

宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊生物学特性及发生规律



刘 赛¹ 雷捷惟^{1,2} 陈 君¹ 徐常青¹ 陆鹏飞² 乔海莉^{1*}

(1. 中国医学科学院北京协和医学院, 药用植物研究所, 北京 100193; 2. 北京林业大学林学院, 省部共建森林培育与森林保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:为绿色安全防控枸杞红瘿蚊 *Jaapiella* sp., 于2016—2018年自宁夏回族自治区中宁县新堡镇宋营村枸杞种植基地枸杞上采集枸杞红瘿蚊, 对其各虫态的形态特征、生活习性和成虫寿命等生物学特性进行室内观察, 并对其年生活史及年发生规律进行田间调查。结果表明: 枸杞红瘿蚊成虫羽化高度集中, 羽化后的雌成虫不需要补充营养, 便可立即求偶、交尾和产卵, 孵化后幼虫取食子房, 致使花蕾畸形膨大形成虫瘿, 幼虫老熟后脱离虫瘿并弹跳入土结茧化蛹。成虫寿命极短, 已交尾的雌、雄成虫平均寿命分别为41.8 h和38.3 h; 未交尾的雌、雄成虫平均寿命分别为28.5 h和16.6 h。枸杞红瘿蚊每年发生6代, 以老熟幼虫在地表土层中越冬, 每年4月中旬至9月下旬为其为害期, 其中第1代、第2代和第6代幼虫为害严重。枸杞红瘿蚊成虫发生高峰期有2个, 分别为4—6月和9月。从4月枸杞红瘿蚊越冬代成虫陆续羽化开始, 其成虫数量不断增长, 4月和5月成虫数量分别为121头和167头, 6月达到第1个高峰, 为282头, 随着枸杞秋枝萌发, 9月枸杞红瘿蚊成虫数量又明显增多, 达到第2个高峰, 为117头。2017年4—10月从田间共收集788头成虫, 雌成虫数量为420头, 略高于雄成虫数量, 雌雄比介于1.11~1.19之间。

关键词: 枸杞红瘿蚊; 枸杞; 形态特征; 生物学特性; 生活史; 发生规律

Biological characteristics and occurrence patterns of the gall midge *Jaapiella* sp. in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region

LIU Sai¹ LEI Jiwei^{1,2} CHEN Jun¹ XU Changqing¹ LU Pengfei² QIAO Haili^{1*}

(1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 2. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to safely control *Jaapiella* sp., the gall midges were collected from Chinese wolfberry planting base in Songying Village, Xinbao Town, Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region from 2016 to 2018. Morphological characteristics of different developmental stages and the biological characteristics including life habits, adult longevity were observed in the laboratory and life history and annual occurrence pattern were investigated in the field. The results showed that the emergence of adults was concentrated and no supplementary nutrition was needed by females. Courtship, mating and laying eggs were occurred quickly after emergence. After hatching, the larvae fed on the ovary, resulting in the abnormal expansion of the flower bud to form galls. When the larvae matured, they left the galls and jumped into the soil to construct cocoons and pupate. The longevity of adults was very short, which

基金项目: 国家自然科学基金(81774015, 81803852), 中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(2016-I2M-3-017)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: qhl193314@163.com

收稿日期: 2019-04-11

was 41.8 h and 38.3 h for mated females and males respectively, and 28.5 h and 16.6 h for unmated females and males respectively. *Jaapiella* sp. had six generations per year. The mature larvae overwintered in the surface soil. The damage period was from middle April to late September. The first-, second- and sixth- generation larvae caused more serious damage in Zhongning County, Ningxia. There were two peak periods of occurrence of *Jaapiella* sp. adults from April to June and September, respectively. Since the emergence of the overwintering generation in April, the number of adults increased. The number of adults was 121 in April and 167 in May, and reached the first peak (282) in June. In September, when the autumn shoots of Chinese wolfberry sprouted, the number of *Jaapiella* sp. adults increased obviously, reaching the second peak (117). A total of 788 adults were collected from the field of Chinese wolfberry from April to October in 2017. The number of female adults was 420, slightly higher than that of male adults. The sex ratio of female and male ranged from 1.11 to 1.19.

Key words: *Jaapiella* sp.; Chinese wolfberry; morphological characteristic; biological characteristic; life history; occurrence pattern

枸杞红瘿蚊 *Jaapiella* sp. 属双翅目瘿蚊科, 是宁夏回族自治区(以下简称宁夏)枸杞的重要害虫。该虫主要以幼虫虫态为害枸杞花蕾, 致使花蕾畸形膨大, 形成灯笼状虫瘿, 不能正常开花结果, 花蕾被害率即为产量损失率(李建领等, 2015; 2017)。其为害隐蔽, 防治难度极大, 故被喻为“枸杞癌症”(李锋, 2006)。自20世纪70年代首次在宁夏野生枸杞上发现枸杞红瘿蚊以来, 其发生区域和为害面积逐年增加, 至今已蔓延至宁夏、甘肃、内蒙、新疆、青海等省区各大枸杞产区(李建领等, 2017), 成为我国枸杞生产中重发、频发的主要成灾害虫, 造成的生产损失极大(徐常青等, 2014; 李建领等, 2015; 刘赛等, 2016)。

国内外关于枸杞红瘿蚊各方面的研究报道较少, 且主要集中在发生、为害和防治等方面。如吴福楨等(1982)报道了枸杞红瘿蚊在青海省建设兵团枸杞园为害严重, 枸杞被害率可达60%以上; 刘美珍等(1987)研究了宁夏芦花台园林场枸杞园内枸杞红瘿蚊的生物学、生态学特性; 张宗山和赵怡红(1990)及李云翔等(2002)对枸杞红瘿蚊的发生和为害特性进行了报道, 为该虫的有效防治提供了参考。随着枸杞红瘿蚊为害范围的扩大和为害程度的加重, 各种科学、有效的防控方法应用而生。如李锋(2006)通过地面覆盖塑料薄膜阻止枸杞红瘿蚊老熟幼虫入土化蛹, 在一定程度上减少了枸杞红瘿蚊为害基数; 李建领等(2015)和刘赛等(2016)分别在田间喷施脱叶剂和仿生胶, 不仅可以有效控制枸杞红瘿蚊的种群数量, 还可以显著提高枸杞果实的数量和产量; 张凡等(2019)针对塑料地膜极易被枸杞枝刺和农事操作影响而破损的问题, 提出了在地表铺设除草布防

治枸杞红瘿蚊的物理方法; 但已有的防治措施甚微, 枸杞红瘿蚊一旦大面积发生, 将难以控制。枸杞红瘿蚊生物学特性、生活史及生活习性的观察和描述作为昆虫学的一项基础研究, 不但可以为该虫的识别和鉴定提供理论依据, 而且可以为及时、准确、适时地进行监测和防治提供技术支撑。国内外关于枸杞红瘿蚊的生活习性、发生规律及防治适期的报道较少, 虽然国内学者吴福楨等(1982)、刘美珍等(1987)、李建领等(2015)对枸杞红瘿蚊各虫态的形态特征进行了初步描述, 但目前尚未对该虫进行分类学鉴定。

为深入了解枸杞红瘿蚊, 本研究于2016—2018年自宁夏中宁县新堡镇宋营村枸杞种植基地枸杞上采集枸杞红瘿蚊, 对其各虫态的形态特征、生活习性和成虫寿命等生物学特性进行室内观察, 并对其年生活史及年发生规律进行田间调查, 以期为枸杞红瘿蚊的绿色安全防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源及植物: 于2017年4月枸杞萌芽开始至2017年10月枸杞秋果收获结束, 自宁夏中宁县新堡镇宋营村枸杞种植基地(37°28' N, 105°42' E)枸杞上采集枸杞红瘿蚊虫瘿, 带回室内于光周期14 L: 10 D、光期温度28±1℃、暗期温度20±1℃、相对湿度40%~50%条件下饲养。采集带有幼嫩花蕾的新鲜枸杞枝条供枸杞红瘿蚊成虫产卵。

仪器: PRX-450D智能人工气候箱, 宁波赛福实验仪器有限公司; S9i体视显微镜, 徕卡显微系统(上海)贸易有限公司。

1.2 方法

1.2.1 枸杞红瘿蚊各虫态形态特征观察

将采集的枸杞红瘿蚊虫瘿带回室内,于体视显微镜下解剖虫瘿,收集卵和幼虫,观察其形态特征,并进行大小测量和拍照。将采集的枸杞红瘿蚊虫瘿置于铺有5 cm厚沙土、直径20 cm、高30 cm玻璃缸中,待老熟幼虫从虫瘿中脱离入土化蛹后,通过体视显微镜对其蛹进行形态观察和拍照,并测量大小;待成虫羽化后,取尚未交尾的枸杞红瘿蚊雌、雄成虫,观察其形态特征,然后用手术剪取下雌、雄成虫的头部、外生殖器、翅等器官,置于有水滴的载玻片上展平,放上盖玻片慢慢压实,制成玻片标本,置于体视显微镜下观察枸杞红瘿蚊雌、雄成虫触角、性生殖器官、翅器官的形态特征,并进行测量和拍照。各虫态观察个体数量均为20头。

1.2.2 枸杞红瘿蚊生活习性观察

将采集的枸杞红瘿蚊虫瘿带回室内于直径20 cm、高30 cm的玻璃缸中饲养,缸底铺约5 cm厚沙土,观察50头老熟幼虫入土化蛹过程,记录老熟幼虫入土化蛹时间。待50头老熟幼虫全部入土化蛹后,取出虫瘿,随后每天8:00—10:00定时观察玻璃缸内成虫是否羽化,记录羽化日期,观察羽化行为。取新羽化的健康成虫置于直径13 cm、高15 cm的透明玻璃容器中饲养,容器内放置带有幼嫩花蕾的新鲜枸杞枝条供其成虫产卵,每天8:00—10:00定时观察和记录成虫求偶、交配及产卵行为。将成虫新产卵的花蕾标记,记录产卵日期。

1.2.3 枸杞红瘿蚊成虫寿命观察

为明确已交尾和未交尾对成虫寿命的影响,将采集的枸杞红瘿蚊虫瘿带回室内,待羽化为成虫后,分别进行雌、雄成虫单头饲养(未交尾)和雌、雄成虫1:1配对饲养(已交尾)。单头饲养:将新羽化未交尾的雌、雄成虫各20头分别放入1.5 mL离心管中,管口用棉花塞塞住,离心管上记录每头成虫的羽化时间及雌雄,于光周期14 L:10 D、光期温度 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、暗期温度 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度40%~50%条件下饲养,试验全程不补充营养。配对饲养:将已交尾的雌、雄成虫20对,分别放入1.5 mL离心管中,管口用棉花塞塞住,离心管上记录每对成虫的羽化时间,于光周期14 L:10 D、光期温度 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、暗期温度 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度40%~50%条件下饲养,试验全程不补充营养。每1 h检查1次成虫的存活情况,统计其自然死亡率,直至试虫全部死亡为止,试验重复3次。

1.2.4 枸杞红瘿蚊年生活史调查

于2016年1月—2018年12月,在宁夏中宁县新堡镇宋营村枸杞种植基地对枸杞红瘿蚊年生活史进行调查。选择虫口密度较大的枸杞种植田作为调查样地,在样地内按五点取样法设置5个小区,每个小区面积为 100 m^2 ,长和宽均为10 m,每个小区随机选取3株有虫枸杞植株,每株按东、西、南、北、中5个方位随机标记1个有虫枝条,每7 d调查1次枸杞红瘿蚊的发生情况,记录各时期虫态(严林等,2017;太红坤等,2018)。观察正在花蕾上产卵的成虫和产卵后死在花蕾顶端的成虫,记录成虫的发生情况;观察掉落在枸杞树冠下土壤中的老熟幼虫,记录枸杞红瘿蚊的入土化蛹时间,统计蛹的虫态。

1.2.5 枸杞红瘿蚊年发生规律调查

于2017年4月—10月,在宁夏中宁县新堡镇宋营村枸杞种植基地进行试验。选择虫口密度较大的枸杞种植田作为调查样地,在样地内按五点取样法设置5个小区,每个小区面积为 100 m^2 ,长和宽均为10 m,每个小区固定1株有虫枸杞树挂牌标记,每10 d调查1次枸杞红瘿蚊发生情况,每次在固定植株上采集枸杞红瘿蚊虫瘿5枚,带回室内置于铺有5 cm厚沙土、直径20 cm、高30 cm的玻璃缸中于光周期14 L:10 D、光期温度 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、暗期温度 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度40%~50%条件下饲养,待成虫羽化后,记录每天羽化的成虫数量及其性别,按月进行统计,分析雌雄性比。

1.3 数据分析

采用Excel 2003与SPSS 20.0软件对数据进行统计分析,应用*t*测验法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 枸杞红瘿蚊各虫态的形态特征

枸杞红瘿蚊为全变态昆虫,经历卵、幼虫、蛹、成虫4个阶段。

2.1.1 枸杞红瘿蚊卵及幼虫的形态特征

枸杞红瘿蚊卵长椭圆形,一端钝圆,一端稍尖,长0.3~0.5 mm,宽0.05~0.08 mm;无色,光滑,卵壳极薄,晶莹剔透;聚产,每个花蕾中有十几至几十粒卵(图1-A)。枸杞红瘿蚊初孵幼虫乳白色,体细长,体壁柔软,体长0.4~0.6 mm;随着生长发育,幼虫体色逐渐变为橘黄色;老熟幼虫体色为橘红色,体肥多皱,纺锤形,体壁变硬,体长2.0~3.0 mm,体宽0.5~1.0 mm;头部细小,常收缩于前胸内,胸部腹面有1个Y形的剑骨片,此器官有助于幼虫弹跳;腹部10节,

每个体节两侧均有1~2根短刚毛(图1-B)。

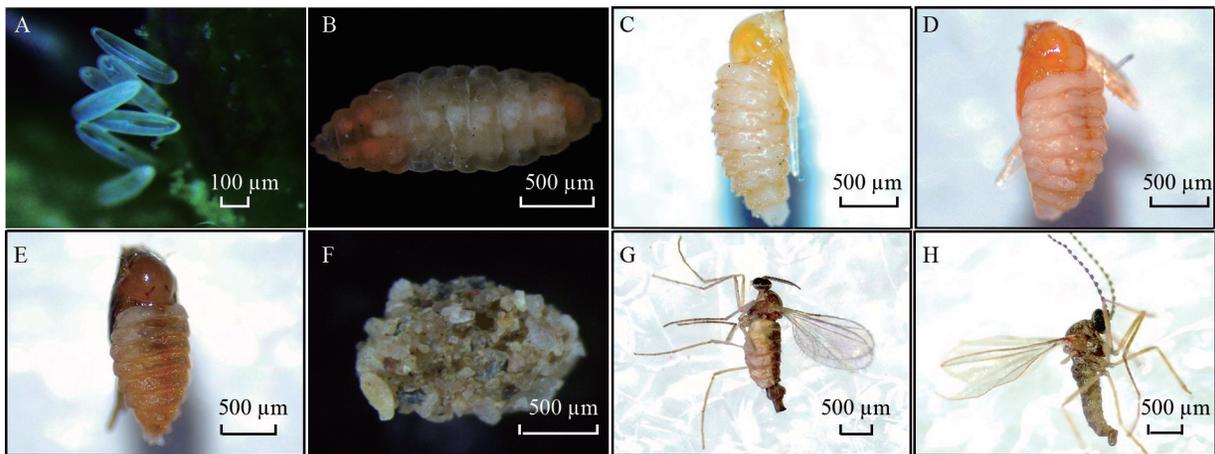
2.1.2 枸杞红瘿蚊蛹的形态特征

枸杞红瘿蚊被蛹,椭圆形,体长1.8~2.8 mm,体宽1.0~1.5 mm;触角、翅芽和足紧贴在蛹体腹面,不能活动,腹部各节不能扭动;头部触角基部略微膨大,在基部着生有1对圆锥形突起的小角;额顶端两侧着生有1对刚毛;前胸背部两侧着生有1对气孔,较额顶端的刚毛粗,基部粗,近端部较细且略弯曲;翅芽深至蛹体长的1/2处,足深至蛹体长的约3/4处;腹部背面各体节基部着生有1横排刺突。枸杞红瘿蚊初期蛹的蛹体淡黄白色,头、胸部为黄色,腹部为白色(图1-C)。中期蛹的蛹体橘红色,头、胸部颜色明显深于腹部,触角、复眼、翅芽和足为橘红色(图1-D)。后期蛹的蛹体为棕红色,复眼为黑色,翅芽为棕黑色,足部颜色稍淡,胸背部棕红色,腹部颜色较浅(图1-E)。蛹期可辨识雌雄,枸杞红瘿蚊雄虫蛹体腹部末端明显可见1对棒状抱握器;雌虫蛹体腹部末端钝圆,解剖蛹可见卵。茧为老熟幼虫所吐丝质与土壤颗粒缀成(图1-F)。

2.1.3 枸杞红瘿蚊成虫的形态特征

枸杞红瘿蚊成虫头部小,呈椭圆形,复眼黑色,

大而突出,占头部1/2面积,两复眼相连,为接眼式,无单眼,下颚须4节。雌成虫体长2.9~3.3 mm,体形粗胖,初羽化时虫体为淡黄色,随后变为棕色(图1-G);雄成虫体长2.0~2.3 mm,体形细长,初羽化时虫体为淡黄色,随后变成棕褐色(图1-H)。触角念珠状,雌雄异形。雌成虫触角短,各鞭小节呈圆柱状,中间微凹,无节间,各鞭小节着生有各种类型的感受器和缠绕的环丝(图2-A);雄成虫触角长,各鞭小节球形,其上具有刚毛状感受器及环丝,各鞭节中间有细而长的节间(图2-B)。前翅膜质透明,翅脉和翅面上有稀疏的黑色绒毛,翅脉简单。雌成虫翅长1.32~1.49 mm,翅宽0.65~0.76 mm;雄成虫翅长1.10~1.37 mm,翅宽0.59~0.64 mm。后翅退化为平衡棒。胸部发达,深褐色,背板向上突起并着生有黑色绒毛。胸足长而纤细,跗节5节,第二跗节最长,前跗节有2爪。腹部背板棕褐色,每个体节上着生有黑色绒毛。雌成虫腹部末端膨大似囊,为深褐色,具产卵器,针状,可伸缩(图2-C)。雄成虫腹部末端有1对棒状抱握器,阳具藏于生殖腔内,两侧有阳基侧叶(图2-D)。



A: 卵; B: 幼虫; C: 初期蛹; D: 中期蛹; E: 后期蛹; F: 茧; G: 雌成虫; H: 雄成虫。A: Egg; B: larva; C: pupa at early stage; D: pupa at middle stage; E: pupa at late stage; F: cocoon; G: female adult; H: male adult.

图1 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊各虫态的形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of *Jaapiella* sp. at different developmental stages in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region

2.2 枸杞红瘿蚊的生活习性

枸杞红瘿蚊幼虫在虫瘿内隐蔽为害,每个虫瘿内有十几至几十头幼虫(图3-A)。枸杞红瘿蚊幼虫发育成熟后,将膨大的虫瘿外壳顶端咬破,或直接从涨裂的虫瘿顶端钻出,背部拱起,腹部凹陷,身体呈C形弯曲,弹跳并钻入土层中化蛹。枸杞红瘿蚊成

虫羽化时,蛹先用头部顶破蛹壳,然后摆动腹部向上推动身体,白色透明的蛹壳沿着胸部背中线完全裂开,腹部末端固定在蛹壳内,借助头部和腹部的力量,触角首先抽出蛹壳,随后翅出壳,最后足和腹部完全抽出,留下白色透明的蛹壳,整个过程持续约30 min。初羽化的成虫身体柔软,不能飞翔,稍作短

距离爬行后,停息展翅,并从尾部排泄出乳白色的分泌物,随后静伏不动。成虫羽化后,不需要补充营养,可立即开始求偶。雌成虫求偶时,抬高腹部,不断向外伸出产卵器,等待雄成虫前来与之交尾。雄成虫飞到雌成虫附近后,围绕雌成虫不断振翅、爬行并摆动触角。交尾时,雄成虫爬到雌成虫后上方,弯曲腹部末端与雌成虫交尾(图3-B)。交尾结束后,雄成虫先飞离交尾场所,雌成虫将产卵器收回至产卵管内,静止片刻,即开始飞行,寻找寄主植物产

卵。搜索产卵场所时,雌成虫靠近枸杞花蕾,不断上下摆动触角触碰花蕾,随后在花蕾表面来回爬行,伸出产卵器进行刺探,寻找合适的产卵位点。产卵时,雌成虫腹部弯曲,身体呈弓形,产卵器伸直,刺入花蕾顶端产卵(图3-C)。雌成虫每次产卵历时20~30 min,产卵后继续搜寻新的产卵地点,每次产卵量3~50粒不等。产卵后的雌成虫便死在花蕾顶端。成虫寿命为1~2 d。

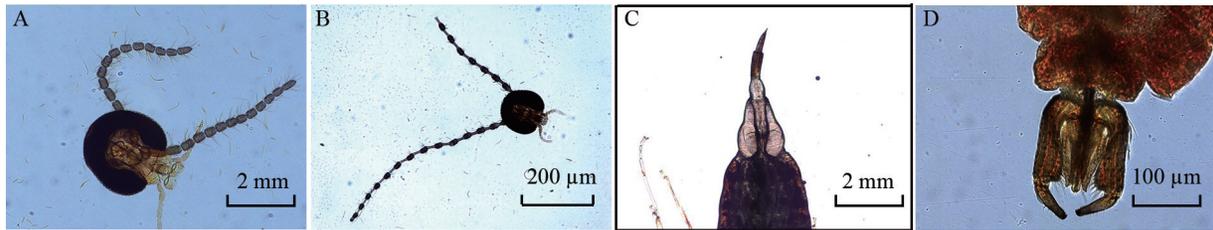


图2 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫触角和生殖器的形态特征
Fig. 2 Morphological characteristics of the antennae and genitalia of adults of *Jaapiella* sp. in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region

图2 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫触角和生殖器的形态特征

Fig. 2 Morphological characteristics of the antennae and genitalia of adults of *Jaapiella* sp. in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region



图3 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫生活习性
A: 虫瘿内的幼虫; B: 成虫交尾; C: 雌成虫产卵。A: Larvae in the gall; B: adults mating; C: female laying eggs.

图3 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫生活习性

Fig. 3 Habits of *Jaapiella* sp. adults on Chinese wolfberry in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region

2.3 枸杞红瘿蚊成虫寿命

交尾对雌、雄成虫寿命有显著影响。在配对饲养(已交尾)条件下,枸杞红瘿蚊雌、雄成虫平均寿命分别为41.8 h和38.3 h;在单头饲养(未交尾)条件

下,雌、雄成虫平均寿命分别为28.5 h和16.6 h,分别显著低于已交尾雌、雄成虫平均寿命($P<0.05$,表1),2种条件下,雌成虫寿命均长于雄成虫寿命。

表1 宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫寿命

Table 1 Longevity of *Jaapiella* sp. adults in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region

处理 Treatment	雌成虫寿命 Longevity of female adult/h		雄成虫寿命 Longevity of male adult/h	
	变化范围 Range	平均寿命 Average longevity	变化范围 Range	平均寿命 Average longevity
单头饲养(未交尾) Single feeding (unmated)	18.0-39.0	28.5±10.4	9.0-24.0	16.6±7.9
配对饲养(已交尾) Paired feeding (mated)	30.0-57.0	41.8±14.9**	25.0-52.0	38.3±13.5**

表中数据为平均数±标准误。**表示经 t 测验法检验在 $P<0.01$ 水平差异显著。Data are mean±SE. ** indicate significant difference at $P<0.05$ level by t test.

和5月成虫数量分别为121头和167头,6月达到第1个高峰,为282头,随后7—8月,枸杞生长处于休眠期,枸杞红瘿蚊成虫数量减少,对枸杞的为害减轻,随着枸杞秋枝萌发,9月枸杞红瘿蚊成虫数量又明显增多,达到第2个高峰,为117头,对枸杞的为害也随之

加重。9月底—10月枸杞秋果陆续收获,枸杞红瘿蚊成虫数量急剧减少,对枸杞的为害也逐渐消退。2017年4—10月从田间共收集788头成虫,雌成虫数量为420头,略高于雄成虫数量,雌雄性比介于1.11~1.19之间(表3)。

表3 2017年宁夏回族自治区中宁县枸杞红瘿蚊成虫数量及雌雄比

Table 3 Numbers and sex ratios of *Jaapiella* sp. adults on Chinese wolfberry in Zhongning County, Ningxia Hui Autonomous Region in 2017

月份 Month	成虫数量 Number of adults			雌雄性比 Sex ratio
	雌虫 Female	雄虫 Male	总数量 Total	
4月 April	64	57	121	1.12
5月 May	88	79	167	1.11
6月 June	153	129	282	1.19
7月 July	28	24	52	1.17
8月 August	16	14	30	1.14
9月 September	61	56	117	1.11
10月 October	10	9	19	1.11
总计 Total	420	368	788	1.14

3 讨论

本研究结果发现枸杞红瘿蚊幼虫胸部腹面有1个Y形的剑骨片,这在很多幼虫期瘿蚊科昆虫上均能看到,是幼虫的弹跳器官(张玉美等,2011;裴沛超等,2015;焦继鹏等,2017),该特征与吴福桢等(1982)关于幼虫胸骨又呈黑褐色的描述结果一致。本研究发现枸杞红瘿蚊雌、雄成虫触角鞭小节上均有缠绕的环丝,它是瘿蚊科昆虫所特有的触角感受器,在不同种类的瘿蚊成虫上其长度、着生方式和缠绕圈数均不相同,是成虫的显著分类特征之一(焦克龙等,2014;Wang et al.,2016;白玉明等,2018)。

本研究通过解剖大量蛹和成虫发现,在蛹期雌成虫卵就已经发育成熟,因此雌成虫在交尾后不久立刻产卵。枸杞红瘿蚊迅速连贯地进行羽化、交尾和产卵一系列繁殖行为,历时极短,成虫繁殖能力强,与刺槐叶瘿蚊 *Obolodiplosis rohinae*(吉志新等,2011)、花椒瘿蚊 *Asphondylia zathoyli*(黄燕丽等,2006)等瘿蚊科昆虫的习性十分相似。枸杞红瘿蚊是全变态发育昆虫,在整个生命周期中,只有成虫羽化后交配、产卵真正暴露在外,时间极短,其余大部分时间均隐蔽在枸杞花蕾和土壤中。本研究发现枸杞红瘿蚊成虫寿命极短,已交尾的雌、雄成虫平均寿命分别为41.8 h和38.3 h,未交尾的雌、雄成虫平均寿命仅为28.5 h和16.6 h,因此田间一旦发现成虫时,大部分已经完成交尾和产卵,这也是化学药剂等

常规措施不能及时有效防治的原因。这种现象在很多瘿蚊类昆虫中很普遍(Gagné,1994;Hall et al.,2012;Censier et al.,2014)。因此,推测这也正是枸杞红瘿蚊极易暴发成灾、又极难防控的主要原因,但还需要进一步试验来验证。

本研究发现宁夏中宁县枸杞红瘿蚊每年发生6代,以老熟幼虫在地表土层中越冬。此研究结果与刘美珍等(1987)、李锋(2006)和李建领等(2015)报道的枸杞红瘿蚊发生代数 and 发生特点基本相同;但吴福桢等(1982)报道枸杞红瘿蚊每年约发生2代,与本研究结果存在差异,究其原因,可能是时间、气候、温湿度存在差异,这些差异致使枸杞红瘿蚊各世代的发育历期不同,因而生活史也就有所差异。本研究结果显示枸杞红瘿蚊在一年中的发生规律与寄主植物枸杞的生长发育密切相关,其成虫羽化与幼虫为害的高峰期与枸杞花蕾的生育期相吻合。这与马力文等(2009)、李锋(2006)和李建领等(2015)关于宁夏枸杞红瘿蚊发生规律的研究结果一致。推测原因可能是枸杞红瘿蚊为了生存,长期适应枸杞植物的一种进化表现。在枸杞生产上,可根据枸杞红瘿蚊的发生规律,并结合当地的气象条件,判断最佳防治时机(马力文等,2009)。

通过对宁夏中宁县枸杞红瘿蚊成虫羽化数量和性别统计发现,雌、雄成虫的性比接近1:1,雌成虫数量比雄成虫稍多,雄成虫存在先羽化现象,这种雄

性比雌性羽化和性成熟早的现象在许多昆虫中普遍存在,具有一定的进化意义和生物学功能(肖丹凤和胡阳,2010)。虽然雌雄两性羽化时间不同,雄性个体的交配冲动窗口与雌性个体的交配接受窗口不能很好的吻合,但由于这类昆虫的雄性多存在多次交尾的行为,因此先羽化的雄成虫在等待雌成虫出现的过程中仍会保持着较高的交配能力,同时会随时准备为雌成虫提供交配机会,从而最大化地提高整个种群的繁殖成功率,这符合昆虫成虫最大化繁殖的假说(Fagerström & Wiklund, 1982)。另外,在等待雌成虫羽化的时间内,雄成虫必然会离开羽化地点向外扩散,那么早羽化且成熟的雄成虫可以有效地避免近亲交配所带来得种群近交衰退现象(Keller & Waller, 2002; 肖丹凤和胡阳, 2010)。

枸杞红瘿蚊幼虫个体很小,整个幼虫期均隐藏在虫瘿中,不易被发现,且其幼虫蜕皮后很难发现其蜕下的皮,因此无法根据蜕下的皮来推测龄期,加之幼虫期极短,几天内即可达到老熟并脱离虫瘿,因此幼虫龄期的观察难以实现,今后需要寻找合适的研究方法对其进行详细观察。另外,枸杞红瘿蚊羽化后雌成虫的求偶性极强,而雄成虫会准确定位正在求偶的雌成虫并进行交尾。因此,可利用枸杞红瘿蚊的这一习性在其求偶高峰期提取雌成虫性信息素,制成诱芯,用于野外监测和防治,这也是今后需要深入研究的内容。

参 考 文 献 (References)

- BAI YM, HE DK, LU P, YAN QP, ZHANG H. 2018. Observation for antennal structure of Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say). *Plant Quarantine*, 32(6): 21–24 (in Chinese) [白玉明, 贺定坤, 陆平, 闫清萍, 张皓. 2018. 黑森瘿蚊触角结构观察. *植物检疫*, 32(6): 21–24]
- CENSIER F, FISCHER CY, CHAVALLE S, HEUSKIN S, FAUCONNIER ML, BODSON B, PROFT MD, LOGNAY GC, LAURENT P. 2014. Identification of 1-methyloctyl butanoate as the major sex pheromone component from females of the saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae). *Chemoecology*, 24(6): 243–251
- FAGERSTRÖM T, WIKLUND C. 1982. Why do males emerge before females? protandry as a mating strategy in male and female butterflies. *Oecologia*, 52(2): 164–166
- GAGNÉ RJ. 1994. The gall midges of the Neotropical Region. New York: Cornell University Press, pp. 356
- HALL DR, AMARAWARDANA L, CROSS JV, FRANCKE W, BODDUM T, HILLBUR Y. 2012. The chemical ecology of cecidomyiid midges (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Chemical Ecology*, 38(1): 2–22
- HUANG YL, LI Q, LI ZY, SONG JX, ZHANG HX. 2006. Study on biological features and population dynamics of *Asphondylia zathoyli*. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 21(3): 307–310 (in Chinese) [黄燕丽, 李强, 李正跃, 宋家雄, 张汉学. 2006. 花椒瘿蚊生物学特性及种群动态研究. *云南农业大学学报*, 21(3): 307–310]
- JI ZX, WEN XL, LU CK, GAO SH, ZHAO CM, YU JY, ZHAO JZ. 2011. Adult behaviors and sex attraction of *Obolodiplosis rohini-ae*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 956–962 (in Chinese) [吉志新, 温晓蕾, 路常宽, 高素红, 赵春明, 余金咏, 赵景忠. 2011. 刺槐叶瘿蚊成虫行为学特征及性诱效果的研究. *应用昆虫学报*, 48(4): 956–962]
- JIAO JP, WU HW, REN LL, CHEN RM, LUO YQ. 2017. Reports on the discovery and preliminary studies of the invasive species *Thecodiplosis japonensis* (Uchida & Inouye) in Huangdao area of Shandong Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(6): 915–923 (in Chinese) [焦继鹏, 武海卫, 任利利, 陈汝敏, 骆有庆. 2017. 入侵种松针鞘瘿蚊在山东省黄岛区的发现与初步研究. *应用昆虫学报*, 54(6): 915–923]
- JIAO KL, BU WJ, WANG XL, NIU CJ. 2014. Gall midge pests (Diptera: Cecidomyiidae) on apple plants (*Malus* spp.). *Plant Protection*, 40(1): 114–118 (in Chinese) [焦克龙, 卜文俊, 王学利, 牛春敬. 2014. 苹果上的瘿蚊科害虫. *植物保护*, 40(1): 114–118]
- KELLER LF, WALLER DM. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(5): 230–241
- LI F. 2006. Studies on bionomics of *Jaapiella* sp. and its control techniques with mulch film and their extension. Master Thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [李锋. 2006. 枸杞红瘿蚊发生规律与地膜覆盖防治技术研究与推广. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- LI JL, LIU S, XU CQ, ZHU X, QIAO HL, GUO K, XU R, QIAO LQ, CHEN J. 2017. Population dynamics and control strategies of major pests of wolfberry, *Lycium barbarum*. *Modern Chinese Medicine*, 19(11): 1599–1604 (in Chinese) [李建领, 刘赛, 徐常青, 朱秀, 乔海莉, 郭昆, 徐荣, 乔鲁芹, 陈君. 2017. 宁夏枸杞主要害虫发生规律与防治策略. *中国现代中药*, 19(11): 1599–1604]
- LI JL, XU CQ, QIAO LQ, LIU S, CHEN J, QIAO HL, XU R, LIN C, FENG YF. 2015. The occurrence characteristics and control strategies of *Jaapiella* sp. of *Lycium barbarum* L. *Modern Chinese Medicine*, 17(8): 840–843, 850 (in Chinese) [李建领, 徐常青, 乔鲁芹, 刘赛, 陈君, 乔海莉, 徐荣, 林晨, 冯永飞. 2015. 宁夏枸杞红瘿蚊的发生特点与防治策略. *中国现代中药*, 17(8): 840–843, 850]
- LI YX, LI F, YANG F, AN W. 2002. Analysis on occurrence patterns of *Jaapiella* sp. in field. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, (4): 34–35 (in Chinese) [李云翔, 李锋, 杨芳, 安巍. 2002. 枸杞红瘿蚊田间发生规律变化原因浅析. *宁夏农林科技*, (4): 34–35]
- LIU MZ, ZHAO YH, ZHANG ZS. 1987. Preliminary study of *Jaapiel-*

- la* sp. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, (4): 25–28 (in Chinese) [刘美珍, 赵怡红, 张宗山. 1987. 枸杞瘿蚊研究初报. 宁夏农林科技, (4): 25–28]
- LIU S, LI JL, XU CQ, LIN C, QIAO HL, GUO K, XU R, CHEN J. 2016. Effect of bionic glue on population of *Jaapiella* sp. and yield of wolfberry. Modern Chinese Medicine, 18(3): 279–281, 288 (in Chinese) [刘赛, 李建领, 徐常青, 林晨, 乔海莉, 郭昆, 徐荣, 陈君. 2016. 仿生胶对枸杞红瘿蚊种群及枸杞产量的影响. 中国现代中药, 18(3): 279–281, 288]
- MA LW, ZHANG ZS, ZHANG YL, ZHANG YL, ZHANG LR, SHEN RQ. 2009. Meteorological grade prediction of *Jaapiella* sp. in *Lycium barbarum* L. field of Ningxia. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 37(20): 9516–9518, 9529 (in Chinese) [马力文, 张宗山, 张玉兰, 张燕林, 张立荣, 沈瑞清. 2009. 宁夏枸杞红瘿蚊发生的气象等级预报. 安徽农业科学, 37(20): 9516–9518, 9529]
- PEI RC, ZHU PP, ZHAO AC, LÜ RH, LU C, YU MD. 2015. Biological characteristics and chemical control of the mulberry fruit gall midge *Cotarina* sp. Journal of Plant Protection, 42(3): 304–309 (in Chinese) [裴洵超, 朱攀攀, 赵爱春, 吕蕊花, 鲁成, 余茂德. 2015. 桑椹瘿蚊生物学特性及其化学防控. 植物保护学报, 42(3): 304–309]
- TAI HK, BAI SX, HAN YL, LIU Z, ZHANG F, WANG ZY. 2018. Biological characteristics of the stored nut moth *Paralipsa gularis* (Zeller) and its damage on corn in Dehong Prefecture of Yunnan Province. Journal of Plant Protection, 45(2): 251–256 (in Chinese) [太红坤, 白树雄, 韩永连, 刘峙, 张峰, 王振营. 2018. 一点缀螟生物学特性及其在云南德宏玉米田的为害调查. 植物保护学报, 45(2): 251–256]
- WANG Y, LI D, LIU Y, LI XJ, CHENG WN, ZHU-SALZMAN K. 2016. Morphology, ultrastructure and possible functions of antennal sensilla of *Sitodiplosis mosellana* Géhin (Diptera: Cecidomyiidae). Journal of Insect Science, 16(1): 1–12
- WU FZ, GAO ZN, GUO YY. 1982. Pictorial of agricultural insect in Ningxia: Part II. Yinchuan: Ningxia People's Publishing House, pp. 56–57 (in Chinese) [吴福楨, 高兆宁, 郭予元. 1982. 宁夏农业昆虫图志: 第2辑. 银川: 宁夏人民出版社, pp. 56–57]
- XIAO DF, HU Y. 2010. A preliminary research on protandry in rice striped stem borer. Chinese Bulletin of Entomology, 47(4): 736–739 (in Chinese) [肖丹凤, 胡阳. 2010. 二化螟成虫雄性先羽化现象. 昆虫知识, 47(4): 736–739]
- XU CQ, LIU S, XU R, CHEN J, QIAO HL, JIN HY, LIN C, GUO K, CHENG HZ. 2014. Investigation of production status in major wolfberry producing areas of China and some suggestions. China Journal of Chinese Materia Medica, 39(11): 1979–1984 (in Chinese) [徐常青, 刘赛, 徐荣, 陈君, 乔海莉, 金红宇, 林晨, 郭昆, 程惠珍. 2014. 我国枸杞主产区生产现状调研及建议. 中国中药杂志, 39(11): 1979–1984]
- YAN L, GUO R, LI YJ, LI LL, WEI QR, HAN YB, LIU MY, MA XL. 2017. Morphology and bionomics of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on Chinese wolfberry (*Lycium barbarum*). Acta Entomologica Sinica, 60(6): 666–680 (in Chinese) [严林, 郭蕊, 李亚娟, 李琳琳, 卫琼茹, 韩云帮, 刘梦瑶, 马秀莲. 2017. 枸杞棉蚜形态和生物学特性研究. 昆虫学报, 60(6): 666–680]
- ZHANG F, LI JL, LIU S, QIAO HL, ZHU X, YANG MK, GUO K, XU R, XU CQ, CHEN J. 2019. Application of weeding cloth to control wolfberry gall midge, *Jaapiella* sp. Modern Chinese Medicine, 21(7): 937–940 (in Chinese) [张凡, 李建领, 刘赛, 乔海莉, 朱秀, 杨孟可, 郭昆, 徐荣, 徐常青, 陈君. 2019. 应用除草布防治枸杞红瘿蚊效果评价. 中国现代中药, 21(7): 937–940]
- ZHANG YM, YAO J, PAN XF, GUO YS, LIN HF. 2011. Observation of morphological characteristics on *Rhbdophaga* sp. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 39(26): 16144–16146 (in Chinese) [张玉美, 姚骏, 潘学峰, 郭永生, 林华峰. 2011. 杞柳瘿蚊形态特征观察. 安徽农业科学, 39(26): 16144–16146]
- ZHANG ZS, ZHAO YH. 1990. Preliminary study on the relationship between the growth and temperature of *Jaapiella* sp. Plant Protection, (S1): 42 (in Chinese) [张宗山, 赵怡红. 1990. 枸杞红瘿蚊年世代发育与温度关系的初步研究. 植物保护, (S1): 42]

(责任编辑:张俊芳)