

DOI:10.12403/j.1001-1498.20220595

光肩星天牛对沙枣和新疆杨的偏好性

邵鹏鹏¹, 杨兵军¹, 苏智², 孙佐翔¹, 王卓², 刘宇婷², 魏建荣^{1*}

(1. 河北大学生命科学学院, 生命科学与绿色发展研究院, 河北保定 071002; 2. 中国林业科学研究院, 沙漠林业实验中心, 内蒙古磴口 015200)

摘要: [目的] 新疆杨是目前我国西北地区防护林建设的首选树种, 长期单一化的种植模式使其受到了光肩星天牛的较大危害。沙枣对光肩星天牛有一定的诱杀效应, 但是否可用于保护新疆杨尚不清楚。[方法] 本研究通过测试光肩星天牛成虫对新疆杨和沙枣枝叶气味偏好性和树干产卵试验, 以及树木挥发物的触角电位活性测定等, 初步评估了沙枣作为保护树种的可行性。[结果] 1) 当新疆杨 vs 沙枣枝叶时, 雌虫偏好沙枣枝叶气味, 占作出选择成虫数的 80.65%, 雄虫对二者选择无显著差异; 2) 雌虫触角对新疆杨挥发物中的叶醇和乙酸叶醇酯以及沙枣挥发物中 3-萜烯、乙酸叶醇酯和叶醇表现出电生理活性, 新疆杨和沙枣挥发物中叶醇含量之比为 2.66:1, 乙酸叶醇酯之比为 1.19:1, 因其含量不同所表现出来的电生理活性刺激强度也不同; 3) 室内试验新疆杨 vs 沙枣树干时, 雌虫偏好在沙枣上产卵, 每个供试树段上的刻槽数达 18 ± 1.73 个, 但单选试验中在新疆杨上的有效产卵率高于沙枣, 分别为 75.00% 和 58.33%; 4) 在林间寄主树干上的套笼试验表明, 雌虫在无选择条件下在二者上的刻槽数无显著差异, 但幼虫在沙枣上均未成活。[结论] 上述结果证实了沙枣对光肩星天牛成虫有一定引诱性, 但沙枣在一定区域内是否会有效控制光肩星天牛种群的增长, 还需进一步的研究。

关键词: 光肩星天牛; 新疆杨; 沙枣; 寄主选择; 防护林

中图分类号: S763.38

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2023)04-0122-07

光肩星天牛 (*Anoplophora glabripennis*) 属鞘翅目天牛科 (Coleoptera: Cerambycidae), 是我国“三北”地区危害最为严重的蛀干害虫, 也是重要的国际检疫害虫^[1-2]。文献记录其在我国北方地区 2~3 a 繁殖 1 代, 老熟幼虫 4—5 月化蛹, 成虫 6—8 月大量羽化, 补充营养并交配产卵^[3], 但据我们实地调查, 光肩星天牛在内蒙古磴口县 1 a 可以完成 1 代。

沙枣 (*Elaeagnus angustifolia* L.) 树高 4~6 m, 具有耐寒旱、盐碱和抗风沙特性, 在我国主要分布于 34° N 以北和海拔 1 500 m 以下地区, 是我国西北地区防风固沙和水土保持的主要树种^[4-5]。沙枣可吸引光肩星天牛产卵, 但其能流出树胶使天牛后代不能发育, 因此被认为具有诱杀天牛的特性^[6-7]。

我国西北地区土地干旱贫瘠、盐碱地多、风沙较大, 很多树种不宜生存。新疆杨 (*Populus alba* var. *pyramidalis*) 因其树体高大、干形通直、耐干旱、耐贫瘠, 对光肩星天牛有一定的抗性, 是目前西北地区二代防护林构建的主栽树种。长期单一栽植也使其受到天牛的危害, 因此构建合理的混交防护林体系是实现虫害生态调控的必要手段^[8]。目前常以合作杨 (*Populus simonii* × *P. pyramidalis* cv' Opera 8277')、箭杆杨 (*Populus nigra* var. *thevestina*)、复叶槭 (*Acer negundo* L.) 等作为诱饵树, 加以化学农药和人工物理捕杀的方式来保护新疆杨免遭天牛危害^[8-10], 然而这种方式费时费力, 如果对诱饵树处理不当反而成为虫源木。沙枣对光肩星天牛具有一定的诱杀特性, 且侧根发达能

收稿日期: 2022-12-02 修回日期: 2022-12-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32171798; 32271891); 中国林科院专项资金 (CAFYBB2018MB005)。

* 通讯作者: 魏建荣, 博士, 研究员。主要研究方向: 森林昆虫。电话: 15132278569 Email: weijr@hbu.edu.cn

生出很多根瘤提高土壤肥力, 因此有研究者认为将沙枣与新疆杨间作可形成很好的防风沙林^[11-13]。但沙枣对天牛的诱杀特性是否可对新疆杨起到较好的保护效果, 目前尚不可知。本研究以沙枣和新疆杨为对象, 结合室内、外试验评估了成虫对二者的选择性, 为将来营造新一代抗虫农田防护林提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

林间试验主要在内蒙古磴口县 (40°20' N, 106°55' E) 开展, 该地为光肩星天牛疫区, 新疆杨和沙枣大量栽植, 取材方便。

春季砍伐受光肩星天牛危害的旱柳 (*Salix matsudana* Koidz.) 木段, 运回后用石蜡将两端切口密封, 然后将整个木段装入纱网袋内, 置于阴凉室内。在成虫羽化季节每日收取新羽化的成虫, 单头放入饲养盒 (PE, 22 cm × 17.5 cm × 12.5 cm) 中, 在磴口县用新鲜垂柳 (*Salix babylonica* L.) 枝叶饲喂, 在河北大学实验室内用复叶槭枝叶饲喂。饲养温度保持在 25 °C, 相对湿度 70%, 待用。

1.2 方法

1.2.1 利用嗅觉仪测试成虫对沙枣和新疆杨枝叶的选择 Y型嗅觉仪的设置参考 Ginzl 等^[14]并改进。经活性炭过滤后的空气流速 0.6 L·min⁻¹, 经气味源和 Y管每个臂的流速为 0.3 L·min⁻¹, 气味源处设置 50 g 刚从树上剪下的沙枣或新疆杨枝叶 (枝叶混合, 未剪碎, 枝叶比 3:2), 单选试验时以洁净空气作为对照, 双选试验时则为沙枣 vs 新疆杨枝叶。实验装置均以特氟隆管连接。每次测试引入 1 头成虫, 当成虫爬过 Y臂的 2/3 处或落入陷阱球中认为做出选择, 若在 10 min 中内没有做出选择, 则更换试虫, 每头试虫只测试 1 次, 为保证统计分析的需求, 本实验中作出选择反应的成虫数定为 30~40 头。每测试 2 头试虫转换 1 次左右臂, 每测试 4 头试虫用丙酮清洗 1 次 Y管, 蒸馏水冲洗干净, 电热风吹干冷却后使用。试验在每天 8:30—17:30 进行, 室温 23~26 °C, 照度为 4.80 × 10⁶ lux, 且光源在位于测试的 Y管正上方 (非点状光源)。供试成虫为羽化饲养 1 周的成虫, 未交配。

1.2.2 沙枣和新疆杨挥发物鉴定与活性测定 采

用动态顶空吸附法收集沙枣和新疆杨挥发性化合物, 参照陈友铃等^[15]方法并加以改进: 连续气流以 500 mL·min⁻¹ 的流速通过变色硅胶和活性炭后进入聚氟乙烯气体采集袋 (袋内有 8 枝, 大约长 30 cm, 粗 1 cm, 500 g 左右), 然后携带植物挥发物进入玻璃吸附管 (长 13 cm, 内径 5 mm, 200 mg Porapak Q 吸附剂, 80~100 目, Waters Corporation, 美国), 抽提装置以特氟隆管连接成闭合回路, 采集 3 h。采集完成后用 1 000 μL 二氯甲烷 (色谱纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司) 淋洗吸附管中的提取物至 4 mL 棕色小瓶中, 氮吹 (100 mL·min⁻¹) 浓缩至 200 μL, 置于 -20 °C 保存, 用于后续的电生理试验和挥发物鉴定。

气相色谱-触角电位联用仪 (GC-EAD) 由配备了 DB-WAX 毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm) 的 Agilent 7890A GC (美国) 和 EAG 记录操作系统 (Syntech, 荷兰) 组成。挑选触角完好、活力旺盛的雌性天牛成虫, 剪下触角鞭节端部 2 节, 用玻璃电极将触角两端固定, 触角连接稳定后立即进样, 同时打开记录系统采集电信号。进样口温度 240 °C, 检测器温度 300 °C。手动进样 1 μL, 载气为高纯氮气, 不分流进样。升温程序: 起始温度 40 °C, 保持 2 min, 以 5 °C·min⁻¹ 的速率程序升温至 160 °C, 保持 2 min, 最后以 10 °C·min⁻¹ 的速率程序升温至 200 °C, 保持 2 min。

挥发物鉴定: 将上述提取液进样气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS, 安捷伦 7890B-7000C) 进行分离鉴定。GC 色谱柱为 TG-WAX (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 进样口温度 240 °C, 不分流进样。进样量与升温程序同上。MS 条件: 电子轰击离子源 (EI) 230 °C, 能量: 70 eV; 传输线温度为 240 °C; 全扫描谱分析, 扫描质量范围 35~550 aum。

挥发物定量分析: 化合物 (Z)-3-己烯乙酸酯 (Sigma-Aldrich 有限公司, 德国, 纯度 ≥98%); (Z)-3-己烯醇 (百灵威科技有限公司, 中国, 纯度 ≥98%); 溶剂为二氯甲烷 (天津科密欧试剂有限公司, 中国, 纯度 99.5%)。将测试化学物分别稀释至 1、5、10、50、100 ng·μL⁻¹ 等 5 个标准溶液进行检测, 可以绘制一条以浓度与响应色谱峰面积为变量的标准曲线, 通过曲线回归方程即可算出引起电生理反应的挥发物浓度。

挥发性物质鉴定通过检索 NIST14 库 (Scientific Instrument Services, Inc., Ringoes, NJ, USA), 并进样标准化化合物获得质谱图进行比对获得化合物定性结果, 以外标法-标准曲线进行定量分析。

1.2.3 室内测试成虫在两种树干上的刻槽产卵选择 从林间截取高 85 cm 左右、直径 12 cm 左右的新疆杨和沙枣树干若干段, 截面用石蜡密封保湿, 置于阴凉室内待用, 在 48 h 内完成下述接虫试验。

单选试验: 取上述树皮完整无损的新疆杨或沙枣树干 1 段放入行为测试笼 (1 m × 1 m × 1 m, 不锈钢架架, 10 目不锈钢网罩笼) 底部中心点处直立, 同时配置同树种枝叶 (100 mL 锥形瓶水培) 为成虫提供营养 (2 d 更换 1 次)。在测试笼的对顶角引入相同日龄的性成熟成虫 2♂5♀^[16], 每天记录木段上刻槽数、刻槽位置、刻槽时间等, 10 d 后取出成虫和木段, 将木段用保鲜膜包裹, 直立置于 25 °C 室内。30 d 后解剖刻槽, 记录树段上的刻槽数、产卵数、死亡卵数、存活幼虫数和存活幼虫体质量 (有效刻槽率/%=产卵刻槽数/刻槽总数 × 100, 孵化率/%=孵化卵数/产卵数 × 100, 存活率/%=幼虫存活数/产卵数 × 100)。每组设 3 个重复。

双选试验: 试验方法同上, 取新疆杨和沙枣木段各 1 段于测试笼底部对角线两端直立放置, 在未放置木段的对角线顶角释放天牛成虫 2♂5♀, 每组设 3 个重复。

1.2.4 林间套笼试验 在林间选择健康、长势相近、胸径 12 cm 左右的新疆杨和胸径 8 cm 左右的沙枣各 5 棵 (树龄一致, 新疆杨长得快), 分别编号, 在每棵树的树干部位距离地面 80~160 cm 处套上纱网 (10 目), 每个笼网内接入相同日龄的 2♂5♀天牛成虫, 笼内放置新鲜幼嫩枝条提供营养, 每天更换枝条并检查试虫, 若有成虫死亡立即更换相同日龄的新虫, 10 d 后取出试虫。30 d 后, 解剖刻槽部位, 并记录每棵树上的刻槽数、产卵数、死亡卵数量、存活幼虫数、存活幼虫体质量。

1.3 数据分析

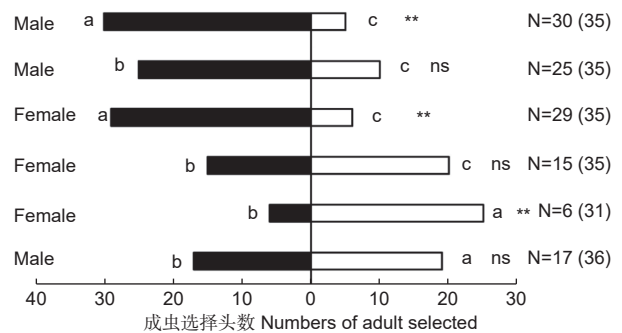
成虫对 2 种枝叶的选择结果采用非参数检验 (Pearson χ^2) 进行比较。采用独立样本 *T* 检验比较室内、外雌虫在沙枣与新疆杨树干刻槽产卵的差异性。采用软件 IBM SPSS Statistics 26.0 进行数

据分析。

2 结果与分析

2.1 成虫对沙枣和新疆杨枝叶的选择

在单选试验中 (图 1), 雄虫对沙枣枝叶的选择数为 30 头, 与对照相比存在极显著差异 ($\chi^2=10.411$, $P<0.01$); 对新疆杨枝叶的选择数为 25 头, 与对照相比差异不显著 ($\chi^2=3.238$, $P>0.05$)。雌虫对沙枣枝叶的选择数为 29 头, 与对照相比存在极显著差异 ($\chi^2=8.584$, $P<0.01$); 对新疆杨枝叶的选择数为 15 头, 与对照相比无显著差异 ($\chi^2=0.689$, $P>0.05$), 以上每组选择中未作出选择的试虫数均未超过 5 头。



注: N 代表选择左侧气味物质的成虫数, 括号中代表作出选择的成虫数; a 表示沙枣枝叶气味, b 表示新疆杨气味, c 表示空白, * $P<0.05$, 差异显著; ** $P<0.01$, 差异极显著; ns, 差异不显著, 卡方检验

Notes: N: represent the number of adults choose the odor of the left bar, and numbers in parentheses represents the total number of adults made choice; a, represent the volatiles of *Elaeagnus angustifolia*; b, represent the volatiles of *Populus alba* var. *pyramidalis*; c, represent the blank control. *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ns, $P>0.05$. Pearson χ^2 test

图 1 光肩星天牛成虫在 Y 型嗅觉仪中对不同植物气味物质的选择反应

Fig. 1 Behavioral responses of *Anoplophora glabripennis* adults to different plant odors in Y-tube olfactometer

在双选实验中 (图 1), 雄虫选择沙枣枝叶 19 头, 选择新疆杨枝叶 17 头, 未作出选择 4 头, 雄虫对于二者选择无显著性差异 ($\chi^2=0.191$, $P>0.05$); 雌虫选择沙枣枝叶 25 头, 选择新疆杨枝叶 6 头, 未作出选择 4 头, 雌虫选择沙枣枝叶气味的成虫数占作出选择成虫数的 80.65% ($\chi^2=8.533$, $P<0.01$)。

2.2 沙枣和新疆杨挥发物鉴定与活性测定

经 GC-MS 共鉴定新疆杨枝叶挥发物 28 种,

其中酮类 3 种、酚类 2 种、醇类 2 种、酯类 7 种、醛类 5 种和烃类 9 种; 从沙枣枝叶共鉴定出 15 种化合物, 其中芳香类 1 种、烯类 3 种、醛类 2 种、酯类 5 种、醇类 3 种和酚类 1 种。二者相同种类的化合物共有 6 种, 分别是: 2-己烯醛、乙酸己酯、乙酸叶醇酯、顺-3-己烯基丁酯、叶醇和水杨酸甲酯。

由于主要关注雌虫的产卵选择性, 因此本研究只对雌虫开展了触角电位试验。通过 GC-EAD 检测发现新疆杨释放的叶醇 (cis-3-Hexen-1-ol) 和乙酸叶醇酯 (cis-3-Hexenyl acetate) 可引起雌虫的触角电生理反应。沙枣挥发性物质中 3-葑烯 (3-carene)、乙酸叶醇酯和叶醇可引起雌虫触角电生理反应。上述引起光肩星天牛触角反应的物质在含量及比例上存在着明显的差异。经计算, 新疆杨枝叶挥发性物质中乙酸叶醇酯为 $2\ 640.1\ \text{ng}\cdot\text{min}^{-1}$ 、

叶醇 $520.84\ \text{ng}\cdot\text{min}^{-1}$; 沙枣枝叶挥发性物质中乙酸叶醇酯为 $2\ 227.44\ \text{ng}\cdot\text{min}^{-1}$ 、叶醇 $196.05\ \text{ng}\cdot\text{min}^{-1}$; 沙枣和新疆杨中乙酸叶醇酯之比为 1:1.19, 叶醇之比为 1:2.66。上述物质的种类和含量不同, 引起的电信号刺激的强弱程度也不相同, 叶醇的电生理反应强于乙酸叶醇酯。

2.3 室内测试成虫在两种树干上的刻槽产卵选择

在单选实验中, 成虫分别在新疆杨和沙枣树干上的刻槽数量没有显著差异 ($t=-2.500, df=4, P>0.05$); 但有效刻槽率具显著性差异 ($t=3.162, df=4, P<0.05$), 沙枣树干上的有效刻槽率较低; 沙枣树干上的卵孵化率低于新疆杨树干 ($t=25.166, df=4, P<0.001$); 幼虫存活率无显著性差异 ($t=0.069, df=4, P>0.05$); 幼虫体质量有极显著性差异 ($t=-3.499, df=15, P<0.01$) (见表 1)。

表 1 室内光肩星天牛在沙枣和新疆杨树干上的产卵试验

Table 1 Oviposition experiments of *Anoplophora glabripennis* on stems of *Elaeagnus angustifolia* and *Populus alba* var. *pyramidalis* in laboratory

方法 Method	树种 Tree species	平均刻槽数 Average number of egg niche	有效刻槽率 Percent of effective egg niche/%	孵化率 Egg hatching rate/%	幼虫存活率 Survival rate of larvae/%	存活幼虫体质量均值 Average weight of living larvae/mg
单选 Single choice	P	8.33±1.53 a	75.00±5.00 a	100±0 a	52.67±0.09 a	51±18 b
	E	15.00±4.36 a	58.33±7.64 b	57.33±2.94 b	51.90±0.17 a	81±16 a
双选 Double choice	P	4.67±1.15 a	72.23±4.79 a	100±0 a	78.63±18.55 a	54±22 a
	E	18.00±1.73 b	58.90±10.31 a	65.43±8.49 b	53.73±15.86 a	81±31 b

注: 数据为平均值±标准误; P代表新疆杨, E代表沙枣; 同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同

Notes: Data are means±standard error (SE); P, represents *P. alba* var. *pyramidalis*, E, represents *E. angustifolia*; Different letters in the same column mean significant difference at 0.05 level. The same below

双选实验中, 成虫在沙枣树干上的平均刻槽数 (18 ± 1.73) 远多于新疆杨 (4.67 ± 1.15) ($t=-11.094, df=4, P<0.01$); 新疆杨上的有效刻槽率略多于沙枣, 但不显著 ($t=2.032, df=4, P>0.05$); 新疆杨树干上的卵孵化率显著高于沙枣 ($t=7.053, df=2, P<0.05$); 幼虫存活率没有显著性差异 ($t=1.767, df=4, P>0.05$); 沙枣上的幼虫体质量显著大于新疆杨上的幼虫体质量 ($t=-2.116, df=23, P<0.05$)。

2.4 林间套笼试验

在林间套笼情况下, 天牛成虫在新疆杨和沙枣树上的平均刻槽产卵数没有显著差异 ($t=-0.758, df=6, P>0.05$) (表 2), 但幼虫在新疆杨上的存活率显著高于在沙枣树上的存活率 ($t=17.837, df=2, P<0.01$), 说明沙枣树不适合光肩星天牛幼虫存活。

表 2 光肩星天牛在沙枣和新疆杨立木上的产卵结果

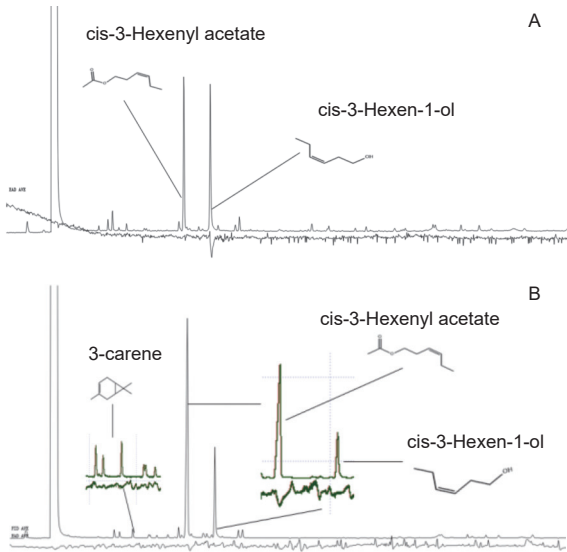
Table 2 Oviposition of *Anoplophora glabripennis* adults on *Elaeagnus angustifolia* and *Populus alba* var. *pyramidalis* in the field

树种 Tree species	平均刻槽产卵数 Average number of egg niche per tree	幼虫存活率 Survival rate of larvae/%	存活幼虫平均体质量 Average weight of living larvae/mg
P	33.67±4.72 a	48.67±4.72 a	37.00±5 a
E	36.00±3.94 a	0 b	0 b

3 讨论

植物挥发物对植食性昆虫定位寄主进行取食或产卵起着至关重要的作用^[17], 天牛类昆虫主要通过嗅觉感知寄主树木^[18-20]。在光肩星天牛成虫对新疆杨和沙枣枝叶气味的双向选择实验中, 雌虫明显喜

欢沙枣枝叶气味，而雌虫对于二者的偏好性不大（图1）。两树种挥发性物质的鉴定及雌虫触角电生理反应结果显示（图2），3-萜烯、乙酸叶醇酯和叶醇可引起雌性触角电生理反应，其中3-萜烯只在沙枣挥发性物质中检测到。不同树木引起成虫触角电生理反应的挥发物种类和含量上的差异，可能是光肩星天牛成虫远距离识别不同寄主的依据^[21]。



注/Notes: A: 雌虫-新疆杨 Female to *P. alba* var. *pyramidalis* B: 雌虫-沙枣 Female to *Elaeagnus angustifolia*.

图2 光肩星天牛成虫对新疆杨或沙枣叶挥发物的GC-EAD反应

Fig. 2 Gas chromatography-Electroantennographic detection of *Anoplophora glabripennis* to leaf volatiles of *Elaeagnus angustifolia* or *Populus alba* var. *pyramidalis*

前人研究表明，光肩星天牛对寄主植物复叶槭的挥发性化合物叶醇和乙酸叶醇酯有触角电位活性，且对成虫具有较强的引诱作用^[22-24]，这与我们的研究结果一致，而不同化合物释放的量及比例不同，是导致成虫对不同寄主存在选择性差异的主要因素。

光肩星天牛的刻槽产卵数量和幼虫存活率是评估天牛种群数量增长趋势的重要指标。在室内天牛刻槽产卵实验中，天牛偏好选择在沙枣上产卵，但在新疆杨上的有效产卵率高于沙枣（表1）。对于沙枣上有效产卵率低的原因，笔者认为是天牛刻槽行为多于产卵行为。由于刻槽孔被流胶覆盖难以辨别是空刻槽还是产卵刻槽，因此人们一直误认为流胶的刻槽孔就是产卵孔。林间套笼试验中，天牛在二者上的平均刻槽产卵数无显著差异，但幼虫在沙

枣上均未成活（表2）。对于室内试验中沙枣树干上天牛幼虫存活而林间沙枣树干上的幼虫均未成活的现象，笔者认为沙枣活立木上的次生代谢分泌物（沙枣胶）是杀死天牛卵或新孵化幼虫的主要原因^[6]，室内沙枣树干由于已离体并丧失分泌胶体的功能，天牛幼虫因而存活下来。沙枣胶的成分主要为杂多糖聚合物^[25]，但沙枣树产生沙枣胶的机理尚不清楚，沙枣胶是否可用于天牛防治还有待进一步研究。室内沙枣木段内光肩星天牛幼虫的平均体质量显著高于新疆杨木段，说明沙枣树在没有沙枣胶分泌的情况下其营养成分完全满足天牛幼虫生长发育的需求，但具体是那些营养成分，尚不可知。从本结果也可以得出，沙枣树干上除沙枣胶以外的其他次生代谢物对天牛的生长发育无明显阻碍作用。

另外，作者在天牛疫区开展的林间调查结果与本实验结果基本一致：天牛在沙枣树干上刻槽产卵后极少有羽化孔出现。调查过程中常可见到天牛成虫在沙枣枝叶上取食的现象，笔者认为沙枣能够吸引光肩星天牛的主要原因是沙枣枝叶能很好的为天牛提供必需的营养物质，而沙枣枝叶对天牛的这种强引诱性，可以代替在西北地区长势不好的复叶槭作为光肩星天牛的引诱树种^[26]，由于其树高较矮，可以在成虫羽化季节于沙枣枝叶上喷施绿色无公害农药杀灭天牛成虫。沙枣活立木上的天牛后代不能存活，因此沙枣树基本符合诱杀树的特征，但是否能真正起到降低天牛种群密度的效果还需进一步深入研究。

4 结论

光肩星天牛成虫偏爱沙枣枝叶，其释放的3-萜烯、乙酸叶醇酯和叶醇均可引起雌性天牛触角的电生理反应。在室内双选试验中，天牛雌虫于沙枣树干上的刻槽数显著多于在新疆杨树干上的刻槽数，但雌虫无论在室内还是林间的单选试验中在两种树木上的刻槽数量均不具有显著差异。结果显示，光肩星天牛在沙枣上的有效产卵率较低，且后代在沙枣活立木上不能完成生长发育。

参考文献:

- [1] HU J F, ANGELI S, SCHUETZ S, et al. Ecology and management of exotic and endemic Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis*[J]. Agricultural and Forest Entomology, 2009, 11: 359-375.

- [2] HAACK R A, HERARD F, SUN J H, *et al.* Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: A worldwide perspective[J]. *Annual Review of Entomology*, 2010, 55: 521-546.
- [3] XU T, STEPHEN A T. Chemical ecology of the Asian longhorn beetle, *Anoplophora glabripennis*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2021, 47: 489-503.
- [4] 张晓芹, 李国庆, 杜盛. 未来气候变化对沙枣适宜分布区的影响预测[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(10): 3213-3220.
- [5] 陈春晓, 谢秀华, 王宇鹏, 等. 盐分和干旱对沙枣幼苗生理特性的影响[J]. *生态学报*, 2019, 39(12): 4540-4550.
- [6] 田润民, 于静波, 赵卫东. 沙枣树对光肩星天牛种群诱控功能的初步研究[J]. *内蒙古林业科技*, 2003, 4(4): 23-25.
- [7] 王慧, 解文斌, 刘宁, 等. 基于栽植沙枣的晋北盐碱地土壤改良处理组合研究[J]. *水土保持学报*, 2016, 30(4): 281-287.
- [8] 骆有庆, 刘荣光, 许志春, 等. 防护林杨树天牛灾害的生态调控理论与技术[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(5): 160-164.
- [9] 高瑞桐, 李国宏, 李广武, 等. 桑天牛诱饵技术研究及应用[J]. *林业科技通讯*, 1998, 6(3): 11-13.
- [10] 吴斌, 温俊宝, 骆有庆, 等. 多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害的效益评估及决策[J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(3): 128-132.
- [11] 乔海莉, 骆有庆, 冯晓峰, 等. 新疆主要造林树种对光肩星天牛的抗性[J]. *昆虫知识*, 2007, 44(5): 660-664.
- [12] 管文轲, 徐娜. 沙枣资源利用研究与开发现状述评[J]. *安徽农学通报*, 2012, 18(19): 119-120.
- [13] 刘开琳, 段晓峰, 刘淑娟, 等. 防护林降低沙尘暴风速及农作物损伤的调查分析[J]. *防护林科技*, 2022, 5(2): 8-11.
- [14] GINZEL M D, HANKS L M. Role of plant volatiles in mate location for three species of longhorned beetles[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2005, 31(3): 213-217.
- [15] 陈友铃, 吴文珊. 爱玉子花序挥发物成分以及对其传粉小蜂的吸引作用[J]. *生态学报*, 2010, 30(8): 2212-2219.
- [16] YAN S Y, ZHANG G, LIU J F, *et al.* *Anoplophora glabripennis*: Host choice, oviposition and performance of new hatched larvae on 'resistant' poplar species[J]. *Journal of Applied Entomology*, 2022, 146: 98-105.
- [17] 杜家纬. 植物-昆虫间的化学通讯及其行为控制[J]. *植物生理学报*, 2001, 27(3): 193-200.
- [18] 阎雄飞, 李晓娟, 骆有庆, 等. 光肩星天牛成虫对原寄主枝条挥发物趋向的测定[J]. *北京林业大学学报*, 2008, 30(3): 80-84.
- [19] WEI J R, ZHOU Q, HALL L, *et al.* Olfactory sensory neurons of the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis*, specifically responsive to its two aggregation-sex pheromone components[J]. *Journal of chemical ecology*, 2018, 44(7): 637-649.
- [20] WANG W C, CAO D D, MEN J, *et al.* (R)-(+)-citronellal identified as a female-produced sex pheromone of *Aromia bungii* (Coleoptera: Cerambycidae)[J]. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2018, 28(77): 1-6.
- [21] BRUCE T J A, WADHAMS L J, WOODCOCK C M. Insect host location: a volatile situation[J]. *Trends in Plant Science*, 2005, 10: 269-274.
- [22] 李建光, 金幼菊, 骆有庆, 等. 光肩星天牛不同寄主树种挥发性物质的比较分析[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(5): 165-169.
- [23] 金幼菊, 李继泉, 李建光, 等. 光肩星天牛对干旱胁迫下复叶槭挥发物的嗅觉反应[J]. *林业科学*, 2004, 40(1): 99-105.
- [24] 马晓乾, 葛君, 王琪, 等. 光肩星天牛对糖槭挥发物的EAG及嗅觉行为反应[J]. *南京林业大学学报*, 2021, 45(1): 123-130.
- [25] 戴希爽, 张忠, 毕阳, 等. 沙枣胶/桔萜醛复合涂膜对番茄采后红粉病的抑制作用及机制[J]. *食品科学*, 2022, 43(23): 187-193.
- [26] 陈培昶, 李永胜, 李跃忠, 等. 两种星天牛对引种槭树的危害及治理[J]. *植物保护*, 2008, 34(4): 158-161.

Preference of *Anoplophora glabripennis* to *Populus alba* var. *pyramidalis* and *Elaeagnus angustifolia*

SHAO Peng-peng¹, YANG Bing-jun¹, SU Zhi², SUN Zuo-xiang¹,
WANG Zhuo², LIU Yu-ting², WEI Jian-rong¹

(1. School of Life Science, Institute of Life Science and Green Development, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China; 2. Experimental Center of Desert Forest, Chinese Academy of Forestry, Denkou 015200, Inner Mongolia, China)

Abstract: [Objective] *Populus alba* var. *pyramidalis* is the preferred tree species for the construction of the Protection Forest in northwestern China. However, the long-term single tree species planting has caused the outbreak of the wood borer *Anoplophora glabripennis* (Asian longhorned beetle, ALB). There was reports that *Elaeagnus angustifolia* had 'attract and kill' effect on ALB, but it was unclear whether it could be used for protecting *P. alba* var. *pyramidalis*. [Method] In this study, we evaluated the possibility of *E. angustifolia* for protecting *P. alba* var. *pyramidalis* by choice experiments of ALB adults' response to host leaves and trunks of *P. alba* var. *pyramidalis* and *E. angustifolia* both in the laboratory and in the field. The volatiles could stimulate the electrophysiological responses of female antennae were also screened out from both tested host tree species. [Result] 1) When *P. alba* var. *pyramidalis* leaves vs *E. angustifolia* leaves, ALB females preferred *E. angustifolia*, and accounted for 80.65% of adults made choice, while males did not show significant preference; 2) cis-3-hexen-1-ol and cis-3-hexenyl acetate from *P. alba* var. *pyramidalis*, and cis-3-hexen-1-ol, cis-3-hexenyl acetate, 3-carene from *E. angustifolia* could arise the antennae responses of female; the ratio of cis-3-hexen-1-ol contents between *P. alba* var. *pyramidalis* and *E. angustifolia* was 2.66:1, and the ratio of cis-3-hexenyl acetate contents between two tree species was 1.19:1; The intensity of electrophysiological activity stimulation varied due to their different content; 3) when tested *P. alba* var. *pyramidalis* stem vs *E. angustifolia* stem in the laboratory, the ALB female preferred gnawing egg niche on *E. angustifolia* and the number of egg niche could reach to 18 ± 1.73 per stem, but the percent of effective oviposition (eggs laid in the egg niche) on the *P. Alba* var. *pyramidalis* (75.00%) in the single choice experiment were higher than that on *E. angustifolia* (58.33%); 4) The cage experiments on the trunk of the host trees in the forest showed that there was no significant difference in the number of egg niches gnawed by females on the two tree species under no selection conditions, but the larvae did not survive on the *E. angustifolia* trunk. [Conclusion] Our results confirmed that the *E. angustifolia* has a certain degree of attraction to ALB adults, but further researches are required to determine whether *E. angustifolia* can effectively control the ALB population in a certain area.

Keywords: *Anoplophora glabripennis*; *Populus alba* var. *pyramidalis*; *Elaeagnus angustifolia*; Host selection; Protection Forest

(责任编辑: 崔 贝)