

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2022.02.009

飞机草浸提液对斜纹夜蛾生长发育及种群参数的影响

杜浩, 只佳增, 赵丽娟, 周劲松, 刘学敏*
云南省红河热带农业科学研究所, 云南 河口 661300

摘要:【目的】明确飞机草浸提液对斜纹夜蛾生长发育和繁殖的影响。【方法】在实验室内利用不同浓度的飞机草水浸提液处理香蕉叶后喂养斜纹夜蛾幼虫,并观察记录斜纹夜蛾的生长发育情况。【结果】随着飞机草浸提液浓度的升高,斜纹夜蛾幼虫和蛹的发育历期逐渐延长,蛹重逐渐降低;母液处理下的幼虫和蛹发育历期最长,分别比对照处理延长了7.92和2.88 d,母液处理下的蛹重最轻,较对照降低了25.4%;飞机草浸提液处理降低了斜纹夜蛾低龄幼虫的存活率,对高龄幼虫和蛹的存活率影响不显著。随着飞机草浸提液浓度的升高,斜纹夜蛾种群净增值率 R_0 、内禀增长率 r_m 和周限增长率 λ 均逐渐降低,种群平均世代周期 T 和种群加倍时间 t 逐渐延长。【结论】飞机草对斜纹夜蛾具有一定的生防潜力,可应用于斜纹夜蛾的生物源农药开发研究。

关键词: 斜纹夜蛾; 飞机草; 生长发育; 种群参数



开放科学标识码
(OSID 码)

Effects of extracts from *Chromolaena odorata* on growth and population parameter of *Spodoptera litura*

DU Hao, ZHI Jiazeng, ZHAO Lijuan, ZHOU Jingsong, LIU Xuemin*
Honghe Research Institute of Tropical Agriculture, Hekou, Yunnan 661300, China

Abstract: 【Aim】 To understand the effect of *Chromolaena odorata* extract on the growth and reproduction of *Spodoptera litura*. 【Method】 In the laboratory, banana leaves were treated with different concentrations of aqueous extracts of *C. odorata* were used to feed *S. litura* larvae. The growth and development of *S. litura* were observed and recorded. 【Result】 With increasing concentrations of *C. odorata* extract, the development duration of larvae and pupae of *S. litura* gradually increased, and the weight of pupae gradually decreased. The development durations of larvae and pupae were the longest under the mother liquor ($50\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) treatment and compared with the control group were prolonged by 7.92 and 2.88 days, respectively. The pupae treated with the mother liquor had the lowest weight, which decreased by 25.4% compared with the control group. The survival rate of the young instar larvae of *S. litura* decreased with *C. odorata* extract, and there was no significant effect on the survival rate of old instar larvae and pupae. With an increase in the concentration of *C. odorata* extract, the net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r_m), and finite rate of increase (λ) of *S. litura* gradually decreased, and the mean generation time (T) and doubling time (t) gradually increased. 【Conclusion】 *C. odorata* has a certain potential in the biological control of *S. litura*, and can be used in the development of biological pesticides for *S. litura*.

Key words: *Spodoptera litura*; *Chromolaena odorata*; growth and development; population parameter

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 属鳞翅目 389 种(秦厚国等,2006)。在国外,斜纹夜蛾主要分布于东北亚、东南亚、南亚、南太平洋、美洲及非洲等地,世界性农业害虫(黄衍章等,2016),其寄主多达 109 科其中,以北非及地中海地区、亚洲的热带和亚热带地

收稿日期(Received): 2021-05-27 接受日期(Accepted): 2021-08-15
基金项目: 云南省科技人才与平台计划(202005AD160004); 云南省转制科研院所技术开发研究专项(202104AR040006)
作者简介: 杜浩,男,助理研究员。研究方向: 热作病虫害生防技术。E-mail: 1245854812@qq.com
* 通信作者(Author for correspondence): 刘学敏, E-mail: 368428262@qq.com

区、日本的西南部发生危害重;在国内,斜纹夜蛾广泛分布于各农区,以长江中下游流域以及东部沿海各省,如江西、湖北、浙江、上海等地为其常发区、重灾区(武承旭,2015)。一直以来,斜纹夜蛾的防控主要依赖化学农药,长期使用一种或一类化学农药使其抗药性逐渐增强,且易导致环境污染问题(邹金城等,2016)。因此,生态无污染、可持续的绿色防控技术越来越受到人们的重视。利用植物次生代谢产物防治害虫是绿色防控的热点之一(吴道慧等,2020)。在植物与昆虫的协同进化过程中,植物通过释放信息素与昆虫建立联系,通常寄主植物释放的信息素对昆虫具有“引诱”效果,非寄主植物释放的信息素对昆虫具有“趋避”效果(王占娣等,2019)。研究发现,蓖麻 *Ricinus communis* L.(高军等,2014)、赅桐 *Clerodendrum japonicum* Thunb.(田雯等,2020)、非洲楝 *Khaya senegalensis* Desr.(陈利标等,2015)、广藿香 *Pogostemon cablin* Benth.(张嘉慧,2016)、黄皮 *Clausena lansium* Lour.(郭成林等,2016)等多种植物提取物对斜纹夜蛾均有趋避或杀虫活性。

飞机草 *Chromolaena odorata* L.是菊科泽兰属的多年生草本或亚灌木,原产中南美洲,现广泛分布于非洲、澳洲、大洋洲和东南亚地区,已成为一种世界性的有害杂草(全国明等,2011)。该草于1934年在我国云南南部首次被发现,目前已入侵到长江以南大部分地区,2003年被列入我国第一批外来入侵物种名单(朱金方等,2020)。当前,对飞机草的研究主要集中于其生物学特性、化学成分、化感作用、表型可塑性、遗传分化等方面(党金玲等,2008;余香琴等,2010)。而有关飞机草提取物对害虫的驱避作用等也有报道:何衍彪等(2003)、彭跃峰和庞雄飞(2004)报道了飞机草提取物对小菜蛾 *Plutella lostella* L.具有较强的产卵驱避作用;洗继东等(2001)报道了飞机草提取物对荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis* Bradley 具有较好的产卵忌避作用;吕朝军等(2015)发现飞机草提取物对红脉穗螟 *Tirathaba rufivena* Walker 具有产卵忌避作用,同时还兼具杀卵活性。这些研究均揭示了开发飞机草提取物作为生物源农药防治害虫的可能性,而飞机草对斜纹夜蛾是否具有类似效应未见相关报道。因此,本研究通过探讨飞机草的水提取物对斜纹夜蛾生长发育的影响,以期飞机草提取物在害虫防控中的应用及斜纹夜蛾的绿色防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

在云南省红河热带农业科学研究所香蕉试验基地采集斜纹夜蛾2龄幼虫,以威廉斯香蕉苗嫩叶室内续代饲养建立种群。威廉斯香蕉苗为云南省河口县育苗基地购买,移栽到花盆中,长到50~70 cm高时备用(整个生长期不使用任何农药)。飞机草采自云南省红河热带农业科学研究所试验基地,现采用用,参考吴道慧等(2020)的试验方法选用浓度,将其地上部分茎叶剪成2~3 cm的小段,称取40 g,加水800 mL,在烧杯中浸泡24 h,过滤制成母液,再将母液分别加清水稀释成2、4、8倍液备用。

1.2 方法

将采集的新鲜香蕉叶剪成长15 cm、宽3 cm的条状,分别放入飞机草浸提液的母液和2、4、8倍的母液稀释液(以飞机草新鲜茎叶质量计算的浓度分别为50、25、12.5、6.25 mg·mL⁻¹)以及清水(对照)中浸泡5 s后取出,晾干叶片表面水分备用。在室内自然条件下,用软毛笔将初孵的健康幼虫接入直径3 cm、长20 cm的指形管中,管口用棉花堵塞以防止幼虫逃逸,每管1头,每处理35管,重复3次。每天定时观察斜纹夜蛾的取食情况,及时更换对应飞机草浸提液处理的香蕉叶,并清除粪便。斜纹夜蛾幼虫发育到6龄后,移入透明盒子中(长15 cm,宽15 cm,高8.5 cm,盒子上开有数个小孔)饲养,在盒内装约2 cm厚的细沙,以便其化蛹。幼虫化蛹后,用电子天平($d=0.0001$ g)称量单头蛹重。将同一处理的蛹按雌雄比1:1配对后,每盒3对重新分盒饲养,待蛹羽化后,成虫用10%的蜂蜜水喂养,雌虫产卵后,室内自然条件让其孵化,统计并记录卵化率、卵化时间等。整个试验过程中,每天定时观察1次,统计并记录斜纹夜蛾的发育历期、存活情况、产卵量和性比等各虫态对应指标。

1.3 数据分析

种群参数净增殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$, 内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$, 平均世代周期 $T = \sum x l_x m_x / R_0$, 周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$, 种群加倍时间 $t = \ln 2 / r_m$ (杜军利等, 2015; 朱俊洪等, 2005; Carey, 1993)。式中: x 为年龄(d), l_x 为种群年龄-阶段特定存活率, 即从卵发育到年龄 x 的存活率; m_x 为种群年龄-阶段特定繁殖力, 即种群在年龄 x 时的平均产卵量(张同强等, 2020)。

以上数据采用 Microsoft Excel 2003 进行统计分析和图表制作,采用 SPSS 22.0 中 Duncan’s 多重比较方法进行不同处理间差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹发育历期的影响

由表 1 可知,除 8 倍稀释液处理与对照差异不显著外,斜纹夜蛾幼虫和蛹的发育历期均显著延长。其中,母液、2 及 4 倍稀释液处理,斜纹夜蛾的幼虫历期分别较对照的 19.01 d 延长了 7.92、5.08 和 3.80 d;蛹期,4 和 8 倍稀释液处理与对照差异不显著,2 倍稀释液和母液处理,其蛹期分别较对照延长了 1.32 和 2.88 d。由此可见,飞机草浸提液处理能够延长斜纹夜蛾幼虫和蛹的发育历期,且随着浸提液浓度的升高,发育历期延长。

表 1 飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹发育历期的影响
Table 1 Effects of the extracts of *C. odorata* on the development duration of larvae and pupae of *S. liturm*

发育阶段 Developmental stage	不同浓度下的发育历期 Development duration at different concentrations/d				
	对照 Contrast	母液 Mother liquor	2 倍稀释液 2-fold diluent	4 倍稀释液 4-fold diluent	8 倍稀释液 8-fold diluent
1~3 龄 1st~3rd instar	7.24±0.78c	9.52±1.36a	8.87±0.97ab	8.03±0.86b	6.92±0.92c
4~6 龄 4th~6th instar	11.77±0.96c	17.40±1.43a	15.21±1.24b	14.79±1.51b	12.26±1.65c
幼虫期 Larvae stage	19.01±1.85c	26.93±2.07a	24.09±1.68b	22.81±2.04b	19.18±1.47c
蛹期 Pupal duration	7.95±0.85c	10.83±0.56a	9.27±0.67b	8.55±0.96bc	7.96±0.67c

同行数据(平均值±标准差)后不同小写字母表示不同处理间差异达 5%显著水平。
The data (means ± SD) in the same row with the different lowercase letters indicate a significant difference at 5% level.

表 2 飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹存活率的影响
Table 2 Effects of the extracts of *C. odorata* on the survival rate of larvae and pupae of *S. liturm*

发育阶段 Developmental stage	不同浓度下的存活率 Survival rate at different concentrations/%				
	对照 Contrast	母液 Mother liquor	2 倍稀释液 2-fold diluent	4 倍稀释液 4-fold diluent	8 倍稀释液 8-fold diluent
1 龄 1st instar	91.0±3.2a	73.1±4.2c	83.3±2.3b	90.3±4.6a	89.1±3.5a
2 龄 2nd instar	93.5±4.8a	71.4±3.7c	83.4±5.2b	92.7±2.2a	93.5±2.3a
3 龄 3rd instar	92.2±3.7a	80.1±3.3b	85.3±6.7ab	90.4±2.0a	90.8±4.9a
4 龄 4th instar	90.5±4.9a	90.5±2.8a	91.1±5.2a	89.9±1.9a	93.2±4.7a
5 龄 5th instar	93.7±5.1a	93.2±1.4a	92.0±3.7a	92.4±0.7a	93.8±3.7a
6 龄 6th instar	91.1±2.6a	90.7±3.6a	89.0±5.5a	93.2±2.3a	92.7±3.5a
预蛹期 Prepupal duration	85.7±5.2a	87.1±6.9a	90.2±6.4a	85.6±7.5a	87.6±4.9a
蛹期 Pupal duration	88.6±4.2a	85.7±5.7a	86.9±4.2a	87.3±4.2a	90.1±6.6a

同行数据(平均值±标准差)后不同小写字母表示不同处理间差异达 5%显著水平。
The data (means ± SD) in the same row with the different lowercase letters indicate a significant difference at 5% level.

2.3 飞机草浸提液对斜纹夜蛾蛹重的影响

蛹重是反映昆虫幼虫期营养状况的重要指标之一。飞机草浸提液处理的香蕉叶喂养斜纹夜蛾幼虫后,除 8 倍稀释液处理的蛹重与对照差异不显著外,其余处理的蛹重均显著低于对照,且随着浸

2.2 飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹存活率的影响

飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹存活率的影响与浸提液浓度和斜纹夜蛾幼虫的龄期有关(表 2)。飞机草浸提液母液的 4、8 倍稀释液对斜纹夜蛾幼虫和蛹的存活率均无显著影响;母液的 2 倍稀释液处理,导致斜纹夜蛾 1、2 龄幼虫的存活率显著降低,分别较对照的 91.0%和 93.5%降低了 7.7%和 10.1%,对其他龄期幼虫和蛹存活率无显著影响;母液处理,导致斜纹夜蛾 1、2 和 3 龄幼虫的存活率显著降低,分别较对照的 91.0%、93.5%和 92.2%降低了 17.9%、22.1%和 12.1%,对其他龄期幼虫和蛹存活率无显著影响。可见,飞机草浸提液对斜纹夜蛾低龄幼虫存活率有一定负面影响,对高龄幼虫和蛹的存活率影响不显著。

提液浓度的升高,蛹重降低,母液及 2、4 倍稀释液处理,蛹重相比对照分别降低了 25.4%、18.2%、9.7%。由此可见,飞机草浸提液处理对斜纹夜蛾幼虫期营养状况造成了负面影响,且飞机草浸提液浓度越高,其负面效应越大(图 1)。

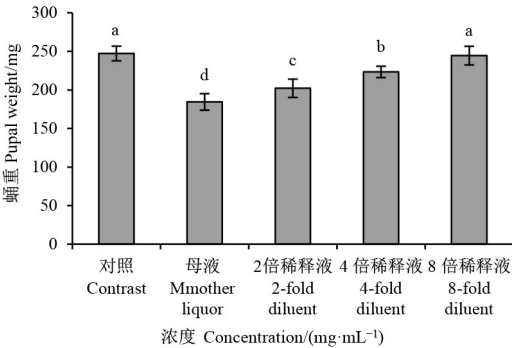


图 1 飞机草浸提液对斜纹夜蛾蛹重的影响
Fig.1 Effects of the extract of *C. odorata* on the pupal weight of *S. litura*

不同小写字母表示不同处理间差异达 5% 显著水平。
Different lowercase letters indicate a significant difference at 5% level.

2.4 飞机草浸提液对斜纹夜蛾种群参数的影响

随着飞机草浸提液浓度的升高,斜纹夜蛾种群净增值率、内禀增长率和周限增长率均呈下降趋势,母液及 2、4 和 8 倍稀释液处理,种群净增值率较对照分别降低 74.2%、54.0%、27.9% 和 8.5%,种群内禀增长率较对照分别降低 40.5%、26.4%、16.8% 和 3.1%,种群周限增长率较对照分别降低 6.3%、4.3%、2.8% 和 0.8%。随着飞机草浸提液浓度的升高,斜纹夜蛾种群平均世代周期和种群加倍时间延长,母液及 2、4 和 8 倍稀释液处理的种群平均世代周期较对照分别延长 10.6、6.5、5.0 和 0.6 d,种群加倍时间较对照分别延长 3.1、1.6、0.9 和 0.1 d(表 3)。由此可见,飞机草浸提液处理对斜纹夜蛾的种群参数造成了负面影响,且飞机草浸提液的浓度越高,其负面效应越强。

表 3 飞机草浸提液对斜纹夜蛾种群参数的影响
Table 3 Effects of the extracts of *C. odorata* on population parameters of *S. litura*

浓度 Concentrations/ (mg · mL ⁻¹)	净增殖率 (<i>R</i> ₀) Net reproductive rate	内禀增长率 (<i>r</i> _m) Intrinsic rate of increase	平均世代周期 (<i>T</i>) Mean generation time/d	周限增长率 (<i>λ</i>) Finite rate of increase	种群加倍时间 (<i>t</i>) Doubling time/d
对照 Contrast	311.27	0.1542	37.23	1.17	4.50
母液 Mother liquor	80.45	0.0917	47.83	1.10	7.56
2 倍稀释液 2-fold diluent	143.06	0.1135	43.72	1.12	6.11
4 倍稀释液 4-fold diluent	224.31	0.1282	42.21	1.14	5.41
8 倍稀释液 8-fold diluent	284.90	0.1494	37.84	1.16	4.64

3 讨论与结论

本研究发现,以飞机草浸提液处理的香蕉叶喂养斜纹夜蛾幼虫,能够延长斜纹夜蛾幼虫和蛹的发育历期,并导致斜纹夜蛾蛹重降低,且飞机草浸提液的浓度越高其负面影响越大。同时,飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹的存活率有一定影响,且其影响与飞机草浸提液的浓度和斜纹夜蛾幼虫的龄期有关。在本研究设置的浓度范围内,低浓度的飞机草浸提液对斜纹夜蛾幼虫和蛹的存活率影响较小,而高浓度的浸提液处理导致斜纹夜蛾 1~3 龄幼虫的存活率显著降低。对于继续增加飞机草浸提液的浓度,是否会导致斜纹夜蛾幼虫存活率的进一步降低,还有待进一步研究。

飞机草浸提液处理对 1~3 龄幼虫存活率的影响比 4~6 龄幼虫更大,这可能与斜纹夜蛾幼虫不同龄期对香蕉叶的取食特征有关。试验中发现,斜纹夜蛾低龄幼虫仅取食香蕉叶表层组织,而高龄幼虫能够取食香蕉叶的全部组织;本试验中处理后的香蕉叶片,飞机草浸提液更多附着于香蕉叶表面,这就导致了同

一处理中,低龄幼虫体内积累的飞机草浸提液浓度更高。王尹等(2018)的研究表现出类似现象,即取食紫茎泽兰 *Eupatorium adenophora* Spreng. 导致斜纹夜蛾幼虫和蛹的存活率降低,且其对低龄幼虫的影响更大。而吴道慧等(2020)的研究则表现出截然不同的情况,即紫茎泽兰对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) 低龄幼虫影响较小,而对高龄幼虫影响较大。这可能是由于斜纹夜蛾与草地贪夜蛾幼虫的取食特征差异,以及 2 种害虫的不同龄期幼虫的抗性差异所致。此外,在本研究中,飞机草浸提液处理对斜纹夜蛾幼虫和蛹存活率的影响有限,仅对斜纹夜蛾低龄幼虫存活率造成显著影响,其中以母液处理对斜纹夜蛾 2 龄幼虫存活率影响最大,但其存活率仍在 70% 以上。可见,若要开发飞机草提取物作为斜纹夜蛾防治的生物源农药,还需要对飞机草的趋避或杀虫活性成分加以提纯和分离研究。

昆虫的种群参数,综合考虑了昆虫种群的发育历期、各发育阶段存活率和种群繁殖力等指标,是反应昆虫种群发展趋势的综合性指标(杨玉婷等,2019)。以昆虫种群参数作为评价指标,能够较全面地反映飞

飞机草浸提液对斜纹夜蛾种群动态的影响。本研究发现,飞机草浸提液处理对斜纹夜蛾种群发展造成了负面影响,随着飞机草浸提液浓度的升高,斜纹夜蛾种群净增值率、内禀增长率和周限增长率均逐渐降低,种群平均世代周期和种群加倍时间逐渐延长。此外,昆虫的种群动态及生长发育不仅受寄主的影响,还受天敌、温度、光照、杀虫剂等生物和非生物因素的影响(王文倩等,2020;武德功等,2018;张海燕等,2006),本研究仅在室内条件下研究了飞机草浸提液对斜纹夜蛾种群参数和繁殖力的影响,对田间应用的效果还有待进一步研究。

综上所述,飞机草浸提液能够对斜纹夜蛾的生长发育和种群繁殖造成负面影响,对斜纹夜蛾具有一定的生防潜力,可应用于斜纹夜蛾的生物源农药开发研究。

参考文献

- 陈利标,冯岗,王顺清,姚监,2015. 非洲楝提取物对斜纹夜蛾的杀虫活性研究. 热带农业科学, 35(2): 42-44, 61.
- 党金玲,杨小波,岳平,黄运峰,叶凡,罗涛,高勇,2008. 外来入侵种飞机草的研究进展. 安徽农业科学, 36(24): 10539-10541, 10544.
- 杜军利,武德功,吕宁,刘长仲,2015. 不同温度条件下两种色型豌豆蚜的种群参数. 草业学报, 24(11): 91-99.
- 高军,顾爱祥,周福才,李传明,2014. 蓖麻叶片提取物对斜纹夜蛾幼虫的影响. 安徽农业科学, 42(34): 12102-12103, 12110.
- 郭成林,覃柳燕,万树青,马跃峰,覃建林,马永林,2016. 黄皮种子提取物对斜纹夜蛾幼虫的杀虫活性及有效成分鉴定. 昆虫学报, 59(8): 839-845.
- 何衍彪,谷文祥,庞雄飞,2003. 飞机草和苦槛蓝中的黄酮类提取物对小菜蛾的生物活性. 热带农业科学, 23(6): 19-25, 63.
- 黄衍章,张西仲,周再军,唐兴贵,邱克刚,苏五雷,江彤,2016. 黔南烟田斜纹夜蛾的生物防治效果. 烟草科技, 49(4): 21-25.
- 吕朝军,钟宝珠,钱军,覃伟权,苟志辉,2015. 飞机草提取物对红脉穗螟的产卵忌避及杀卵活性. 环境昆虫学报, 37(3): 604-609.
- 彭跃峰,庞雄飞,2004. 飞机草提取物对小菜蛾产卵驱避活性的研究. 资源开发与市场, 20(5): 325-327.
- 秦厚国,汪笃栋,丁建,黄荣华,叶正襄,2006. 斜纹夜蛾寄主植物名录. 江西农业学报, 18(5): 51-58.
- 全国明,毛丹鹃,章家恩,谢俊芳,徐华勤,2011. 飞机草的繁殖能力与种子的萌发特性. 生态环境学报, 20(1): 72-78.
- 田雯,薛站,霍晓敏,周康盛,卫亚丽,肖丽,吴良艳,谭承建,2020. 赖桐石油醚提取物的化学成分及其对斜纹夜蛾的杀虫活性. 贵州农业科学, 48(11): 35-38.
- 王文倩,郑亚强,陈斌,PHANGTHAVONG S,肖关丽,2020. 基于年龄-阶段两性生命表的不同寄主对马铃薯块茎蛾生长发育和繁殖力的影响. 植物保护学报, 47(3): 488-496.
- 王尹,李胜,姜丽娜,木霖,喜超,岳英,桂富荣,2018. 取食紫茎泽兰对斜纹夜蛾生长发育及繁殖的影响. 云南农业大学学报(自然科学版), 33(5): 836-841.
- 王占娣,邱乐,刘美竹,王诗琪,李太良,史云东,2019. 不同寄主植物提取液对斜纹夜蛾行为的调节作用. 浙江农业科学, 60(8): 1466-1469, 1472.
- 武承旭,2015. 斜纹夜蛾成虫行为节律及性选择研究. 硕士学位论文. 贵阳:贵州大学.
- 吴道慧,彭孝琴,张鹏英,黄禹禹,齐国君,陈婷,陈国华,张晓明,柳青,2020. 紫茎泽兰粗提物对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响. 环境昆虫学报, 42(6): 1305-1313.
- 武德功,詹秋文,黄保宏,王增霞,黄伟东,毕亚玲,刘长仲,杜军利,2018. 不同光周期对高粱蚜种群参数的影响. 昆虫学报, 61(4): 511-518.
- 洗继东,詹根祥,梁广文,周贤军,范武,2001. 植物乙醇提取物对荔枝蒂蛀虫的防治研究. 热带作物学报, 22(3): 45-50.
- 余香琴,冯玉龙,李巧明,2010. 外来入侵植物飞机草的研究进展与展望. 植物生态学报, 34(5): 591-600.
- 杨玉婷,梁玲,史彩华,谢文,张友军,2019. 不同温度下韭菜迟眼蕈蚊年龄-阶段两性实验种群生命表的构建. 植物保护, 45(1): 51-57.
- 张海燕,丛斌,田秋,付海滨,董辉,2006. 温度对感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂种群参数的影响. 昆虫学报, 49(3): 433-437.
- 张嘉慧,2016. 广藿香酮对斜纹夜蛾的生物活性及对解毒酶的影响. 硕士学位论文. 广州:华南农业大学.
- 张同强,程云霞,张蕾,罗礼智,张宝琴,江幸福,2020. 用年龄-阶段两性种群生命表研究不同寄主上草地螟种群动态的差异. 植物保护, 46(1): 101-107.
- 朱金方,赵彩云,李飞飞,柳晓燕,李俊生,2020. 不同替代修复年限对飞机草种群和本土植物群落结构的影响. 环境科学研究, 33(12): 2848-2855.
- 朱俊洪,张方平,许芬丽,任洪刚,2005. 香大蕉品种对斜纹夜蛾实验种群增长的影响. 热带作物学报, 26(2): 72-75.
- 邹金城,杨勇,杨益众,苏宏华,2016. 斜纹夜蛾核型多角体病毒研究进展. 中国生物防治学报, 32(6): 800-806.
- CAREY J R, 1993. *Applied demography for biologists: with special emphasis on insects*. Oxford: Oxford University Press.