

黄光照射对斜纹夜蛾成虫产卵和寿命的影响

蒋月丽¹, 李彤¹, 曹琼², 王振声³, 巩中军¹, 苗进¹,
李好海², 武予清^{1*}, 鲁传涛^{1*}

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室, 农业部华北南部有害生物治理重点实验室, 郑州 450002; 2. 河南省植物保护检疫站, 郑州 450002; 3. 洛阳市植物保护植物检疫站, 河南洛阳 471000)

摘要: 探究黄光照射对斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 成虫产卵和寿命的影响, 为利用黄光防控斜纹夜蛾提供理论依据。本研究设置 50~55、30~35 和 5~10 lx 3 个黄光光照处理组及 1 个黑暗对照 (CK), 观察记录不同处理下雌虫产卵比率、产卵前期、产卵历期、产卵量、卵孵化率和成虫寿命等。结果表明, 3 个黄光处理组对斜纹夜蛾的产卵和寿命均存在一定的影响。50~55 lx 黄光处理组的产卵雌虫比率比对照组明显下降 24.86%, 产卵前期明显延长 2 d; 3 个黄光处理组的产卵历期相比对照组分别显著缩短 1.47、1.35 和 1.37 d; 3 个黄光处理组的单雌产卵总量与对照组相比明显下降 427.19、334.62 和 313.95 粒, 30~35 lx 和 50~55 lx 处理组的平均每日单雌产卵量分别显著低于对照组 82.93 和 74.2 粒; 在产卵期的第 3 天, 30~35 lx 和 50~55 lx 处理组的卵孵化率均显著低于对照组 45.53%; 50~55 lx 处理组的雌成虫寿命与 50~55 lx 和 30~35 lx 处理组的雄成虫寿命分别显著低于对照组 1.77、2.15 和 2.26 d。该研究结果为利用黄光防控斜纹夜蛾提供了一定的理论支撑。

关键词: 黄光; 光照强度; 斜纹夜蛾; 产卵; 寿命

中图分类号: Q968.1;S433 文献标识码: A

Effect of yellow light irradiation on the oviposition and adult longevity in *Spodoptera litura* Fabricius

JIANG Yue-Li¹, LI Tong¹, CAO-Qiong², WANG Zhen-Sheng³, GONG Zhong-Jun¹, MIAO Jin¹, LI Hao-Hai², WU Yu-Qing^{1*}, LU Chuan-Tao^{1*} (1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences/Henan Key Laboratory of Crop Pests Control of Henan Province/IPM Key Laboratory in South of North-China, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Plant Protection and Quarantine Station, Zhengzhou 450002, China; 3. Luoyang Plant Protection and Quarantine Station, Luoyang 471000, Henan Province, China)

Abstract: To explore the effect of yellow light irradiation on the oviposition and adult longevity in *Spodoptera litura*, and provide a theoretical basis for using yellow light to control *S. litura*. In

基金项目: 河南省科技计划联合基金 (232301420115); 国家自然科学基金青年基金项目 (32001902); 国家小麦产业体系地下害虫岗位 (CARS-03)

作者简介: 蒋月丽, 女, 博士, 副研究员, 研究方向为昆虫视觉生态与害虫综合治理, E-mail: yueli006@126.com

*共同通讯作者: 武予清, 男, 研究员, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: yuqingwu36@hotmail.com; 鲁传涛, 男, 研究员, 研究方向为植物病虫害防控, E-mail: luchuantao@yeah.net

收稿日期 Received: 2023-12-27; 接受日期 Accepted: 2024-03-25

the study, three yellow light treatment groups (50~55, 30~35, and 5~10 lx) and one dark control (CK) were used to observe and record the oviposition female adult ratio, pre-oviposition period, oviposition period, oviposition quantity, egg hatching rate, longevity of *S. litura* under different treatments. The results showed that three yellow light treatment groups had a certain impact on the oviposition and longevity of *S. litura*. The ratio of oviposition females in the 50~55 lx yellow light treatment group decreased significantly 24.86 % compared with the control, and the pre-oviposition period was significantly prolonged 2 days. The oviposition period of the three yellow light treatment groups was significantly shortened 1.47, 1.35 and 1.37 d compared with the control, respectively. The total number of single female oviposition quantity in the three yellow light treatment groups reduced significantly 427.19, 334.62, and 313.95 compared to the control group. The average daily single female oviposition quantity in the 30~35 lx and 50~55 lx treatment groups was also significantly lower 82.93 and 74.2 eggs compared with the control, respectively. On the third day of the oviposition period, the hatching rate of eggs in the 30~35 lx and 50~55 lx treatment groups were significantly lower than the control by 45.53%. The longevity of female adults in the 50~55 lx treatment group and male adults in the 50~55 lx and 30~35 lx treatment groups were significantly lower than the control by 1.77, 2.15, and 2.26 d, respectively. The research results provide certain theoretical support for the use of yellow light to control *S. litura*.

Key words: Yellow light; light intensity; *Spodoptera litura*; oviposition; longevity

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 广泛分布于世界各地, 在中国除西北地区外均有分布, 是一种适应力强、危害性大的暴发性害虫(许忠顺等, 2020; 杜浩等, 2022; 王玉雪等, 2023)。其危害植物十分广泛, 包括各种农作物及观赏植物近 100 科的 300 多种植物(黄智华等, 2019; 丛胜波等, 2020)。近年来, 随着我国农业种植结构的不断调整, 农业复种指数逐年提高, 致使斜纹夜蛾危害程度逐年加重(张国芝等, 2023)。尤其在蔬菜主产区危害加重, 对我国蔬菜的安全生产造成严重威胁(王少丽等, 2011; 武怀恒等, 2016)。目前我国对于斜纹夜蛾的防治仍以化学农药防治为主, 已致使多种农药制剂产生抗药性(Tong *et al.*, 2013)。因此, 积极开展绿色安全的防治措施对于斜纹夜蛾的有效防治意义重大, 利用灯光防治害虫是绿色防控的有效手段之一, 具有重要的研究意义。

昆虫对光波的感知主要依靠复眼中的视觉色素, 大多数昆虫拥有两种视觉色素, 一种色素能够接受波长在 550 nm 左右的绿黄光, 另一种色素接受波长在 480 nm 以下的紫外-蓝紫光。因此, 目前针对蛾类害虫应用较多的是利用昆虫对 480 nm 以下紫外-蓝紫光具有趋性的生物学特性研制的紫外光诱虫灯, 如黑光灯、频振杀虫灯、高压汞灯及双波灯等。然而, 研究发现紫外光诱虫灯的诱虫效果较好, 但对昆虫选择性差, 在杀伤害虫的同时, 会对天敌和非目标昆虫产生一定程度的杀伤, 对生态环境造成不同程度的破坏(张广学等, 2004; 徐翔等, 2005)。因此, 近年来, 相关领域科学家开始研究利用昆虫对 550 nm 左右的绿黄光敏

感的特性防治蛾类害虫，国内外防蛾灯（黄光灯）对多种蛾类害虫的防控技术研究取得了较好的进展（Kosaka, 1999; Yamanaka and Yase, 1999; Imura and Fukui, 2003; 蒋月丽等, 2008; 段云等, 2009; 2010; 蒋月丽等, 2018; 2020a; 2020b; 2021; 2023）。研究表明，夜间给予一定光照强度的黄绿光照射可以明显降低多种蛾类害虫的产卵量、卵孵化率和成虫寿命等（蒋月丽等, 2008; 段云等, 2009; 2010; 蒋月丽等, 2018; 2020a; 2020b; 2023），斜纹夜蛾是重要的夜出型蛾类害虫之一，而目前还未有关于黄绿光对其生物学行为影响的正式报道，因此，本研究采用3种不同光照强度黄光于夜间在室内给予斜纹夜蛾持续照射，调查其产卵前期、产卵历期、产卵量、卵孵化率及成虫寿命，统计分析黄光对斜纹夜蛾成虫产卵和寿命的影响，预期结果为利用黄光防控斜纹夜蛾提供理论指导。

1 试验材料和方法

1.1 供试昆虫

斜纹夜蛾成虫购于济源白云实业有限公司，于蛹期鉴定雌雄后，分别于养虫笼内羽化，室内保持温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $70\%\pm 10\%$ ，光周期 14 L : 10 D，羽化后的成虫饲喂 10%蔗糖水，选健壮的刚羽化的雌雄成虫备用。

1.2 试验器材及光照装置

黄光（565~585 nm）LED 灯，功率为 10 W，由鹤壁国立光电科技股份有限公司订制；日光灯管，功率 100 W，市场购得；TES-1334A 照度计，台湾泰仕制造。

光照装置：黄光灯和日光灯管悬挂在边长为 90 cm 的正方体暗室内顶部中央，通过调整悬挂高度调节光照强度。

1.3 试验方法

试验设 3 个处理组和 1 个对照组，光照强度为 50~55、30~35 和 5~10 lx 的 3 个黄光处理组，和 1 个黑暗对照组。将刚羽化的斜纹夜蛾成虫雌雄配对后，放于高透明带盖塑料瓶（直径 70 cm，高 90 cm）中，每瓶 1 对，瓶盖上打数个孔。3 个处理组白天给予 12 h 的普通日光照射，光照强度为 1 000~1 500 lx，夜间给予 12 h 的黄光持续光照，对照组为白天 12 h 的普通日光灯，光照强度为 1 000~1 500 lx，夜间 12 h 黑暗。每处理 10 对斜纹夜蛾成虫，重复 3 次。每天定时添加 10%的蔗糖水用于补充营养，并记录斜纹夜蛾雌虫的产卵数量和成虫的存活寿命，直至成虫全部死亡。同时在产高峰期卵的第 2、3、4 天，每天随机取 1 大块卵，重复 3 次，放入人工气候箱（温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $70\%\pm 10\%$ ，光周期 14 L : 10 D），观察统计其孵化情况。

1.4 数据分析

在 Excel 表格进行数据整理分析和作图，用 SPSS19.0 软件进行统计分析。不同光照强度处理进行单因素方差分析(ANOVA)，采用 LSD 检验进行差异显著性检验；雌雄成虫寿命之间的差异显著性采用 t 检验。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度黄光照射下斜纹夜蛾产卵雌虫比率

不同处理下斜纹夜蛾产卵雌虫比率分析结果如图 1 所示, 处理组与对照组之间存在显著性差异 ($df=3, F=5.338, P=0.026$)。50~55 lx 处理组 (59%) 比对照组 (83.86%) 产卵雌虫比率下降 24.86%, 且存在显著性差异, 另外, 30~35 lx 处理组和 5~10 lx 处理组与对照组三者之间无显著性差异, 30~35 lx 处理组和 50~55 lx 处理组之间差异也不显著。

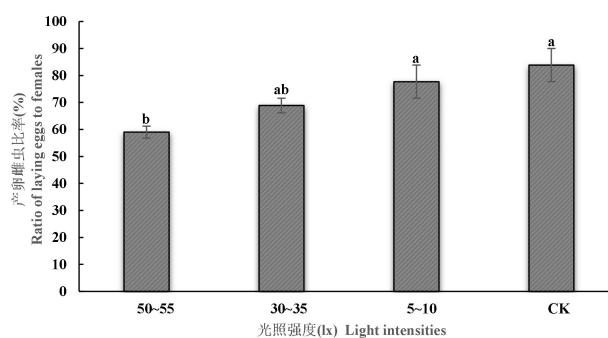


图 1 不同光照强度黄光下斜纹夜蛾产卵雌虫比率

Fig. 1 Ratio of oviposition to female in *Spodoptera litura* under yellow light with different light intensities

注: 图注上不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$), 下同。Note: Different lowercase letters on the bar represented significant differences between treatments ($P<0.05$), the same below.

2.2 不同光照强度黄光照射对斜纹夜蛾产卵前期和产卵历期的影响

通过统计分析不同处理下斜纹夜蛾产卵前期和产卵历期 (图 2), 发现不同黄光光照强度照射对斜纹夜蛾产卵前期存在一定的影响 ($df=3, F=2.901, P=0.04$), 50~55 lx 处理组的产卵前期 (6.67 d) 与对照组 (4.47 d) 相比明显延长 2 d, 30~35 lx 和 5~10 lx 处理组与对照组相比无显著性差异 ($df=3, F=2.901, P=0.039$)。3 个处理组的产卵历期与对照组相比明显缩短, 由对照组的 5.05 d 缩短为 3.58、3.7 和 3.68 d (图 2), 而在 3 个处理组之间无显著性差异。

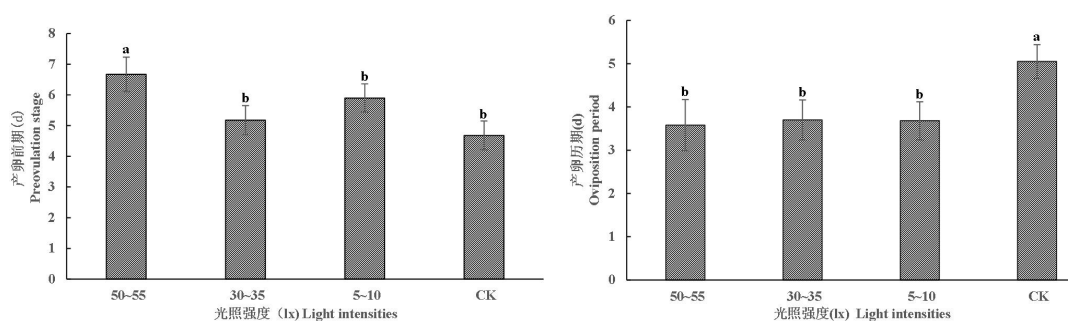


图 2 不同光照强度黄光下斜纹夜蛾的产卵前期和产卵历期

Fig. 2 Pre-oviposition period and oviposition period in *Spodoptera litura* under yellow light with different light intensities

2.3 不同光照强度黄光照射对斜纹夜蛾产卵量的影响

不同处理下斜纹夜蛾的平均单雌产卵总量和平均单雌每日产卵量的差异分析显示, 3 个处理组的平均单雌产卵总量明显低于对照组 ($df=3, F=2.865, P=0.041$), 由对照组的 835.04

粒降低至 407.85、500.42 和 521.09 粒，但在 3 个处理组之间无显著差异，说明黄光光照强度达到 5~10 lx 以上时，光照强度的强弱对斜纹夜蛾的平均单雌产卵总量无显著影响。平均单雌每日产卵量的差异显著分析发现，50~55 lx（113.43 粒）与 30~35 lx（122.16 粒）处理组明显低于对照组（196.36 粒）（ $P=0.023, 0.028$ ），5~10 lx 处理组（165.43 粒）虽然低于对照组，但差异不显著（ $P=0.347$ ），另外，与 50~55 lx（113.43 粒）与 30~35 lx（122.16 粒）处理组之间也无显著性差异（ $P=0.147, 0.194, 0.347$ ）。

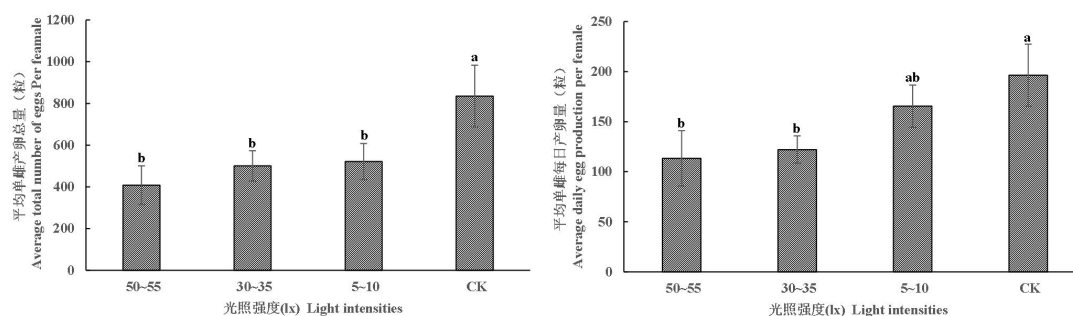


图 3 不同光照强度黄光下斜纹夜蛾的产卵量

Fig. 3 Oviposition quantity of *Spodoptera litura* under yellow light with different light intensities

2.4 不同光照强度黄光照射下斜纹夜蛾卵的孵化率

孵化率分析结果显示，在产卵高峰期的第 3 天，处理组和对照组之间存在显著差异（ $df=3, F=3.829, P=0.039$ ），50~55 lx（6.57%）和 30~35 lx（6.45%）处理组明显低于对照组（52.1%）的卵孵化率，而 5~10 lx（38.71%）处理组与对照组以及与其他两个处理组之间无显著差异。

表 1 不同光照强度黄光下斜纹夜蛾的卵孵化率

Table 1 Egg hatching rate of *Spodoptera litura* under yellow light with different light intensities

处理 Treatments	卵孵化率 (%) (平均值±标准误) Egg hatchability (mean±SE)		
	第 2 天 2 nd day	第 3 天 3 rd day	第 4 天 4 th day
50~55 lx	42.47±4.64 a	6.57±6.57 b	16.92±10.53 a
30~35 lx	31.41±13.79 a	6.45±6.45 b	12.39±12.39 a
5~10 lx	36.33±11.39 a	38.71±15.85 ab	29.35±12.78 a
CK	34.16±12.67 a	52.1±4.12 a	45.24±15.49 a

注：表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示同时间下不同处理间经 LSD 法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Note: Data were mean±SE. Different letters in the same column indicated significant difference among different treatments at the same time at $P<0.05$ level by Tukey test.

2.5 不同光照强度黄光照射对斜纹夜蛾成虫寿命的影响

不同处理下斜纹夜蛾的雌雄成虫寿命的差异分析如图 4 所示，50~55 lx 处理组（10.27 d）的雌成虫寿命明显低于对照组（12.04 d）（ $P=0.044$ ），而 30~35 lx（11.59 d）与 5~10 lx（11.55 d）处理组与对照组之间无显著差异（ $P=0.875, 0.875$ ），另外，50~55、30~35 与 5~10 lx 处理组之间也无显著性差异。雄成虫寿命在处理组与对照组之间存在显著差异（ $df=3, F=3.391, P=0.021$ ），50~55 lx（11.81 d）与 30~35 lx（11.7 d）处理组的雄成虫寿命显著低于对照组（13.96 d），而 5~10 lx（12.97 d）处理组的雄成虫寿命与对照组无显著差异。雌雄成虫寿命在对照组之间存在显著差异（ $P=0.004$ ），雄成虫寿命明显高于雌虫寿命，但在 3 个黄光处理下无显著性差异（ $P>0.05$ ）。

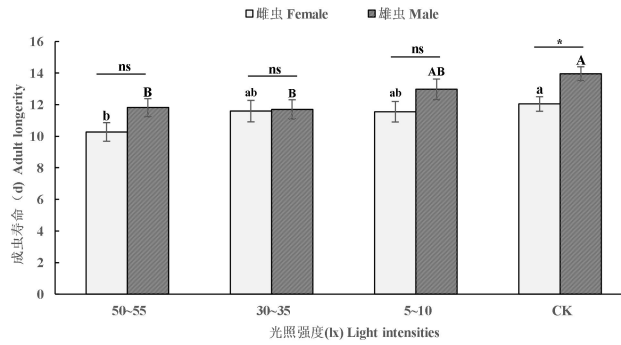


图4 不同光照强度黄光下斜纹夜蛾成虫寿命

Fig. 4 Adult longevity of *Spodoptera litura* under yellow light with different light intensities

注：图注上不同字母表示光照强度处理间差异显著 ($P<0.05$)，**表示雌雄处理间差异显著。Note: Different letters on the bar represented significant differences between light intensity treatments ($P<0.05$). ** represented significant differences between female and male treatments ($P<0.05$).

3 结论与讨论

灯光防控技术是重要的物理防控技术之一，主要是利用光对昆虫的诱集和干扰作用。近年来，研究者发现夜间给予一定光照强度的黄绿光可以干扰多种夜出型蛾类害虫的日节律，能够影响其取食、交尾、产卵、卵孵化率及成虫寿命等生物学行为（蒋月丽等，2008；段云等，2009；2010；蒋月丽等，2018；2020a；2020b；2023）。本研究发现，3个黄光处理组的产卵雌虫比率均低于对照组，50~55 lx处理组比对照组产卵雌虫比率明显下降24.86%，这说明夜间给予斜纹夜蛾黄光照射可以影响其产卵行为。对产卵的雌虫统计产卵前期和产卵历期，发现3个黄光处理组的产卵前期与对照组相比均有所延长，其中50~55 lx处理组比对照明显延长2 d，这与段云等（2016）的黄光对黏虫 *Mythimna separata* 的研究结果及蒋月丽等（2020a）的绿光对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的研究结果类似；3个黄光处理组的产卵历期相比对照组明显缩短，这与乔利等（2023）研究的240 lx和340 lx的绿光可以明显缩短灰茶尺蠖 *Ectropis griseascens* 的产卵历期结果一致，但是斜纹夜蛾需要的光照强度更低，原因可能是不同种类的夜出型蛾类害虫对黄绿光的敏感程度存在差异；而在3个处理组之间无显著性差异，说明黄光光照强度达到5~10 lx以上时，光照强度的强弱对斜纹夜蛾的产卵历期无显著影响。3个黄光处理组的单雌产卵总量均明显低于黑暗对照组，30~35 lx和50~55 lx处理组的平均每日单雌产卵量也明显低于对照组，这些说明，一定光照强度的黄光照射能显著降低斜纹夜蛾的产卵量，该结果与前人对夜出型蛾类害虫的研究结果一致（蒋月丽等，2008；2020a；段云等，2010；2016）。另外，黄光照射对斜纹夜蛾的卵孵化率也会产生一定的影响，在产卵期的第3天30~35 lx和50~55 lx处理组的卵孵化率明显低于对照组，这与其他蛾类害虫的研究结果相似（蒋月丽等，2008；2020a；段云等，2010；乔利等，2023）。50~55 lx处理组的雌成虫寿命与50~55 lx和30~35 lx处理组的雄成虫寿命均明显低于对照组，这与灰茶尺蠖的研究结果相似（乔利等，2023）。

光照对昆虫行为的影响主要取决于3个因素，光的波长、光照强度和偏振，本研究发现，在特定波长黄光处理下，不同的光照强度对斜纹夜蛾的影响程度不尽相同，比如在产卵雌虫

比率、产卵前期、单日单雌产卵量及成虫寿命几个方面表现出光照强度越大影响越明显，这与蒋月丽等（2020a）对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 的研究结论不一致，该研究发现光照强度为 10 lx 和 100 lx 对甜菜夜蛾的生物学行为影响差异不明显，原因可能是试验所采用的光照强度不尽相同，也可能是在昆虫不同种类间存在一定的差异，另外，行为试验受多种因素的影响，具体还有待更深一步的探究。不过，从总体来看，在黄光光照达到 5~10 lx 时就会对斜纹夜蛾的繁殖行为产生一定的影响，这与甜菜夜蛾的研究结论相似（蒋月丽等，2020a）

随着人民健康和生态意识的增强，人们对农产品的质量和生态环境的要求越来越高，然而，在害虫防控过程中，化学农药无节制的过量使用，导致农残超标，污染环境事件频发，严重影响食品安全和生态环境，因此，选择绿色生态的害虫防控方法至关重要。研究发现，一定光照强度内黄光灯对小白菜田夜出型蛾类害虫甜菜夜蛾和小菜蛾 *Plutella xylostella* 等有较好的防控效果且对非靶标昆虫和天敌无不良影响（蒋月丽等，2023），本研究结果表明，在室内于夜间给予一定光照强度的黄光照射可以明显干扰斜纹夜蛾的日节律，降低其繁殖能力，为斜纹夜蛾的光防控技术提供了一定的理论支撑，但是黄光灯对田间斜纹夜蛾的防控效果以及对生态环境的影响还需要进一步的验证与评估。

参考文献（References）

- Cong SB, Wang L, Wang JT, *et al.* Feeding and oviposition selectivity of *Spodoptera litura* to different host plants [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2020, 49 (12): 91-96. [丛胜波, 王玲, 王金涛, 等. 斜纹夜蛾对不同寄主植物的取食和产卵选择研究 [J]. 河南农业科学, 2020, 49 (12): 91-96]
- Du H, Zhi JZ, Zhao LJ, *et al.* Effects of extracts from *Chromolaena odorata* on growth and population parameter of *Spodoptera litura* [J]. *Journal of Biosafety*, 2022, 31 (2): 151-155. [杜浩, 只佳增, 赵丽娟, 等. 飞机草浸提液对斜纹夜蛾生长发育及种群参数的影响 [J]. 生物安全学报, 2022, 31 (2): 151-155]
- Duan Y, Miao J, Gong ZJ, *et al.* Effects of yellow light on the oviposition and adult longevity of *Mythimna separata* [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (3): 175-177. [段云, 苗进, 巩中军, 等. 黄色光对黏虫成虫产卵和寿命的影响 [J]. 植物保护, 2016, 42 (3): 175-177]
- Duan Y, Wu RH, Wu YQ, *et al.* Effects of LED illumination on the biology of *Plutella xylostella* [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2010, 1: 80-89. [段云, 吴仁海, 武予清, 等. LED 光照对小菜蛾成虫生物学的影响 [J]. 河南农业科学, 2010, 1: 80-89]
- Duan Y, Wu YQ, Jiang YL, *et al.* Effects of LED (light emitting diode) illumination on light adaptation and mating of *Helicoverpa armigera* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (9): 4727-4731. [段云, 武予清, 蒋月丽, 等. LED 光照对棉铃虫成虫明适应状态和交尾的影响 [J]. 生态学报, 2009, 29 (9): 4727-4731]
- Huang ZH, Zhao JL, Cui YH, *et al.* Investigation of pests and natural enemies in tobacco-planting field in Yuxi city, Yunnan Province [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 32 (5): 1067-1073. [黄智华, 赵进龙, 崔永和, 等. 云南玉溪烟田害虫及天敌资源调查分析研究 [J]. 西南农业报, 2019, 32 (5): 1067-1073]
- Imura T, Fukui T. Control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) by yellow fluorescent lamps on greenhouse roses [J]. *Bulletin of the Nara Prefectural Agricultural Experiment Station*, 2003, 34: 51-57.
- Jiang YL, Duan Y, Wu YQ. Effects of green-yellow light with three different wavelengths on the oviposition biology of *Spodoptera exigua* (Hübner) [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008, 35 (5): 473-474. [蒋月丽, 段云, 武予清. 三种不同波长绿—黄光对甜菜夜蛾产卵生物学影响的初步研究 [J]. 植物保护学报, 2008, 35 (5): 473-474]
- Jiang YL, Gao XG, Lu RJ, *et al.* Control effect of yellow light on moth pests and its effect on non target insects and natural enemies in pakchoi field [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2023, 45 (1): 246-252. [蒋月丽, 高新国, 鲁瑞杰, 等. 黄光灯对小白菜田蛾类害虫的防控效果及对非靶标昆虫和天敌的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2023, 45 (1): 246-252]
- Jiang YL, Guo P, Li T, *et al.* Effect of yellow and green light on the reproduction and adult longevity of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Journal of Plant Protection*, 2020a, 47 (4): 902-903. [蒋月丽, 郭培, 李彤, 等. 黄光和绿光照射对草地贪夜蛾成虫生殖和寿命的影响 [J]. 植物保护学报, 2020a, 47 (4): 902-903]

- Jiang YL, Guo P, Li T, *et al.* Interference effect study on reproductive behavior and adult longevity of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different yellow light intensity [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020b, 5: 1230-1234. [蒋月丽, 郭培, 李彤, 等. 黄光照强度对甜菜夜蛾成虫生殖行为和寿命的干扰效果 [J]. 环境昆虫学报, 2020b, 42 (5): 1230-1234]
- Jiang YL, Wu YQ, Li T, *et al.* Light and dark adaptation of adult compound eyes of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their transformation rate to light-adapted state under yellow light [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2021, 64 (9): 1120-1126. [蒋月丽, 武予清, 李彤, 等. 草地贪夜蛾成虫复眼明暗适应及黄光照射下明适应状态转化率 [J]. 昆虫学报, 2021, 64 (9): 1120-1126]
- Jiang YL, Zhang JZ, Yuan SX, *et al.* Progresses in the research and application of yellow light for pest control [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (3): 6-10. [蒋月丽, 张建周, 袁水霞, 等. 黄色灯防治害虫的研究与应用进展 [J]. 植物保护, 2018, 44 (3): 6-10]
- Kosaka S. Present status and prospect on application technique of yellow lamp to insect pest control. Yellow fluorescent lamp and its application method [J]. *Kongetsu no Nogyo Noyaku, Shizai, Gijutsu*, 1999, 43 (8): 21-25.
- Qiao L, Zhang TH, Zhou GT, *et al.* Effect of green light intensity on development and reproduction of *Ectropis griseescens* Warren [J]. *Journal of Northwest A&F University* (Nat. Sci. Ed), 2023, 51 (12): 95-100, 110. [乔利, 张天海, 周国涛, 等. 绿光照强度对灰茶尺蠖生长发育和繁殖的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2023, 51 (12): 95-100, 110]
- Tong H, Su Q, Zhou X, *et al.* Field resistance of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) to organophosphates, pyrethroids, carbamates and four newer chemistry insecticides in Hunan, China [J]. *Journal of Pest Science*, 2013, 86: 599-609.
- Wang SL, Zhang YJ, Wu QJ, *et al.* *Spodoptera litura* infestation in Beijing scallion fields [J]. *Chinese Vegetables*, 2011, 3: 32. [王少丽, 张友军, 吴青君, 等. 斜纹夜蛾在北京大葱田发生为害 [J]. 中国蔬菜, 2011, 3: 32]
- Wang YX, Zhang HR, Xia PL, *et al.* Study on the predation function and diffusivity of *Pheropsophus jessoensis* against *Spodoptera litura* [J/OL] *Journal of Southern Agriculture*. <https://link.cnki.net/urlid/45.1381.S.20231113.1024.002>. [王玉雪, 张浩然, 夏鹏亮, 等. 耶气步甲对斜纹夜蛾的捕食功能及其扩散能力研究 [J/OL]. 南方农业学报. <https://link.cnki.net/urlid/45.1381.S.20231113.1024.002>]
- Wu HH, Huang MS, Lei CL, *et al.* The spatial-temporal distribution of *Spodoptera litura* in China [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(9): 142-144. [武怀恒, 黄民松, 雷朝亮, 等. 斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)在我国的时空分布概述[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 142-144]
- Xu Y, Yin Y, Jiang F, *et al.* Application effect of frequency vibration insecticidal light in vegetable and fruit tree Parks [J]. *Science and Technology of Sichuan Agriculture*, 2005, 4: 38. [徐翔, 尹勇, 蒋凡, 等. 频振式杀虫灯在蔬菜、果树园区应用效果 [J]. 四川农业科技, 2005, 4: 38]
- Xu ZS, Xu Y, Zhang L, *et al.* Screening of *Isaria* isolates for controlling the pupae and second-instar larvae of *Spodoptera litura* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (5): 93-101. [许忠顺, 薛原, 张丽, 等. 防治斜纹夜蛾蛹和2龄幼虫的棒束孢菌株筛选 [J]. 植物保护, 2020, 46 (5): 93-101]
- Yamanaka M, Yase J. Reduction of insect damage by yellow fluorescent lamp and its effect on plant growing [J]. *Agriculture and Horticulture*, 1999, 74 (12): 1291-1296.
- Zhang GX, Zheng G, Li XJ, *et al.* Discussion of using frequency trembler grid lamps from angle of protecting biodiversity [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2004, 41 (6): 532-535. [张广学, 郑国, 李学军, 等. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (6): 532-535]
- Zhang GZ, Wu JX, Wan XW, *et al.* Disaster causes and control strategies of *Spodoptera litura* [J]. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2023, 4: 51-55. [张国芝, 吴金鑫, 万宣伍, 等. 大豆斜纹夜蛾成灾原因及防控对策 [J]. 四川农业科技, 2023, 4: 51-55]