技术与方法

一种观察昆虫在土中产卵的试验方法及其评价*

孟涵颖[1,2**] 方 晨[1] 何婉洁[1] 支梦婷[1] 张建萍[1] 陈 静[1***]

（1. 石河子大学农学院，新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用重点实验室，石河子 832003；
2. 新疆维吾尔自治区植物保护站，乌鲁木齐 830000）

摘 要 【目的】 产卵是昆虫行为的重要环节之一，观察产卵行为可为进一步探索害虫防治及益虫保护措施提供基础数据。【方法】 本研究利用工业 CCD（Charge coupled device）视频显微镜和红外光源作为拍摄器材，以自主研制的昆虫产卵装置观察双斑长跗萤叶甲 *Monolepta signata* 的产卵行为。【结果】 通过观察双斑长跗萤叶甲产卵在不同产卵介质的产卵情况，发现白沙较为适合作为产卵介质；双斑长跗萤叶甲雌成虫在白沙上产卵过程可分为 6 个阶段：靠近寄主、接触试探、刺探识别、产卵、产卵器收回和静止。其中第 3 阶段雌成虫利用腹部末端刺探识别过程时间最长，产卵时身体腹面与产卵介质表面的夹角、产卵深度和腹部末端伸长长度三者有一定正相关性。【结论】 通过 CCD 视频显微镜、红外光源和自主研制的产卵观察装置组合能清楚观察双斑长跗萤叶甲在土中的产卵过程，为观察其他昆虫在土中产卵行为提供新方法，也为进一步探索昆虫产卵行为并利用其生物学特性，对在土中产卵的植食性昆虫的防治提供技术支持。

关键词 双斑长跗萤叶甲；产卵行为；土中产卵

Evaluation of an experimental method for observing insect oviposition in soil

MENG Han-Ying[1,2**] FANG Chen[1] HE Wan-Jie[1] ZHI Meng-Ting[1]
ZHANG Jian-Ping[1] CHEN Jing[1***]

(1. Key Laboratory of Oasis Agricultural Pest Management and Plant Protection Resources Utilization, College of Agriculture, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shihezi University, Shihezi 832003, China;
2. Plant Protection Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, China)

Abstract **[Aim]** Oviposition is a crucial aspect of insect behavior, and observing oviposition behavior can provide fundamental data for further exploration of pest control and the conservation of beneficial insects. **[Methods]** An industrial CCD video microscope paired with an infrared light source were used to record the oviposition behavior of *Monolepta signata* in a custom-built insect oviposition chamber. Additionally, different substates were used to assess the oviposition preference of *M. signata*. **[Results]** The highest oviposition rate was observed when white sand was used as a substrate. The oviposition process of *M. signata* on white sand was categorized into six stages: Host approach, contact probing, probing identification, oviposition, retrieving the ovipositor, and stationary. The probing identification stage was the longest, with females using the end of their abdomen to probe and identify oviposition sites. A positive correlation was observed between the angle of the female abdomen and the substrate surface, and the depth of oviposition and the length of the abdominal tip during oviposition. **[Conclusion]** The combination of a CCD video microscope, infrared light source, and a custom-built oviposition observation chamber enabled clear observation of the oviposition process of *M. signata* in the soil. This study introduces a novel approach for observing insect oviposition behavior, furthering the investigation of their biological traits for practical applications. It also offers technical support for the control of phytophagous insects that oviposit in the soil.

Key words *Monolepta signata*; oviposition behavior; oviposition in the soil

---

*资助项目 Supported projects：兵团指导性科技计划项目（2022ZD010）；自治区重点研发任务专项（2022B02043-2）

**第一作者 First author，E-mail：1174561906@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：Chj_agr@shzu.edu.cn

收稿日期 Received：2023-01-19；接受日期 Accepted：2024-03-09

产卵是昆虫行为的重要环节之一，对维持其后代种群数量起到至关重要的作用（祝增荣等, 1994）。昆虫产卵并不是随机的，抱卵雌虫会选择在更适合于幼虫生长的环境下产卵，以确保其后代的存活率（Jaenike, 1978）。因此，昆虫发现寄主之后，一般不会立即产卵，而是先通过触角、前足跗节或产卵器等器官上的嗅觉感器，试探寄主表面气味物质以探测是否适合产卵，寄主合适时则会接受寄主，进行产卵刺探等行为（张贺贺等, 2015）。观察并掌握昆虫的产卵行为，可为控制害虫数量、评估害虫危害程度及扩繁益虫等提供行为学基础。

目前，针对植食性昆虫产卵行为的观察试验，主要聚焦于植物地上部开展。如利用红外夜视技术拍摄桃小食心虫 *Carposina sasakii* 喜在夜间产卵于果实表皮（蒋天小等, 2017）；利用数码摄像机拍摄记录摩门教蝴蝶 *Heliconius erato* 产卵于西番莲等植物叶片表面，并观察到其产卵前具有探测产卵地点的敲击行为（Thiele *et al.*, 2016）。然而对于植食性昆虫在土中产卵行为的了解仍然有限，Marquardt 等（2013）利用红外光和显微镜观察并记录了土壤螨 *Pergamasus brevicornis* 在土中的产卵过程，为这一领域提供了宝贵的数据，但由于土壤螨个体较小不具备迁飞能力，这种拍摄方法可能不适用于个体较大且具有迁飞能力的昆虫。因此，探索昆虫在土中产卵行为的观察方法势在必行。

双斑长跗萤叶甲 *Monolepta signata*，俗称双斑萤叶甲，属鞘翅目 Coleoptera 叶甲科 Chrysomelidae （虞佩玉, 1996）。主要分布在中国、俄罗斯（西伯利亚）、朝鲜、日本等十几个国家，在中国分布广泛（虞佩玉等, 1996；汪家社等, 1999）。双斑长跗萤叶甲为多食性害虫，除取食玉米、棉花、高粱、向日葵、谷子、马铃薯、青麻、豆类和十字花科蔬菜等数十种作物外，还取食禾本科、蓼科、菊科、大麻科、茄科等许多杂草（中国科学院动物研究所昆虫分类区系室叶甲组等，1979）。该虫 1 年发生 1 代，成虫产卵于植物根系土壤中，以卵越冬，翌年 5 月开始孵化，孵化后幼虫取食植物根系，并建造土室化蛹，6 月田间始现成虫，在玉米的抽雄吐丝期为其发生盛期（冯祥和，1992；李广伟，2008；杨海龙等，2008）。双斑长跗萤叶甲越冬卵在土壤中的理论分布型符合负二项分布，低密度下为聚集分布，基本成分为单个个体，个体间相互排斥（张聪等，2013）。而越冬卵的分布决定了该害虫幼虫和蛹的分布情况，探究双斑长跗萤叶甲产卵行为对了解该害虫的种群动态和预测预报具有重要意义。

为突破昆虫在土中产卵行为拍摄的局限性，利用工业 CCD 视频显微镜和红外光源作为拍摄器材，并自主研制产卵观察装置，以双斑长跗萤叶甲作为评价该观察方法的研究对象，为观察昆虫在土中产卵提供新方法，有助于昆虫种群调查与预测预报工作的开展，也为研究昆虫产卵行为机制奠定基础。

1　材料与方法

1.1 虫源

于 2021 年 6 月中旬在新疆塔城地区沙湾县东湾镇南湾村（30°68′73″ N，104°04′99″ E）玉米、棉花及杂草地采集刚羽化的双斑长跗萤叶甲成虫，饲养于石河子大学农业昆虫与害虫防治实验室自主设计的养虫装置内（7 cm×7 cm×15 cm）。

在室内[温度为（28±1）℃，相对湿度 40%±1%，光周期为 16 L∶8D]，每个养虫盒放入 50 头成虫，雌雄比 1∶1。每日更换新鲜的玉米叶片，并检查滤纸上是否有卵，连续观察 10 d，如果有卵则表明养虫盒里有抱卵雌虫，挑选体型偏大的雌虫进行试验。

1.2　供试植物

双斑长跗萤叶甲在玉米根系土壤中产卵（张聪等, 2014），本试验以斑长跗萤叶甲的产卵行为观察为例评价该观察方法的可行性。因此供试寄主植物为三叶期的玉米幼苗，玉米品种为新疆石河子农垦科学院自育品种 159。种植于石河子大学农业昆虫与害虫防治实验室。为获得完整的玉米幼苗根系，采用水培法种植玉米幼苗。玉米种

子在 60 ℃水中浸泡直至发芽，发芽后放入水培盒中种植直至三叶期，营养液（福凯绿景）主要含有氮、镁、磷、钙等主要元素。

1.3 产卵装置

产卵装置为一个上宽下窄的 T 形有机玻璃盒（图 1）。主要分为 3 部分，上半部分为昆虫活动区域，下半部分提供昆虫产卵介质并种植供试植物，为保持观察装置的稳定性放置于第 3 部分的底座上。

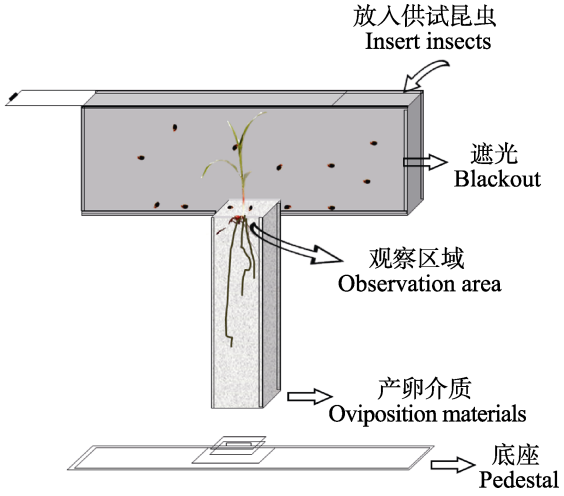

图 1 产卵装置

Fig. 1 Oviposition device

上半部分的昆虫活动区域长×宽×高为 30 cm×1 cm×10 cm，30 cm×10 cm 的前后两面均匀打 0.1 cm 的小孔以保证装置的透气性，顶部为一个 30 cm×1 cm 的抽拉开盖以便产卵介质和昆虫的放置，产卵观察时，上半部分做遮光处理以减少光照对昆虫产卵行为的影响。下半部分长×宽×高为 2 cm×1 cm×20 cm，放入产卵基质并种入完整根系的玉米苗，上半部分和下半部分的连接处相通，连接处为产卵观察区域。底座长×宽为 30 cm×8 cm，底座中央固定一个长×宽×高为 30 cm×5 cm×2 m 的卡扣，卡扣内侧有一个长×宽×高为 2 cm×1 cm×2 cm 的凹陷保证观察装置正好嵌入底座中。

1.4 产卵行为观察器材

产卵行为观察器材主要包括 4 800 W 工业 CCD 视频显微镜，940 nm 红外光源和 LCD 显示屏（图 2）。其中 4 800 W 工业 CCD 视频显微镜（型号为 RY602Y；生产厂家为上海韧跃电子科技有限公司），包括 360°万向调节机构、30×-190×变焦镜头、HDMI 相机定位在安装有立柱的大黑底板上。为减少光源对昆虫产卵行为的干扰，外接 940 nm 环状 CCD 红外光源（生产厂家：广州利民有限公司）。实时传输拍摄录像至 LCD 显示屏（品牌：Lenovo，D2221H）。观察录像储存至 TF 卡中（品牌：Kingston，SDCS2）。用超五类网线将变焦镜头接到 HDMI 相机；用超五类网线将 HDMI 相机连接到 LCD 显示屏。连接电源用符合要求的直流电源线将 DC12V 电源连接到 HDMI 相机、LED 显示屏及红外环形光源。

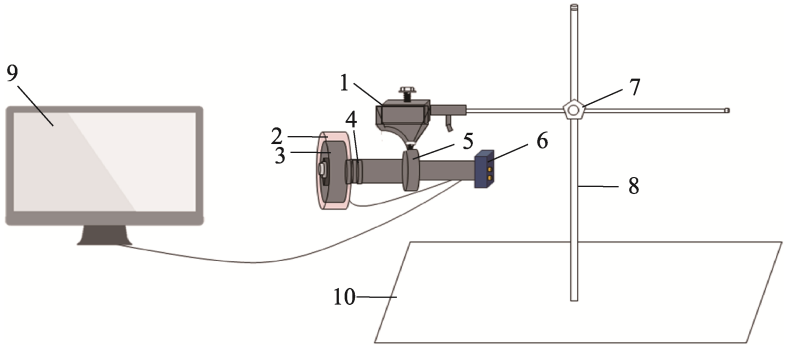

图 2 产卵行为观察器材

Fig. 2 Oviposition behavior observation equipment

1：360°万向调节机构；2：940 nm 环状红外光源；3：30×-190×变焦镜头；4：调焦装置；5：CCD 接口；6：HDMI 相机；7：限位器；8：立柱；9：LCD 显示屏；10：20 cm×25.5 cm 大黑底板。

1: 360° universal adjustment mechanism; 2: 940 nm ring infrared light source; 3: 30×-190× zoom lens; 4: Focus device; 5: CCD interface; 6: HDMI camera; 7: Limiter; 8: Column; 9: LCD display; 10: 20 cm×25.5 cm large black backplane.

1.5　试验方法

观察环境在室内，温度为（28±1）℃，相对湿度为 40%±1%。本试验分别以琼脂（18 g/L）、营养土（丹麦品氏泥炭土 0-6 mm）、室外采集的大田土壤、白沙（0.5-1 mm）、蛭石（1-3 mm）、珍珠岩（3-6 mm）6 种材料作为产卵介质。所有产卵介质均进行无菌化处理（干热空气灭菌法，温度 100 ℃，灭菌时间 4 h）。将处理好的 6 种产卵介质装入 6 个相同规格的产卵行为观察装置（图 1），分别评价双斑长跗萤叶甲在不同介质上的产卵情况及拍摄情况，以找到最佳的观察产卵的介质。将不同产卵介质放入产卵行为观察装置的下半部分，取出种植于水培盒中的植物幼苗，用纯水清洗数次去除附着在根系上的营养液，种于产卵介质中并加入 20 mL 左右的纯水模仿双斑长跗萤叶甲大田中的产卵环境。每个产卵观察试验装置放入 50 头双斑长跗萤叶甲抱卵雌成虫，关上抽拉开盖后再用封口膜密封。

将准备好的产卵观察装置放在 CCD 相机镜头前，将限位器调至与拍摄区域平行的位置，拧紧限位器保证拍摄的稳定性（图 3）。因昆虫个体较小，因此需要手动调焦近距离观察，直至观察目标清晰且影像较大时进行拍摄。光照对双斑长跗萤叶甲的行为影响明显（张聪，2012），在光照条件下双斑长跗萤叶甲几乎不产卵，因此整个拍摄过程在黑暗环境的纸箱中以减少光照影响（图 3）。从中午 12:00 开始观察至晚上 00:00，每 50 头雌虫观察 24 h。为保持虫源活性，24 h 后更换玉米苗并放入新的抱卵雌虫。

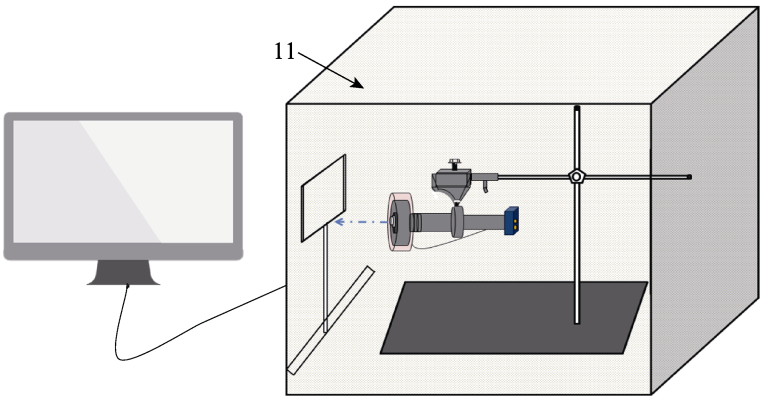

图 3　产卵行为观测装置连接顺序

Fig. 3　Connection sequence of oviposition behavior observation device

11：纸箱子；连接顺序为：显示器-观察器材-产卵观察装置-盖上纸箱。

11: Paper box; Connection sequence: Display-observation equipment-oviposition observation device-cover the cardboard box.

1.6　数据分析

采用工业相机软件 S-EYE（测量软件）捕捉并测量昆虫产卵时的腹部末端伸长长度、产卵深度、身体角度。采用剪映专业版（视频编辑工具）剪辑产卵视频并逐帧分析昆虫产卵频次数。

2　结果与分析

2.1　对产卵介质的选择性

以白沙为产卵介质时，抱卵的双斑长跗萤叶甲雌虫在 24 h 内就开始产卵，且雌虫活跃期较长，一周内死亡数为 4 头（共观察 50 头）。以营养土和大田土壤为产卵介质时，该叶甲在一周内开始产卵，且雌虫活跃期较短，一周内死亡数共计 10 头（共观察 100 头）。而以琼脂、蛭石和珍珠岩为产卵介质时，该叶甲一周内均不会产卵，在琼脂上的活跃期最短，一周内死亡数为 26 头（共观察 50 头）。从拍摄清晰度中可以看出，白沙作为产卵介质时拍摄画面更加清晰，可分析度较高。

2.2　双斑长跗萤叶甲产卵行为的观察

通过工业 CCD 视频显微镜、红外光源及产

卵行为观察装置观察了双斑长跗萤叶甲在白沙产卵介质上的产卵行为。整个产卵过程包括以下6个阶段（图4）。阶段Ⅰ：靠近寄主。双斑长跗萤叶甲雌成虫大部分时间都在取食上半部分玉米叶片，在产生产卵兴奋后主动靠近种植有玉米根系的白沙，开始进入产卵介质的接触试探阶段，进入拍摄区域。阶段Ⅱ：接触试探。双斑长跗萤叶甲雌虫在白沙上不断爬行，在爬行时触角会在空气中不停地摆动，并用下颚须和下唇须不断接触产卵介质，探测产卵地的湿度和硬度是否适合其产卵。这个行为阶段持续（88.67±38.02）s（n=6）（表1）。阶段Ⅲ：探刺识别。接触试探结束后，双斑长跗萤叶甲在白沙上爬行的同时探测具体的产卵地点。雌虫拉长腹部末端，下压身体，用3对足支撑身体，触角几乎静止不动，延伸腹部末端频繁伸入白沙缝隙中刺探具体的产卵地点，判断是否合适产卵。若产卵地点不合适，双斑长跗萤叶甲会收回腹部末端并继续在白沙上爬行，继续进行探刺识别，雌虫会一直保存卵直至找到合适的产卵地点，在此过程中，雌虫较为敏感，若正在探刺识别的雌虫被周围环境中其他雌虫打扰，则立即停止探测识别，直至周围环境合适后开始新一轮的探测识别过程，这一过程中利用产卵器刺探频数为（34±10）次，因此，持续时间也最长，达到（299.50±193.59）s（表1）。阶段Ⅳ：产卵。探刺识别后雌虫决定接受或拒绝产卵。产卵时，双斑长跗萤叶甲腹部末端延伸拉长节间膜伸展至最长，触角停止摆动，腹部末端全部深入产卵地点，产卵器张开产出至多两粒卵，身体腹面与产卵介质表面的夹角呈（136.39±33.96）°（表2）。正在产卵的雌虫即使受到环境影响，也不会停止产卵，但会因为其他雌虫的打扰而离开原先的产卵地点继续产卵。在产卵时雌虫腹部末端伸长长度为（3.20±0.80）mm，产卵深度为（2.40±1.00）mm（表2）。双斑长跗萤叶甲产卵时，身体与产卵介质表面的夹角、产

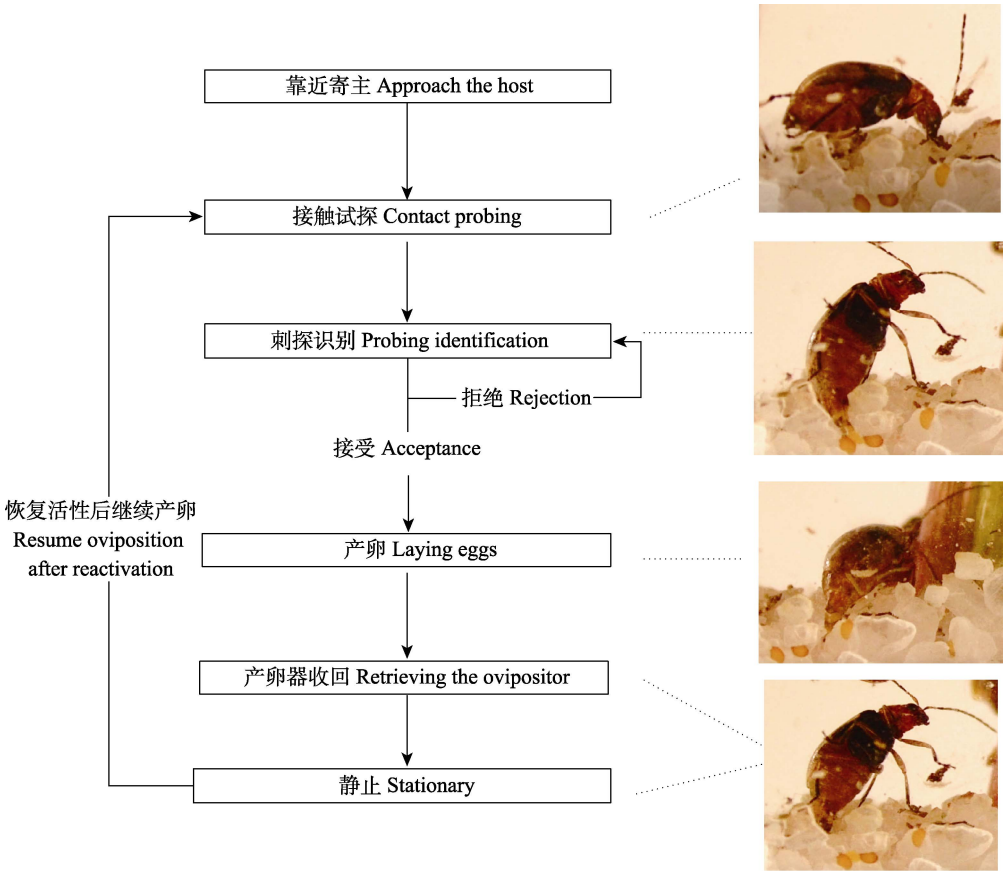

图4　双斑长跗萤叶甲产卵过程

Fig. 4　Oviposition process of *Monolepta signata*

表 1　双斑长跗萤叶甲产卵行为持续时间（s）

Table 1　Duration of oviposition behavior of *Monolepta signata* (s)

产卵阶段 Oviposition stage	产卵过程 Oviposition process	♀1	♀2	♀3	♀4	♀5	♀6	平均值±标准差 Mean±SD
Ⅰ	靠近寄主 Approach the host	—	—	—	—	—	—	—
Ⅱ	接触试探 Contact probing	92	35	62	90	146	107	88.67±38.02
Ⅲ	刺探识别 Probing identification	577	285	157	183	539	156	299.50±193.59
Ⅳ	产卵 Laying eggs	10	9	5	5	6	5	6.67±2.25
Ⅴ	产卵器收回 Retrieving the ovipositor	3	5	3	4	1	2	3.00±1.41
Ⅵ	静止 Stationary	4	10	4	2	0	3	3.83±3.37

表 2　双斑长跗萤叶甲产卵行为参数

Table 2　Parameters of oviposition behavior of *Monolepta signata*

产卵过程 Oviposition process	♀1	♀2	♀3	♀4	♀5	♀6	平均值±标准差 Mean±SD
刺探频数 Number of sting	26	53	30	42	29	25	34.00±10.00
腹部末端伸长长度（mm）Abdominal terminal elongation length (mm)	2.3	3.4	2.3	4.1	4.0	2.9	3.20±0.80
产卵深度（mm）Oviposition depth (mm)	1.2	1.9	1.8	0.3	4.0	2.6	2.40±1.00
身体角度（°）Body angle (°)	82.65	141.29	113.96	158.91	178.85	142.68	136.39±33.96

卵深度和腹部末端伸长长度基本呈正比。阶段Ⅴ：产卵器收回。产卵结束后，双斑长跗萤叶甲渐渐收回腹部末端，完全或不完全收回。不完全收回时，只收回半个腹部末端的长度。但无论是完全收回或不完全收回腹部末端，双斑长跗萤叶甲均不会在一个产卵地点产卵多次。阶段Ⅵ：静止。腹部末端收回后，双斑长跗萤叶甲并不立刻离开而是产卵地点静止几秒。此时雌虫触角会有轻微的摆动，而足和腹部末端则完全静止不动。静止几秒后，双斑长跗萤叶甲开始继续在白沙上爬行，但并不立即开始接触试探，而是在爬行几秒后静止再继续爬行，直至恢复活性，继续开始接触试探。

3　讨论

本文介绍了一种全新的观察昆虫在土中产卵的试验方法，利用自主设计的观察装置和 CCD 工业相机，组成了一种拍摄清晰度较高的观察设备，并以双斑长跗萤叶甲作为观察对象，对该观察方法进行评价。

首次观察描述了双斑长跗萤叶甲的产卵过程，并对双斑长跗萤叶甲的产卵参数进行测量。结果发现，双斑长跗萤叶甲产卵过程可分为 6 个阶段：靠近寄主、接触试探、刺探识别、产卵、产卵器收回、静止。其中雌虫利用腹部末端刺探识别过程时间最长，产卵时成虫身体角度越大，腹部末端伸长长度和产卵深度越长。观察到的产卵行为及参数可为进一步探索害虫防治及益虫保护措施提供基础数据。

本研究介绍的观察方法解决了小型昆虫在土中产卵观察的难题，并且相较于用数码相机和手机记录昆虫产卵的方法（徐强等，2019；董子舒，2021），该观察方法拍摄持续时间更长、拍摄稳定性更好、成本更低。从试验结果来看，该方法可以清晰地观察到昆虫在土中产卵的行为过程，并且可以准确测量到昆虫产卵时的行为参数。

尽管本研究介绍的产卵观察方法行之有效，但在不同昆虫个体之间的产卵习性差异较大，在实际操作过程中还应该注意以下方面：本研究在试探了 6 种产卵介质后最终选择白沙作为产卵观察介质，但白沙保水能力较弱水分容易蒸发，如果需要长时间观察昆虫产卵行为，则需要及时补充水分；CCD 感光器材具有红外感光能力，

在黑暗环境下，红外光源照射到生物体物体表面，从而被摄像机捕捉（郭根生, 2005）。但光源照射区域成环形，不能完全完整的地将装置内所有昆虫成像出来。如果观察的昆虫个体较小则需要增加供试昆虫数量，才能保证观察结果的完整性。

综上所述，本研究介绍的试验方法可观察到在昆虫在土中产卵的完整过程，并结合测量软件进行分析。该实验方法可弥补昆虫在土中产卵行为观察的短板，增加昆虫产卵行为方面的研究数据，为进一步探索昆虫产卵行为并利用其生物学特性对在土中产卵的植食性昆虫的防治提供技术支持。

参考文献 (References)

Dong ZS, 2021. Behavior and mechanism on oviposition on selection of *Glenea cantor* Fabricius. Doctor dissertation. Nanning: Guangxi University. [董子舒, 2021. 眉斑并脊天牛的产卵选择行为机制研究. 博士学位论文. 南宁: 广西大学.]

Feng XH, 1992. Life habit and control of the beetle, *Lepidoptera bimaculata*. *Shanxi Agricultural Science*, 1992(4): 31. [冯祥和, 1992. 双斑长跗萤叶甲的生活习性与防治. 山西农业科学, 1992(4): 31.]

Guo GS, 2005. Digital infrared photography. *Photography*, 7: 55–57. [郭根生, 2005. 数字红外线摄影. 摄影, 7: 55–57.]

Jaenike J,1978. On optimal oviposition behavior in phytophagous insects. *Theoretical Population Biology*, 14(3): 350–356.

Jiang TX, Lu ZM, Wang HP, 2017. Oviposition behavior and rhythm of the peach fruitborer *Carposina sasakii Matsumura* observed by infrared night vision technology. *Plant Protection*, 43(2): 50–54. [蒋天小, 陆振明, 王洪平, 2017. 利用红外夜视技术观察桃小食心虫的产卵行为及产卵昼夜节律. 植物保护, 43(2): 50–54.]

Li GW, 2008. Studies on the biology, ecology and integrated control of *Lepidoptera bimaculata*. Master dissertation, Shihezi: Shihezi University. [李广伟, 2008. 双斑长跗萤叶甲的生物学、生态学及综合防治的研究. 硕士学位论文. 石河子: 石河子大学.]

Marquardt T, Faleńczyk-Koziróg K, Kaczmarek S, 2013. Oviposition behaviour of the soil mite *Pergamasus brevicornis* (Acari: Parasitidae). *Experimental & Applied Acarology*, 60(3): 403–409.

Research Group of Leaf Bettle, Division of Insect Taxonomy, Institute of Zoology, Academia Sinica, Plant Protection Group, Institute of Agrigulture of Baxia Changchikou District, Hopei Province, Technical Station, Plant Protection Station of Xiheying People's Commune, Agricultural Bureau of Yu County, Hopei Province, 1979. A preliminary study on the bionomics of the galerucidbeetle, *Monolepta signata hieroglyphica* (Motschulsky). *Acta Entomologica Sinica*, 22(1): 115–117. [中国科学院动物研究所昆虫分类区系室叶甲组, 河北省张家口地区坝下农业科学研究所植保组, 河北省蔚县农业局植保站西合营公社技术站, 1979. 双斑长跗萤叶甲研究简报. 昆虫学报, 22(1): 115–117.]

Thiele SC, Rodrigues D, Moreira GRP, 2016. Oviposition in *Heliconius erato* (Lepidoptera, Nymphalidae): How essential is drumming behavior for host-plant selection. *Journal of Insect Behavior*, 29(3): 283–300.

Wang JS, Yang XK, Wang SY, 1999. Insects of the Leaf Beetle Family in Wuyi Mountain Reserve. Beijing: China Forestry Press. 113–114. [汪家社, 杨星科, 王书永, 1999. 武夷山保护区叶甲科昆虫志. 北京: 中国林业出版社. 113–114.]

Xu Q, Lv HW, Wu CP, Mao Y, Song GH, Shi J, 2019. Oviposition behavior of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). *Journal of Insectology*, 62(4): 468–474. [徐强, 吕红武, 乌成鹏, 毛宇, 宋光辉, 石娟, 2019. 松树蜂的产卵行为. 昆虫学报, 62(4): 468– 474.]

Yang HL, Xue T, Li DH, Fu J, Fu JF, 2008. Occurrence and control of the *Monolepta hieroglyphica* of corn in Liaoning. *Henan Agricultural Science*, 2008(11): 96–98. [杨海龙, 薛腾, 李德会, 付俊, 傅俊范, 2008. 辽宁玉米害虫双斑长跗萤叶甲的发生危害与防治. 河南农业科学, 2008(11): 96–98.]

Yang HL, Xue T, Li DH, Fu J, Fu JF, 2008. Occurrence, Damage and Control of the Corn Pest *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) in Liaoning Province. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 37(11): 96–98. [杨海龙, 薛腾, 李德会, 付俊, 傅俊范, 2008. 辽宁玉米害虫双斑长跗萤叶甲的发生危害与防治. 河南农业科学, 37(11): 96–98.]

Yu PY, Wang SY, Yang XK, 1996. Fauna of China, Vol.54. Coleoptera, Chrysomeloidea(II). Beijing: Science Press. 169. [虞佩玉, 王书永, 杨星科, 1996. 中国经济昆虫志, 第五十四册, 鞘翅目, 叶甲总科(二). 北京: 科学出版社. 169.]

Zeng RZ, Jia AC, Ying CC, 1994. Insect clutch size: A phenomenon and its explanation. *Nature Discovery*, 13(49): 48–54. [祝增荣, 程家安, 陈诱, 1994. 昆虫窝卵数: 现象及其解释. 大自然探索, 13(49): 48–54.]

Zhang C, Yuan ZH, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2014. Population dynamics of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) in corn fields. *Journal of Applied Entomology*, 51(3): 668–675. [张聪, 袁志华, 王振营, 何康来, 白树雄, 2014. 双斑长跗萤叶甲在玉米田的种群消长规律. 应用昆虫学报, 51(3): 668–675]

Zhang C, Ge X, Zhao L, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2013. The spatial distribution pattern of overwintering egg of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) in corn field. *Acta Ecologica Sinica*, 33(11): 3452–3459. [张聪, 葛星, 赵磊, 王振营, 何康来, 白树雄, 2013. 双斑长跗萤叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型. 生态学报, 33(11): 3452–3459.]

Zhang C, 2012. Study on the occurernce and biological characteirstics of *Monolepta hieroglyphica* in corn field. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [张聪, 2012. 玉米田双斑长跗萤叶甲发生规律及生物学特性研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Zhang HH, Chen JH, Ji QE, Luo MJ, 2015. Overview in the study and application of the influencing factors on oviposition behavior of insects. *Journal of Environmental Entomology*, 37(2): 432–440. [张贺贺, 陈家骅, 季清娥, 骆米娟, 2015. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概述. 环境昆虫学报, 37(2): 432–440.]

Zhu ZR, Cheng JA, Chen X, 1994. Insectclutchsize: Minireviewonphenomenon and its explandtion. *Discovery of Nature*, 1994(3): 48–54. [祝增荣, 程家安, 陈琇, 1994. 昆虫窝卵数: 现象及其解释. 大自然探索, 1994(3): 48–54.]