下的幼虫各测量15头。

以赤斑白条天牛幼虫在4种辣木中的成活率以及体长、体宽和体重来评价赤斑白条天牛寄主适应性。

1.6 数据分析

使用Excel对试验数据进行统计。利用SPSS 27.0软件中单因素方差分析(One-Way ANOVA)进行差异性分析处理,并采用邓肯氏新复极差法(Duncan's)进行多重比较,检验差异显著性水平^[11]。以辣木品种为处理因素,各生物学指标为因变量,进行单因素方差分析;Pearson相关性分析(双尾)以 $P < 0.05$ 为显著性水平, $P < 0.01$ 为极显著性水平^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同寄主辣木树皮厚度和含水量

4种辣木的树皮厚度和含水量间均存在显著差异($P < 0.05$)(表1),树皮厚度依次为北方辣木>'中古辣木1号'>多油辣木>狭瓣辣木,含水量依次为'中古辣木1号'>狭瓣辣木>多油辣木>北方辣木。

2.2 不同寄主辣木的成虫取食量、产卵数和刻槽数

2.2.1 取食量

赤斑白条天牛成虫对 4 种寄主辣木的取食量依次为北方辣木>‘中古辣木 1 号’>多油辣木>狭瓣辣木(表 2)。多重比较结果显示,成虫对北方辣木的取食量显著高于其他 3 个种,‘中古辣木 1 号’、多油辣木和狭瓣辣木间没有显著差异。结果表明,赤斑白条天牛成虫更偏向于取食北方辣木。

表 1 不同寄主辣木的树皮厚度和含水量		
辣木品种	树皮厚度/mm	含水量/%
‘中古辣木 1 号’	3.81±0.07b	83.37±0.00a
多油辣木	3.59±0.07c	68.81±0.01c
北方辣木	4.99±0.06a	66.97±0.01d
狭瓣辣木	2.77±0.06d	77.04±0.00b

注: 同列数据后不同字母表示差异显著,下同。

2.2.2 产卵数和刻槽数

赤斑白条天牛成虫对 4 种辣木的产卵刻槽数依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木(表 2)。多重比较结果显示,多油辣木的产卵刻槽数高于‘中古辣木 1 号’,未达到显著性差异,但二者均显著高于狭瓣辣木和北方辣木。分析结果表明,赤斑白条天牛成虫更偏向于在多油辣木上刻槽产卵。

赤斑白条天牛成虫对 4 种辣木的产卵数依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木(表 2)。多重比较结果显示,多油辣木中的产卵数显著高于其他 3 种寄主辣木;狭瓣辣木、‘中古辣木 1 号’和北方辣木的产卵数均有显著差异;狭瓣辣木和‘中古辣木 1 号’的产卵数无显著差异。结果表明,赤斑白条天牛成虫更偏向于在多油辣木上产卵。

表 2 赤斑白条天牛对 4 种寄主辣木的取食产卵情况				
辣木品种	对照组失水率/%	取食量/g	产卵刻槽数	产卵数
‘中古辣木 1 号’	0.15±0.03	65.61±6.32b	15.07±1.98ab	4.53±0.52b
多油辣木	0.16±0.06	48.18±4.07bc	20.07±3.35a	7.67±1.09a
北方辣木	0.13±0.02	94.66±10.39a	4.47±1.79c	0.80±0.55c
狭瓣辣木	0.13±0.04	41.08±7.76b	11.27±1.73b	3.13±0.54b

2.3 初孵幼虫趋向率

赤斑白条天牛初孵幼虫对 4 种寄主辣木的趋向率表现为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木(表 3)。多重比较结果显示,赤斑白条天牛初孵幼虫对多油辣木的趋向率显著高于狭瓣辣木和北方辣木;对北方辣木和‘中古辣木 1 号’的趋向率存在显著差异;多油辣木和‘中古辣木 1 号’,狭瓣辣木和北方辣木,狭瓣辣木和‘中古辣木 1 号’间趋向率均存在不显著差异。分析结果表明,赤斑白条天牛初孵幼虫偏向选择多油辣木作为寄主。

表 3 180 头赤斑白条天牛初孵幼虫寄主选择情况		
辣木品种	平均选择幼虫数	趋向率/%
‘中古辣木 1 号’	17.33	28.89±0.07ab
多油辣木	25.33	42.22±0.03a
北方辣木	5.67	9.44±0.03c
狭瓣辣木	11.67	19.45±0.03bc

2.4 幼虫在不同寄主辣木上的生长表现及寄主选择性

取食 4 种辣木的赤斑白条天牛幼虫的体长依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木;体宽依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木;体重依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木。多重比较结果显示,取食 4 种辣木的幼虫体长、体宽、体重指标间均存在显著差异。赤斑白条天牛幼虫取食多油辣木时的体长、体宽、体重等生长量指标均最好,取食北方辣木的生长量指标均最差。

取食 4 种辣木的赤斑白条天牛幼虫的成活率依次为多油辣木>‘中古辣木 1 号’>狭瓣辣木>北方辣木(表 4),即赤斑白条天牛幼虫取食多油辣木时成活率最高,取食北方辣木时成活率最低。多重比较结果显示,除取食北方辣木和狭瓣辣木的幼虫成活率间无显著差异外,取食其他 2 种寄主辣木的成活率间均存在显著差异。

表 4 取食 4 种辣木的赤斑白条天牛幼虫形态指标情况

辣木品种	体长/mm	体宽/mm	体重/g	成活率/%
‘中古辣木 1 号’	57.11±0.39b	10.46±0.06b	2.66±0.05b	72.22±0.03b
多油辣木	64.90±0.61a	11.35±0.08a	4.43±0.09a	94.44±0.03a
北方辣木	2.38±1.34d	0.41±0.23d	0.04±0.02d	1.85±0.02c
狭瓣辣木	12.27±3.14c	2.31±0.58c	0.36±0.10c	7.41±0.02c

2.5 Pearson 相关性分析

相关性分析结果(表 5)显示:赤斑白条天牛成虫取食量与产卵数显著负相关,与初孵幼虫趋向率显著负相关,与寄主辣木树皮厚度极显著正相关;产卵刻槽数与产卵数、初孵幼虫趋向率,幼虫体长、体宽、体重及成活率均极显著正相关,与寄主辣木树皮厚度极显著负相关;产卵数与初孵

幼虫趋向率,幼虫体长、体宽、体重及成活率均极显著正相关,与寄主辣木树皮厚度极显著负相关。初孵幼虫趋向率与幼虫体长、体宽、体重及成活率均极显著正相关,与寄主辣木树皮厚度极显著负相关;幼虫体长、体宽与寄主辣木含水量显著正相关。寄主辣木树皮厚度与寄主含水量极显著负相关。

表 5 Pearson 相关性分析结果

指标		成虫取食量	产卵刻槽数	产卵数	初孵幼虫趋向率	幼虫体长	幼虫体宽	幼虫体重	幼虫成活率	寄主树皮厚度	寄主含水量
成虫取食量	相关性	1		-0.270*	-0.305*					0.556**	
	显著性			0.037	0.018					<0.001	
产卵刻槽数	相关性		1	0.888**	0.471**	0.417**	0.420**	0.431**	0.516**	-0.339**	
	显著性			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	
产卵数	相关性			1	0.589**	0.513**	0.510**	0.579**	0.633**	-0.335**	
	显著性				<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.009	
初孵幼虫趋向率	相关性				1	0.714**	0.715**	0.801**	0.775**	-0.451**	
	显著性					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
幼虫体长	相关性					1	0.993**	0.924**	0.904**		0.268*
	显著性						<0.001	<0.001	<0.001		0.038
幼虫体宽	相关性						1	0.913**	0.898**		0.300*
	显著性							<0.001	<0.001		0.020
幼虫体重	相关性							1	0.950**		
	显著性								<0.001		
幼虫成活率	相关性								1		
	显著性										
寄主树皮厚度	相关性									1	-0.450**
	显著性										<0.001
寄主含水量	相关性										1
	显著性										

注: *表示显著相关 (P<0.05), **表示极显著相关 (P<0.01)。

3 讨论

天牛作为植食性昆虫,寄主种类繁多,羽化后的成虫需要补充营养才能达到性成熟阶段,其对寄主的选择首先是取食选择,其次是产卵选择。这样的选择方式有利于天牛幼虫正常生长发育

并顺利完成世代生活史^[13]。研究发现,为保证自身正常生长发育需要,天牛成虫通常会选择在营养成分较高的寄主上进行取食,选择在最有利于后代繁衍的寄主上进行刻槽及产卵^[14]。如云斑天牛偏好在黄连木(*Pistacia chinensis*)上取食,在大叶杨(*Populus lasiocarpa*)上产卵^[15];危害杨树的

云斑天牛喜欢取食光皮桦 (*Betula luminifera*) 和枫杨 (*Pterocarya stenoptera*) 等树种^[16-17]; 云杉花墨天牛 (*Monochamus saltuarius*) 成虫补充营养时偏好取食油松 (*Pinus tabulaeformis*) 树苗, 然而北方松材线虫病疫区受害最严重的树种为红松 (*P. koraiensis*)^[18]。由此可见, 天牛成虫偏好取食的寄主与幼虫蛀干危害严重的寄主树种不一致。这是因为天牛对不同寄主的选择受寄主植物种类、数量及寄主植物挥发物、遗传因素等诸多因素的影响^[19]。本研究发现, 赤斑白条天牛成虫偏向取食北方辣木, 偏向在多油辣木上产卵, 且成虫取食量与产卵数存在显著负相关关系。说明北方辣木是成虫补充营养的寄主, 而多油辣木是幼虫的蛀干寄主, 取食寄主与产卵寄主不是同一个树种, 这与上述研究结果相吻合。

张风娟等^[20]发现, 寄主树木组织形态的轻微变化会改变天牛的适口度, 寄主树皮是影响天牛取食和刻槽产卵的重要因子之一。温俊宝、张克斌等^[21-22]也发现, 天牛的产卵数量与寄主树皮厚度密切相关。本研究相关性分析结果显示, 赤斑白条天牛成虫取食量、产卵刻槽量、产卵数以及初孵幼虫趋向率与寄主树皮厚度均存在显著相关关系, 幼虫体长和体宽与寄主含水量均存在显著相关关系。说明辣木树的树皮厚度和含水量均会影响赤斑白条天牛的取食选择和产卵选择。

天牛幼虫生长环境往往由雌性成虫决定, 幼虫的蛀干寄主往往与雌虫产卵寄主相同, 当卵孵化为幼虫后, 幼虫即在雌虫制作的卵槽周围蛀食, 随后才慢慢蛀入心材为害^[23-24]。本研究发现, 赤斑白条天牛存在典型的产卵偏好性, 成虫偏好在最有利于幼虫生长的寄主辣木中产卵, 多油辣木最适合赤斑白条天牛幼虫生长发育。

本研究初步探讨了赤斑白条天牛对4种辣木的寄主选择性, 初步明确了赤斑白条天牛的取食选择和产卵选择情况, 指出寄主树皮厚度和含水量会影响天牛的寄主选择。但是, 对于蛀干害虫来说, 尤其是天牛科昆虫, 从选择寄主到确定在寄主上产卵是一个极其复杂的过程, 会受到多种因素的影响, 想要通过寄主选择性了解寄主抗虫机理, 还需要在试验中测量更多的寄主树皮物理

性质和树皮内含物指标, 开展进一步研究, 以揭示寄主的抗虫机理。

4 结论

在‘中古辣木1号’、多油辣木、北方辣木和狭瓣辣木等4种辣木中, 赤斑白条天牛成虫偏向在北方辣木上取食, 在多油辣木上刻槽和产卵; 初孵幼虫偏向选择多油辣木作为寄主, 用多油辣木饲养的幼虫体长、体宽、体重和成活率等指标均最高; 赤斑白条天牛的寄主选择与4种辣木树皮厚度和含水量显著相关。本研究以赤斑白条天牛为研究对象, 初步明确了赤斑白条天牛的寄主选择性, 为掌握其田间发生动态, 开展综合防控以及选育抗赤斑白条天牛的辣木品种提供了基础性参考资料。

参考文献:

- [1] 杨春梅, 屈云慧, 汪国鲜, 等. 辣木组织培养和快繁技术研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 2218-2222.
- [2] THAKUR NSA, FIRAKE DM, BEHERE GT, et al. Biodiversity of agriculturally important insects in North Eastern Himalaya: an overview[J]. Indian Journal of Hill Farming, 2012, 25(2): 37-40.
- [3] KARIYANNA B, RAJEEV G, BAKTHAVATCHALAM N, et al. Host plants record and distribution status of agriculturally important longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) from India[J]. Progressive Research-An International Journal, 2017, 12(Special-1): 1195-1199.
- [4] 张永科, 赵春攀, 朱国渊, 等. 危害辣木的重要害虫——赤斑白条天牛[J]. 中国森林病虫, 2019, 38(3): 1-5, 9.
- [5] 彭瀚, 张守科, 耿显胜, 等. 幼虫取食不同寄主树种的云斑白条天牛成虫种群分化[J]. 林业科学, 2020, 56(7): 91-103.
- [6] 吴广, 徐蕾, 李贝娜, 等. 寄主对云斑白条天牛幼虫取食行为及其体内酶活性的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2021, 41(3): 107-112.
- [7] YANG H, WANG B, YANG W, et al. The role of vision in host-orientation and mate-finding behaviors of the white-striped longhorned beetle, *Batocera lineolata*[J]. Entomological News, 2017, 126(5): 358-371.
- [8] 杨丹, 田博睿, 玄善姬, 等. 黑龙江省3种林木对美国白蛾的适生性[J]. 植物保护, 2021, 47(6): 153-157.
- [9] 徐蕾, 吴广, 杨振德, 等. 云斑白条天牛对核桃、桉树的趋

- 向性和EAG反应[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(4): 959-965.
- [10] SCHINDELIN J, ARGANDA-CARRERAS I, FRISE E, et al. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis[J]. Nature methods, 2012, 9(7): 676-682.
- [11] DENIS DJ. SPSS data analysis for univariate, bivariate, and multivariate statistics[M]. John Wiley & Sons: New Jersey, USA, 2018.
- [12] COHEN I, HUANG Y, CHEN J, et al. Pearson correlation coefficient [M]//Noise reduction in speech processing. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009: 1-4.
- [13] 高成龙, 袁海波, 陈刘生, 等. 南方锦天牛成虫取食与产卵寄主选择性研究[J]. 环境昆虫学报, 2023, 45(6): 1704-1710.
- [14] HOLLAND JN, BUCHANAN AL, LOUBEAU R. Oviposition choice and larval survival of an obligately pollinating granivorous moth [J]. Evolutionary Ecology Research, 2004, 6(4): 607-618.
- [15] 郑凯文, 吴守欣, 张冬勇, 等. 不同种群云斑天牛对寄主取食和产卵的行为差异[J]. 浙江农林大学学报, 2022, 39(1): 159-165.
- [16] 钱范俊, 袁俊杰, 叶中亚, 等. 云斑天牛成虫补充营养源对扩散危害影响的研究[J]. 中南林学院学报, 1996(2): 62-64, 89.
- [17] 高瑞桐, 王宏乾, 徐邦新, 等. 云斑天牛补充营养习性及与寄主树关系的研究[J]. 林业科学研究, 1995(6): 619-623.
- [18] 郑雅楠, 时勇, 李洋, 等. 云杉花墨天牛成虫对四种寄主松树的取食偏好性[J]. 昆虫学报, 2021, 64(12): 1478-1482.
- [19] JALLOW MFA, ZALUCKI MP. Within- and between-population variation in host-plant preference and specificity in Australian *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Australian Journal of Zoology, 1996, 44(5): 503-519.
- [20] 张凤娟, 金幼菊, 陈华君, 等. 光肩星天牛对4种不同槭树科寄主植物的选择机制[J]. 生态学报, 2006(3): 870-877.
- [21] 温俊宝, 叶刚, 李镇宇, 等. 杨树受光肩星天牛危害程度与树皮厚度的关系[J]. 河北林果研究, 1998(2): 40-44.
- [22] 张克斌, 周嘉熹. 抗黄斑星天牛的树种及其机制的研究初报[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 1984(3): 87-92.
- [23] GARCIA-ROBLEDO C, HORVITZ CC, STAINES CL. Adult and larval morphology, host plants, adult longevity and notes on natural history in *Cephaloleia* "rolled-leaf beetles" (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae) [J]. Zootaxa, 2010, 2610: 50-68.
- [24] BERNAYS E, GRAHAM M. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods [J]. Ecology, 1988, 69(4): 886-892.