

### 3种山茶属树种内营养物质和次生物质含量 对南方锦天牛取食的影响\*

吕宇宙<sup>1</sup> 袁海波<sup>2</sup> 高成龙<sup>2</sup> 赵丹阳<sup>2</sup>

(1. 韶关市曲江区国有小坑林场, 广东 韶关 512000;

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** 为明确不同寄主树皮内含物与南方锦天牛 *Acalolepta speciosa* 危害程度的相关关系, 研究针对高州油茶 *Camellia drupifera*、油茶 *C. oleifera* 和广宁红花油茶 *C. semiserrata* 进行了南方锦天牛取食与树皮内含物相关性的分析。研究发现, 3个树种的韧皮部内含物含量普遍高于木质部。南方锦天牛对高州油茶和油茶表现出明显的取食偏好, 这种偏好与可溶性糖、还原糖、总酚含量并无显著相关性, 而与单宁含量呈极显著正相关关系 ( $P < 0.01$ )。广宁红花油茶由于具有较高的碳氮比及可能的其他生物碱成分, 导致南方锦天牛对其取食量较少。此外, 苯丙氨酸含量与取食面积呈显著正相关关系 ( $P < 0.05$ ), 而赖氨酸、精氨酸、组氨酸含量较高的高州油茶和油茶更受南方锦天牛的喜爱。天牛的取食行为受多种因素影响, 其具体作用机制还需进一步深入研究。

**关键词** 南方锦天牛; 山茶属; 营养物质; 取食量

中图分类号: S763 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2024) 06-0078-07

DOI: 10.20221/j.cnki.2096-2053.202406011

### Effects of Nutrient Content and Secondary Metabolites in Three *Camellia* spp. on Feeding of *Acalolepta speciosa*

LYU Yuzhou<sup>1</sup> YUAN Haibo<sup>2</sup> GAO Chenglong<sup>2</sup> ZHAO Danyang<sup>2</sup>

(1. State-owned Xiaokeng Forest Farm, Qujiang District, Shaoguan City, Shaoguan, Guangdong 512000, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** To clarify the correlation between the bark contents of different hosts and the damage degree of *Acalolepta speciosa*, the correlation between the feeding of *A. speciosa* and the bark contents of *Camellia drupifera*, *C. oleifera*, and *C. semiserrata* was analyzed. The results indicated that the content of phloem constituents in the three *Camellia* species was generally higher than that of xylem. *A. speciosa* showed a clear preference for *C. drupifera* and *C. oleifera*. There was no significant correlation between this preference and soluble sugar, reducing sugar and total phenol content, but there was a significant positive correlation with tannin content ( $P < 0.05$ ). The higher carbon-to-nitrogen ratio and potential alkaloids in *C. semiserrata* may explain the lower feeding amounts of *A. speciosa* on this variety. Furthermore, the phenylalanine content was positively associated

\* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2024KJCX019), 广东省地方标准制 (修) 订项目 (2022-DB-03)。

第一作者: 吕宇宙 (1971—), 男, 工程师, 主要从事林业有害生物防控研究, E-mail: 2972913466@qq.com。

通信作者: 赵丹阳 (1978—), 女, 高级工程师 (教授级), 主要从事林业有害生物防治, E-mail: 85040875@qq.com。

with the feeding area ( $P < 0.05$ ). *C. drupifera* and *C. oleifera*, with higher lysine, arginine, and histidine levels, were preferred by *A. speciosa*. The feeding behavior of *A. speciosa* is multifactorial, necessitating further detailed study to elucidate the underlying mechanisms.

**Key words** *Acalolepta speciosa*; *Camellia*; nutrients; feeding amounts

糖类、蛋白质、氨基酸是昆虫生长发育和生命活动所必需的营养物质,昆虫要选择合适的寄主满足自身营养需求<sup>[1]</sup>,营养物质含量也会影响昆虫的危害选择<sup>[2]</sup>。松褐天牛 *Monochamus alternatus* 成虫对寄主取食的选择主要受寄主内糖类、氨基酸等物质影响,为交配与产卵做准备时会选择取食水溶性糖类含量高的嫩枝以补充营养<sup>[3]</sup>;多毛小蠹 *Scolytus seulensis* 对杏树 *Armeniaca vulgaris* 的危害程度与杏树韧皮部可溶性糖、多糖、可溶性蛋白均呈正相关关系<sup>[4]</sup>;寄主树皮的碳氮比、氨基酸含量是影响星天牛 *Anoplophora chinensis* 取食、栖息和产卵选择的重要因子,适宜的碳氮比、较高的氨基酸含量是星天牛寄主选择的标准<sup>[5]</sup>;适宜的碳氮比和丰富的可溶性糖含量,加上高含量的总必需氨基酸和总氨基酸量,构成了光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 取食和产卵选择的重要标准<sup>[6]</sup>;蓝翅天牛 *Chreonoma atritarsis* 对油茶 *Camellia oleifera* 枝条的为害选择与枝条内的可溶性蛋白含量存在显著正相关关系,与还原糖与可溶性总糖含量之比、总酚含量及缩合单宁含量存在显著负相关关系<sup>[7]</sup>。

南方锦天牛 *Acalolepta speciosa* 是危害油茶的一种重要钻蛀性害虫,以幼虫旋蛀主干或侧干基部木质部和韧皮部,被害部位周围组织增生呈瘤状节,破坏疏导组织,严重影响树木生长,发生严重时甚至导致整株枯死<sup>[8-9]</sup>。目前尚无关于南方锦天牛取食与寄主植物内含物含量等相关性研究,本研究通过对南方锦天牛在高州油茶 *Camellia drupifera*、油茶 *C. oleifera*、广宁红花油茶 *C. semiserrata* 取食与树皮内含物的相关性分析,明确不同寄主树皮内含物与南方锦天牛危害的关系,为抗性树种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

于2022年4月在广东省韶关市小坑林场采集主干具有新鲜虫粪排出特征的油茶 *Camellia* sp. 树体,树干两端用清水浸湿的棉花包裹进行保湿,

带回广东省林业科学研究院养虫室,待天牛羽化出孔,共得到145头南方锦天牛成虫。

### 1.2 供试寄主

2022年6月初在广东省林业科学研究院后山采集高州油茶、油茶、广宁红花油茶健康枝条,使韧皮部与木质部分离,使用液氮冷冻保存,用于测定枝条主要营养物质及次生物质的含量。

### 1.3 供试试剂及仪器

试剂:植物可溶性糖含量试剂盒(货号JC0401-M)、单宁含量测定试剂盒(货号JC0106-M)、植物总酚试剂盒(货号JC0109-M)、还原糖测定试剂盒(货号JC0405-M),氨基酸的测量由南京集测生物科技有限公司完成。

主要仪器:台式高速冷冻离心机(美国BECKMAN公司,Allegra21R)、万分之一天平(梅特勒ML204型)、移液器(德国Eppendorf公司)、超声波清洗仪(上海微弥WM-700)、紫外可见分光光度计(上海元析,UV-8000)、酶标仪(Infinite200ProMNano,TECAN)、TG-16G台式高速离心机(湖南凯达科学仪器有限公司)、FA1204电子天平(上海衡际科学仪器有限公司)、安捷伦1260液相色谱串联AB4000质谱仪、PS40A超声清洗仪(深华泰科学仪器有限公司)、水浴氮吹仪(上海那艾仪器有限公司)。

### 1.4 取食试验方法

准备5个养虫箱,每个箱子中放1对初羽化状态且已经饥饿24h的南方锦天牛,取直径为2cm、长为20cm的3种寄主植物的健康嫩枝条各2根,分别放入5个养虫箱中。观察每个笼中天牛24h的取食面积。每测定完一次后更换新鲜油茶枝条及天牛,实验重复3次。取食面积使用1mm×1mm无水硫酸纸测量。

### 1.5 内含物测定试验方法

将寄主韧皮部与木质部分离,各称取20g,使用液氮速冻后带回实验室用于物质含量测定。

可溶性蛋白含量测定采用分光光度法;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;还原糖、单宁、总酚含量测定采用微量法。测定各组油茶枝干韧

皮部、木质部的物质含量, 实验生物学重复3次, 技术重复3次。

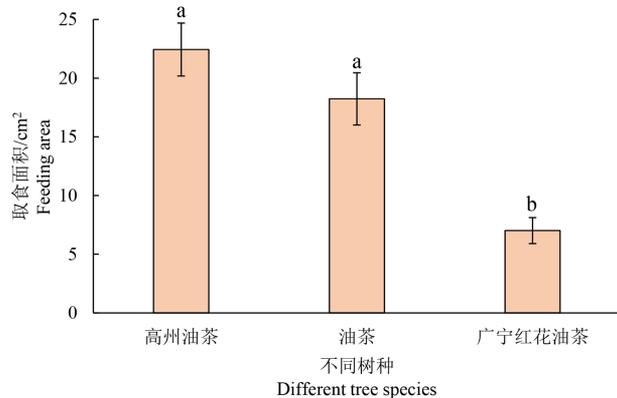
## 1.6 数据处理

使用单因素方差分析法计算各组数据间的差异显著性; 相关性分析采用 Origin2022 软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 南方锦天牛对不同山茶属树种枝条的取食量

室内取食试验结果表明, 南方锦天牛对高州油茶的取食量为  $(22.43 \pm 2.26)$   $\text{cm}^2$ , 油茶为  $(18.23 \pm 2.23)$   $\text{cm}^2$ , 广宁红花油茶为  $(7.01 \pm 1.11)$   $\text{cm}^2$ 。比较分析表明, 南方锦天牛对高州油茶和油茶枝干取食量差异不显著, 但对高州油茶和油茶的取食量均显著高于广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ )。即南方锦天牛成虫对高州油茶和油茶的枝条具有明显的选择偏好 (图1)。



注: 不同字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著。

Note: Different letters show significant differences at the  $P < 0.05$  level.

图1 南方锦天牛对高州油茶 *Camellia drupifera*、油茶 *C. oleifera*、广宁红花油茶 *C. semiserrata* 的取食量比较  
Figure 1 Comparative feeding amounts of *Acalolepta speciosa* on *Camellia drupifera*, *C. oleifera*, and *C. semiserrata*

### 2.2 不同山茶属树种内含物含量

2.2.1 可溶性蛋白、可溶性总糖、还原性糖含量  
可溶性蛋白在高州油茶中含量最高, 为  $(15.38 \pm 0.97)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $(8.56 \pm 0.87)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 显著高于油茶和广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ); 可溶性总糖在广宁红花油茶中含量最高, 为  $(64.81 \pm 5.20)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $(37.71 \pm 3.60)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 其中韧皮部的含量与另外2种油茶差异不显著, 木质部的含量显著高于油茶 ( $P < 0.05$ ), 与高州油茶差异不

显著; 还原性糖在高州油茶中的含量最高, 为  $(44.84 \pm 0.97)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $(38.56 \pm 1.31)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 显著高于油茶和广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ) (表1)。

2.2.2 单宁和总酚含量 韧皮部中的单宁含量在油茶中最高, 为  $(4.25 \pm 0.11)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 显著高于广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ); 木质部中的丹宁含量在高州油茶中最高, 为  $(3.98 \pm 0.03)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 显著高于油茶 ( $P < 0.05$ )。总酚含量在高州油茶的韧皮部和木质部均显著高于油茶和广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ), 分别为  $(38.58 \pm 0.87)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $(21.44 \pm 0.73)$   $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2.2.3 碳氮比 韧皮部中广宁红花油茶的碳氮比最高, 为  $5.54 \pm 0.33$ , 显著高于高州油茶 ( $P < 0.05$ ), 木质部中油茶的碳氮比最高, 为  $6.51 \pm 0.04$ , 显著高于高州油茶 ( $P < 0.05$ ) (表1)。

2.2.4 氨基酸种类和含量 高州油茶、油茶和广宁红花油茶的韧皮部和木质部共检测到17种氨基酸。其中, 丝氨酸、半胱氨酸、苏氨酸和组氨酸在各树种韧皮部中的含量差异不显著, 甲硫氨酸、酪氨酸、丙氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、精氨酸和赖氨酸在油茶韧皮部中的含量显著高于另外两个树种 ( $P < 0.05$ ), 脯氨酸和谷氨酸在高州油茶韧皮部中的含量最高, 与油茶差异不显著, 但显著高于广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ )。在木质部中, 油茶的酪氨酸、脯氨酸、丙氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸、组氨酸、精氨酸和赖氨酸的含量显著高于高州油茶和广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ), 甘氨酸和谷氨酸的含量显著高于广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ), 与高州油茶差异不显著; 高州油茶木质部中的丝氨酸和半胱氨酸显著高于油茶和广宁红花油茶 ( $P < 0.05$ ) (表1)。

### 2.3 内含物含量与南方锦天牛取食的相关性

南方锦天牛对油茶取食面积与韧皮部中可溶性蛋白、可溶性糖、还原糖、总酚的含量、碳氮比、还原糖与可溶性糖之比均无显著相关性, 但与单宁含量存在极显著正相关关系 ( $r = 0.85$ ,  $P < 0.01$ ); 与苯丙氨酸 ( $r = 0.76$ ,  $P < 0.05$ )、谷氨酸 ( $r = 0.72$ ,  $P < 0.05$ )、甲硫氨酸 ( $r = 0.69$ ,  $P < 0.05$ ) 和亮氨酸 ( $r = 0.66$ ,  $P < 0.05$ ) 的含量存在显著正相关关系 (表2、表3)。

表 1 3种山茶属树种枝条主要营养物质及次生物质含量

Table 1 Contents of primary nutrients and secondary metabolites in branches of three kinds of *Camellia*

指标名称 Index	韧皮部 Phloem				木质部 Xylem	
	高州油茶 <i>Camellia drupifera</i>	油茶 <i>C. oleifera</i>	广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>	高州油茶 <i>C. drupifera</i>	油茶 <i>C. oleifera</i>	广宁红花油茶 <i>C. semiserrata</i>
可溶性蛋白质质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> ) Soluble protein	15.38±0.97a	11.57±0.09b	11.69±0.57b	8.56±0.87a	3.54±0.10c	5.99±0.60b
可溶性总糖质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> ) Soluble sugar	57.78±6.90a	57.06±0.70a	64.81±5.20a	30.54±2.33a	23.07±0.50b	37.71±3.60a
还原性糖质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> ) Reducing sugar	44.84±0.97a	31.83±0.15b	33.44±2.80b	38.56±1.31a	27.64±0.75b	30.70±1.19b
单宁质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Tannic acid	4.17±0.02a	4.25±0.11a	3.73±0.15b	3.98±0.03a	3.20±0.04c	3.72±0.07b
总酚质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Total phenolic	38.58±0.87a	22.33±0.49b	23.81±1.15b	21.44±0.73a	9.48±0.79b	13.96±2.01b
碳氮比 C/N ratio	3.7±0.47b	4.90±0.06ab	5.54±0.33a	3.65±0.53b	6.51±0.04a	6.32±0.42a
还原糖与可溶性糖之比 Ratio of reducing sugar to soluble sugar	2.91±0.09a	2.70±0.01b	2.86±0.04b	1.27±0.06a	1.19±0.04a	0.82±0.05b
甲硫氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Gly	0.78±0.02b	0.91±0.04a	0.60±0.03c	0.04±0.01b	0.02±0.01c	0.08±0.01a
酪氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Tyr	26.70±0.29b	43.08±2.27a	33.47±1.20c	3.57±0.12b	5.28±0.08a	2.48±0.17c
脯氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Pro	47.56±1.46a	44.60±1.12a	39.34±0.62b	18.40±0.51b	26.18±0.61a	15.59±0.96c
丙氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Ala	7.79±0.19b	9.24±0.29a	7.03±0.24b	2.38±0.18b	4.46±0.15a	1.97±0.01b
甘氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Gly	16.65±0.74b	20.39±0.67a	12.75±0.85c	6.13±0.28a	7.180±0.85a	4.08±0.27b
丝氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Ser	26.03±1.23a	29.11±0.89a	26.09±1.79a	8.42±0.37a	6.46±0.20b	3.54±0.23c
谷氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Glu	61.25±1.59a	58.63±2.25a	43.90±2.95b	24.09±0.79a	22.04±0.55a	16.68±0.81b
天冬氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Asp	48.78±1.14a	43.46±1.84b	39.86±2.89b	15.74±1.18b	20.70±0.79a	10.91±0.69c
半胱氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Cys	0.94±0.04a	0.82±0.05a	0.85±0.06a	0.22±0.01a	0.17±0.01b	0.15±0.01c
苯丙氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Phe	20.64±0.47b	22.84±0.26a	16.56±0.36c	6.86±0.34b	9.73±0.07a	6.05±0.17c
缬氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Val	41.29±0.66b	57.27±0.26a	43.65±1.61b	9.87±0.08b	13.90±0.09a	5.86±0.24c
异亮氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Ser	19.48±0.20b	21.48±0.19a	16.86±0.12c	10.50±0.36b	15.87±0.35a	8.66±0.10c
亮氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Met	36.77±0.55b	39.47±1.05a	29.60±0.56c	5.18±0.09b	7.91±0.23a	4.09±0.14c
苏氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Thr	7.47±0.14a	6.98±0.25a	6.98±0.32a	2.58±0.10b	3.45±0.11a	1.69±0.10c
组氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )His	23.01±1.18a	22.36±0.44a	16.10±1.45a	3.78±0.24b	6.17±0.58a	4.23±0.19c
精氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Arg	11.64±0.31b	13.57±0.24a	10.46±0.55c	3.91±0.27b	22.59±0.56a	3.08±0.09b
赖氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )Lys	33.49±1.03b	37.43±0.41a	28.30±0.34c	10.09±0.71b	16.00±0.22a	7.16±0.13c

注: 同行不同字母表示同一枝条部位不同树种间在  $P<0.05$  水平上差异显著。Note: Different letters in the same row indicate significant differences between different tree species at the same branch location at the  $P<0.05$  level.

表 2 山茶属树种枝条营养物质及次生物质与南方锦天牛取食面积相关性系数

Table 2 The correlation coefficients between nutritional compounds and secondary metabolites in *Camellia* branches and the feeding area of *Acalolepta speciosa*

项目 Project	取食面积 Feeding Area	可溶性蛋白 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar	单宁 Tannic acid	还原糖 Reducing sugar	总酚 Total phenolic	碳氮比 C/N ratio
可溶性蛋白	0.64						
可溶性糖	-0.31	-0.09					
单宁	0.85**	0.35	-0.11				
还原糖	0.47	0.81**	-0.09	0.30			
总酚	0.59	0.95**	-0.13	0.27	0.89**		
碳氮比	-0.66	-0.75*	0.71*	-0.34	-0.66*	-0.74*	
还原性糖与可溶性糖之比 Ratio of reducing sugar to soluble sugar	0.56	0.70*	-0.62	0.29	0.86**	0.79*	-0.91**

注：\* 表示在  $P < 0.05$  水平上相关显著，\*\* 表示在  $P < 0.01$  水平上相关显著。

Note: \* indicates a significant difference at the  $P < 0.05$  level, \*\* indicates a significant difference at the  $P < 0.001$  level.

### 3 结论与讨论

植物内含物的成分种类及含量是影响害虫取食偏好的重要因素<sup>[10]</sup>，本研究测定了高州油茶、油茶和广宁红花油茶枝干的内含物，包括可溶性糖、可溶性蛋白质、还原糖、单宁、总酚以及 17 种氨基酸的含量，结果表明，3 个树种的内含物在韧皮部含量均大于木质部，这与桑天牛、光肩星天牛、青杨脊虎天牛 *Xylotrechus rusticus*<sup>[11-13]</sup> 寄主植物体内物质的研究结果相符。南方锦天牛羽化后，由于其生殖系统尚未发育成熟，需要继续取食获得营养物质以供其生长发育，待性成熟后才能完成求偶、交配、产卵等行为。在南方锦天牛补充营养阶段进行选择取食实验，测定可能影响取食面积大小的因子，包括可溶性糖、可溶性蛋白质、还原性糖、单宁、总酚、氨基酸含量，计算还原性糖与可溶性糖之比、碳氮比 (C/N)，再用以上数据与被南方锦天牛取食的油茶枝干面积进行相关性分析，发现取食面积与可溶性糖、还原性糖、总酚、可溶性蛋白等无显著相关，这与光肩星天牛取食与其寄主内含物相关性结果相同<sup>[14]</sup>。比较南方锦天牛对 3 个山茶属树种的取食面积发现，对高州油茶和油茶的取食面积显著高于广宁红花油茶，表明其对高州油茶和油茶的选择存在明显偏好。

寄主植物的碳氮比能够影响昆虫的取食选择，合适的碳氮能够准确反映昆虫的营养状况<sup>[15]</sup>，通

常来说含量越高越好，但仍取决于天牛能否很好的消化这些物质，碳氮比过高的会降低营养平衡，间接抑制昆虫的取食从而对昆虫的生长发育造成不利影响<sup>[16]</sup>。南方锦天牛喜欢取食碳氮比、可溶性糖比较低的高州油茶和油茶，对碳氮比、可溶性糖较高的广宁红花油茶的取食量较小，猜测可能因为碳氮比、溶性糖含量过高导致天牛的整体营养平衡。酚类物质则不利于天牛幼虫的生长发育并顺利完成世代生活史，本研究中天牛选择取食单宁、总酚含量最高的高州油茶面积最大，且取食面积与单宁含量极显著正相关，或许是因为红花油茶中有其他更多的能使昆虫产生抑食作用的生物碱类物质，例如烟碱、马钱子碱等<sup>[17]</sup>，从而降低了天牛的取食面积。

农业生产中将氨基酸含量作为评判田间害虫危害的关键营养指标，认为氨基酸含量与危害量成正比，同时精氨酸、组氨酸、苯丙氨酸的含量越低，其植株抗危害的能力越强<sup>[18]</sup>。本次取食实验中，南方锦天牛对不同山茶属树种的取食面积与韧皮部中的苯丙氨酸含量呈显著正相关关系，同时高州油茶与油茶韧皮部含有的赖氨酸、精氨酸、组氨酸含量高于广宁红花油茶。这可能是南方锦天牛对这两种树种的取食面积显著大于广宁红花油茶的原因。

天牛的取食和产卵等行为活动主要与寄主挥发物、代谢物质、营养物质等密切相关<sup>[19-20]</sup>。但也可能受到其他方面的影响，例如寄主树皮的物

表3 山茶属树种枝条氨基酸含量与南方锦天牛取食面积相关性系数  
Table 3 The correlation coefficient between amino acid content in *Carnellia* branches and the feeding area of *Acalolepta speciosa*

取食面积 Feeding area	苯丙氨酸 Phenylalanine	亮氨酸 Leucine	异亮氨酸 Isoleucine	甲硫氨酸 Methionine	酪氨酸 Tyrosine	缬氨酸 Valine	脯氨酸 Proline	丙氨酸 Alanine	苏氨酸 Threonine	甘氨酸 Glycine	丝氨酸 Serine	谷氨酸 Glutamate	天冬氨酸 Aspartic acid	组氨酸 Histidine	半胱氨酸 L(+)-Cysteine	精氨酸 Arginine
苯丙氨酸	0.76*															
亮氨酸	0.66*	0.94**														
异亮氨酸	0.63	0.97**	0.95**													
甲硫氨酸	0.69*	0.90**	0.80**	0.91**												
酪氨酸	-0.04	0.37	0.26	0.48	0.60											
缬氨酸	0.11	0.58	0.44	0.66	0.74*	0.93**										
脯氨酸	0.65	0.69*	0.74*	0.65	-0.21	0.04										
丙氨酸	0.45	0.88**	0.86**	0.92**	0.79*	0.54	0.71*	0.53								
苏氨酸	0.18	0.23	0.57	0.36	0.58	0.22	0.39	0.27	0.47							
甘氨酸	0.53	0.45	0.48	0.42	0.47	0.41	0.34	0.34	0.22	-0.05						
丝氨酸	0.18	0.34	0.38	0.44	0.26	0.57	0.42	0.54	0.18	0.11	0.65					
谷氨酸	0.72*	0.65	0.42	0.35	0.38	0.64	0.57	0.29	0.34	0.37	0.65	0.12				
天冬氨酸	0.64	0.57	0.50	0.58	0.34	0.29	0.41	0.33	0.63	0.20	-0.11	0.60				
组氨酸	0.65	0.28	0.31	0.66	-0.07	0.37	-0.08	0.54	0.27	0.59	-0.06	0.87**	0.68*			
半胱氨酸	0.33	0.61	0.29	0.42	0.34	-0.05	0.18	0.43	0.37	0.68*	-0.10	0.41	0.36	0.04		
精氨酸	0.43	0.02	0.43	0.38	0.19	0.37	0.34	0.47	0.20	-0.07	0.72	0.26	0.67*	0.74*	-0.09	
赖氨酸 Lysine	0.55	0.34	0.58	0.29	0.08	0.18	0.29	0.15	0.09	0.02	0.85**	0.37	0.75*	0.81**	-0.05	0.93**

注: \* 表示在  $P < 0.05$  水平上相关显著, \*\* 表示在  $P < 0.01$  水平上相关显著。

Note: \* indicates a significant difference at the  $P < 0.05$  level, \*\* indicates a significant difference at the  $P < 0.001$  level.

理粗糙程度,树皮表面形态结构,硬度和颜色的因素的影响<sup>[17]</sup>,且南方锦天牛取食究竟是受到什么因子共同调节控制以及其调控机制尚未明确,这些问题都有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] GOLDIE J, FLOYD R. Breeding resistance in eucalypts to insect attack [J]. *Trees and natural resources*, 1997, 39(1): 16-19.
- [2] ANDREW G M, BROCK R D, MADALINE A H. Biological control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in gerberas, chrysanthemums and roses [J]. *Australian journal of entomology*, 2013, 52(3): 246-258.
- [3] 赵锦年, 林长春, 陆高, 等. 补充营养材料对松褐天牛成虫存活期的影响[J]. *林业科学研究*, 2003(1): 69-74.
- [4] 杨璐, 朱晓峰, 朱苗苗, 等. 杏树营养物质含量与多毛小蠹危害关系的分析[J]. *环境昆虫学报*, 2015, 37(2): 320-327.
- [5] 徐丽丽, 解春霞, 刘云鹏, 等. 树皮内含物对星天牛寄主选择的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2023, 50(5): 777-783.
- [6] 王紫薇, 徐华潮, 汪云珍, 等. 树皮内含物对光肩星天牛取食与刻槽产卵量的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2016, 38(5): 942-949.
- [7] 黄欣, 李小珍, 姚志文, 等. 油茶蓝翅天牛为害与寄主油茶内营养物质和次生物质含量的关系[J]. *应用昆虫学报*, 2021, 58(1): 132-141.
- [8] 赵丹阳, 黄焕华, 黄华毅, 等. 油茶新害虫南方锦天牛形态特征和生物学特性研究(英文)[J]. *环境昆虫学报*, 2021, 43(6): 1446-1452.
- [9] 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.
- [10] 徐蕾, 郭春晖, 杨振德, 等. 3种核桃对云斑白条天牛的抗性研究[J]. *林业与环境科学*, 2024, 40(2): 69-76.
- [11] 张玉宝, 李金国, 安堃, 等. 不同杨树品系还原糖含量与青杨脊虎天牛危害的关系[J]. *东北林业大学学报*, 2006(2): 35-37.
- [12] 李继东, 桑玉强, 毕会涛, 等. 4树种树皮有机物质含量与对桑天牛抗性关系的研究[J]. *河南科学*, 2007(4): 578-581.
- [13] 周志军, 张斌, 王洪梅, 等. 柳树还原糖含量与光肩星天牛危害的关系[J]. *中国林副特产*, 2013(1): 19-22.
- [14] 杜和芬, 王佩星, 徐华潮, 等. 光肩星天牛对山核桃挥发性组分的触角电位分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2016, 33(1): 166-171.
- [15] VENGATESWARI G, ARUNTHIRUMENI M, SHIVASWAMY M S, et al. Effect of host plants nutrients, antioxidants, and phytochemicals on growth, development, and fecundity of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *International journal of tropical insect science*, 2022, 42(4): 3161-3173.
- [16] 马姝岑, 侯世星, 吴芳, 等. 树皮内含物对香梨优斑螟寄主选择的影响[J]. *西北农业学报*, 2014, 23(3): 186-192.
- [17] 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.
- [18] 余德亿, 姚锦爱, 黄鹏, 等. 榕管蓟马危害与寄主叶片结构及营养物质的关系[J]. *南京农业大学学报*, 2014, 37(2): 38-44.
- [19] MATSUKI M, FOLEY W J, FLOYD R B. Role of volatile and non-volatile plant secondary metabolites in host tree selection by Christmas beetles [J]. *Journal of chemical ecology*, 2011, 37(3): 286-300.
- [20] MÜLLER C, HILKER M. The effect of a green leaf volatile on host plant finding by larvae of a herbivorous insect [J]. *Die naturwissenschaften*, 2000, 87(5): 216-219.