

磁场对棉铃虫生长发育及繁殖的影响*

董兆克 戈峰**

(中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101)

摘要 棉铃虫是华北地区重要的农业害虫, 磁场可能对该害虫的生长发育存在显著影响。本试验设置不同磁场强度(零磁场、高磁场和自然磁场), 观察棉铃虫幼虫生长发育以及成虫繁殖情况。结果表明: 零磁场能明显延长幼虫历期, 平均延迟 0.4~1.7 d; 高磁场对幼虫历期没有明显影响; 幼虫存活率、蛹重、羽化率、成虫产卵量及卵孵化率等指标受磁场影响并不显著; 表明零磁场延缓幼虫发育, 但对其繁殖没有明显影响; 由于试验中高磁场强度仅有 4 Gs, 是否更高磁场有影响还需进一步验证。

关键词 零磁场; 高磁场; 历期; 存活; 幼虫; 蛹

中图分类号 S433.4 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2013)5-1265-04

Effects of magnetic field on the development and reproduction of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). DONG Zhao-ke, GE Feng** (State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(5): 1265-1268.

Abstract: Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hubner) is one of the most serious agricultural pests in Northern China, while magnetic field may have significant effects on the growth and development of *H. armigera*. In this paper, three intensities of magnetic field (zero magnetic field, high magnetic field, and natural magnetic field) were installed to observe the development and reproduction of *H. armigera*. Zero magnetic field increased the duration of larvae markedly, with a range of 0.4-1.7 d, while high magnetic field had minor effects. The larval survival rate, pupal weight, eclosion rate, egg laying amount, and egg hatching rate were less affected by magnetic field. It was suggested that zero magnetic field could delay the development of *H. armigera* larvae, but have minor effects on the reproduction of the pest. Since the intensity of high magnetic field in this study was only 4 Gs, whether the more high intensity magnetic field could affect *H. armigera* needs to be further studied.

Key words: zero magnetic field; high magnetic field; duration; survival; larvae; pupae.

磁场对生物的生命活动有着不可忽视的影响。地球本身是个巨大的磁场, 许多远距离迁徙动物依靠地磁场进行定位导航, 如候鸟 (Weindler *et al.*, 1997) 和海龟 (Lohmann & Lohmann, 1996)。研究证明, 候鸟脑部的磁性物质能够帮助它们感知磁场方向 (Wiltshcko & Wiltshcko 2005)。甚至有些趋磁细菌体内含有磁性物质, 在外界磁场的作用下能做定向运动 (孙秀兰等, 2011)。昆虫也有磁感应现象。社会性昆虫是首先引人关注的研究对象, 由于这类

昆虫利用信号交流比其他昆虫多, 它们觅食、定向都需要参考各种自然因素。有证据显示, 蜜蜂有能力使用地磁场 (Kirschvink *et al.*, 1997), 例如, 蜜蜂通过地磁场来对蜂巢进行定位, 当受到外界磁场干扰时, 蜜蜂就可能无法顺利返回蜂巢 (Walker & Bitterman 1989)。许多迁飞昆虫利用地磁进行定向 (吴先福等 2006), 如黄沫粉蝶 (Srygley *et al.*, 2006)。研究磁场对生物体的影响还处于比较初始的阶段。随着科技的发展, 人们生活环境中的磁场也越来越多。相关研究侧重在对脊椎动物和无脊椎动物健康的影响。例如, 研究极低频 (extremely low frequency) 磁场对果蝇产卵的影响, 因为这类磁场对人类健

* 国家科技支撑计划项目 (2012BAD19B05) 和国家自然科学基金重点项目 (31030012) 资助。

** 通讯作者 E-mail: gef@ioz.ac.cn

收稿日期: 2012-12-07 接受日期: 2013-02-05

康可能会有危害(Gonet *et al.* 2009)。而零磁场和恒定磁场的生物学效应研究比较缺乏,尤其缺少在昆虫方面的证据。目前关于磁场对昆虫的影响研究主要分两个方面内容,一是昆虫行为学方面,如磁场对美洲大蠊的行为影响(Newland *et al.* 2008)。二是对昆虫的生长发育影响,如以家蚕为供试昆虫(陆生海和宋亚英 2002)。

棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hubner)属鳞翅目夜蛾科,是多食性害虫,可取食20多种200多种食料植物。对棉铃虫的研究涉及范围广泛,但磁场是否对棉铃虫有影响尚未见报道。棉铃虫属于兼性迁飞昆虫,在季节迁飞中有明显的定向行为(Feng *et al.* 2009),推测棉铃虫有可能通过地磁场进行定位。本试验通过在零磁场、高磁场和自然磁场下饲养棉铃虫,观察磁场对棉铃虫的生长发育和繁殖的影响,为磁场生物学提供试验依据,同时探讨棉铃虫是否具有磁感应现象。

1 材料与方 法

1.1 磁场发生装置

本试验在室内进行,分为处理组和对照,室内无其他电子仪器干扰。图1为室内布局示意图。处理组采用特制的磁场发生装置,共设置两个磁场强度。处理一为高磁场(4Gs)装置,即能在线圈中心产生垂直地面方向的恒定均匀磁场,场强能达到4Gs的工作状态;处理二为零磁场装置,即抵消地磁场的零磁空间工作状态。磁场发生装置都是按照大线圈、中线圈、小线圈对应串联连接起来,体积约为1m³。装置线圈的大线圈产生南北方向的磁场,中线圈产

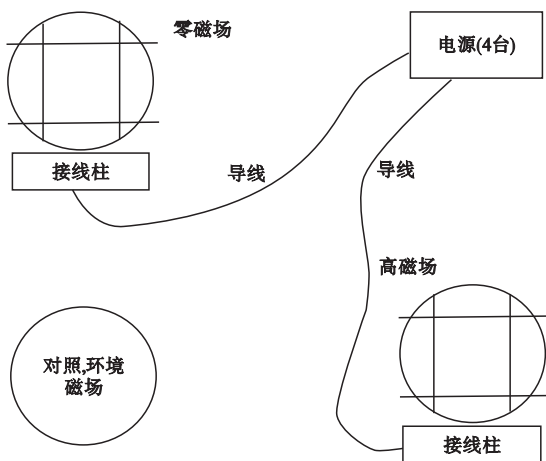


图1 磁场装置在室内的布局示意图

Fig.1 Sketch map of magnetic field devices in the room

生东西方向的磁场,小线圈产生上下方向的磁场。该装置由线圈和电源(北京大华无线电仪器厂, DH1715A, DH1719A 各一台)组成,磁场强度及方向是通过调节通入线圈中的电流大小来实现。该装置由中国科学院电工研究所生物电磁学实验室研制并调试。对照为环境磁场,选择室内距零磁场和高磁场均为3m的区域,经测量地磁场的强度为0.3~0.4Gs。

1.2 供试虫源与试验方法

供试棉铃虫购自河南省济南市白云实业有限公司。购置时的虫态为蛹,室内饲养至3龄幼虫供试。

试验从3龄幼虫开始连续饲养至成虫。幼虫单头在玻璃指形管(直径2.5cm,高8cm)内饲养,每2~3d更换一次人工饲料,每天观察记录幼虫存活和发育情况。试验进行两次,第一次试验(试验1)于2011年9—11月开展,室内环境温度18~26℃,湿度40%~60%。测定的指标分别为幼虫历期、存活率、蛹重和产卵量。第二次试验(试验2)在2012年7—9月,室内环境温度20~32℃,湿度40%~70%。测定的指标与试验1相比增加了羽化率和卵的孵化率。试验1供试幼虫初始数量分别为零磁场191头、高磁场176头、对照201头。试验2供试幼虫初始数量均为337头。幼虫化蛹后进行雌雄分类,化蛹后的第二天用电子天平称量蛹量,精确至0.1mg。

观察棉铃虫成虫羽化情况,计算羽化率。成虫羽化后最初的3d在2L的玻璃杯内群集交配,然后在一次性塑料杯(直径5cm,高15cm)内雌雄单头配对产卵,杯口覆盖纱布并用橡皮筋封住。用棉花蘸15%的蔗糖水补充营养。将塑料杯放入不同磁场环境下,每天定时更换纱布,记录产卵天数和纱布上卵粒数量。计算总产卵量和平均每头雌虫产卵量。棉铃虫卵收集起来,每个磁场环境下均有10组,每组100粒卵,在培养皿(直径9cm)内观察卵的孵化情况。每天记录孵化出的幼虫数,直至不再孵化,计算孵化率。

1.3 数据处理

历期、蛹重和产卵量数据采用单因素方差分析(one-way ANOVA)比较各处理的差异,然后再进行多重比较(LSD法)。幼虫生存情况的分析采用Kaplan-Weier法,以化蛹为结局来分析生存曲线。百分率数据采用卡方分析比较各处理之间的差异。数据分析软件使用SPSS 18.0。

2 结果与分析

2.1 磁场对棉铃虫幼虫和蛹的影响

磁场对棉铃虫幼虫历期有明显影响。试验 1 的结果显示,零磁场的幼虫历期显著长于对照 ($P=0.012$) 和高磁场 ($P=0.002$)。高磁场的幼虫历期与对照相比没有明显差异。零磁场延长了幼虫历期约 1.7 d (表 1)。试验 2 中零磁场的幼虫历期明显长于对照 ($P=0.040$) 和高磁场 ($P=0.036$)。零磁场的平均幼虫历期比对照长 0.4 d (表 1)。

试验 1 的棉铃虫蛹并未分雌雄,方差分析结果显示,蛹重在 3 种磁场下均没有明显差异。试验 2 的棉铃虫雌蛹重量在 3 种磁场下的差异不显著,而雄蛹重量在零磁场下明显高于对照 ($P=0.029$) (表 1)。

试验 1 中,3 种磁场下的幼虫存活率在试验初期下降较快,后期下降缓慢(图 2)。零磁场与对照之间的生存情况有极明显差异 ($P=0.001$)。高磁

场与对照的生存率也有明显差异 ($P=0.019$)。差异主要出现在前 6 天,即 3~5 龄幼虫期,零磁场和高磁场的幼虫生存率均高于对照。试验 2 中,3 种磁场下的幼虫生存率比较相似,前 3 天(3~4 龄幼虫期)幼虫存活率迅速下降至较低水平,随后几天的存活率比较稳定(图 3)。对生存曲线的比较分析结果显示,3 种磁场下的生存曲线没有显著差异。

2.2 磁场对棉铃虫成虫的影响

3 种磁场的成虫羽化率均在 90% 以上,零磁场、高磁场与对照相比均没有显著差异。

零磁场的棉铃虫产卵量与对照相比差异接近显著水平 ($P=0.062$),高磁场的产卵量与对照之间没有显著差异(表 1)。3 种磁场的棉铃虫产卵期均持续 7 天,其中约 90.7% 的卵产在前 4 天。各磁场的棉铃虫日均产卵量均在第 1 天最多,随后逐渐降低。

磁场对棉铃虫卵的孵化率没有明显影响。各磁场的卵孵化率偏低,范围在 30.8%~31.6% (表 1)。

表 1 不同磁场强度下棉铃虫的生长发育和繁殖情况

Table 1 Performances of *Helicoverpa armigera* in different magnetic fields

处理	磁场强度	供试幼虫数 (头)	3 龄至蛹历期 (d)	蛹重(mg)		羽化率 (%)	产卵量 (粒)	孵化率 (%)
				♀	♂			
试验 1	零磁场	191	8.8±0.2 a	226.7±10.0 a				
	高磁场	176	7.0±0.4 b	244.4±8.9 a				
	对照	201	7.1±0.7 b	237.3±10.6 a				
试验 2	零磁场	337	7.8±0.1 a	284.1±7.1 a	299.3±8.5 a	97.4	531.5±32.1 a	30.8
	高磁场	337	7.5±0.1 b	268.5±9.2 a	291.5±9.0 ab	95.8	477.6±17.6 a	31.6
	对照	337	7.4±0.1 b	278.0±10.7 a	266.5±11.1 b	91.1	465.7±10.2 a	30.8

数据为平均值±标准误,数据后的不同字母表示差异显著($P<0.05$ LSD 检验)。

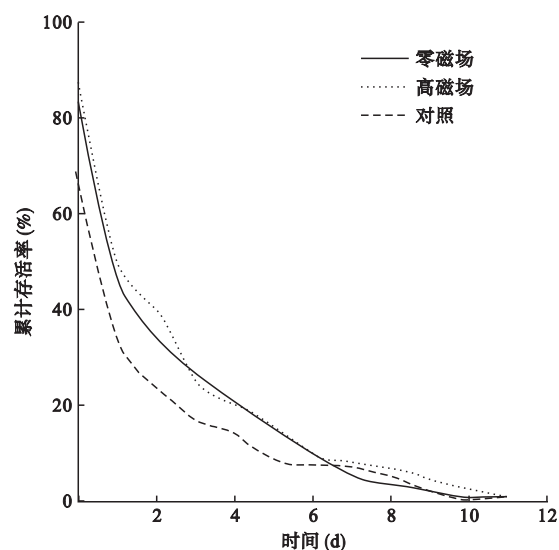


图 2 试验 1 的不同磁场下棉铃虫幼虫生存曲线
Fig.2 Survival curves of *Helicoverpa armigera* in different magnetic fields in experiment 1

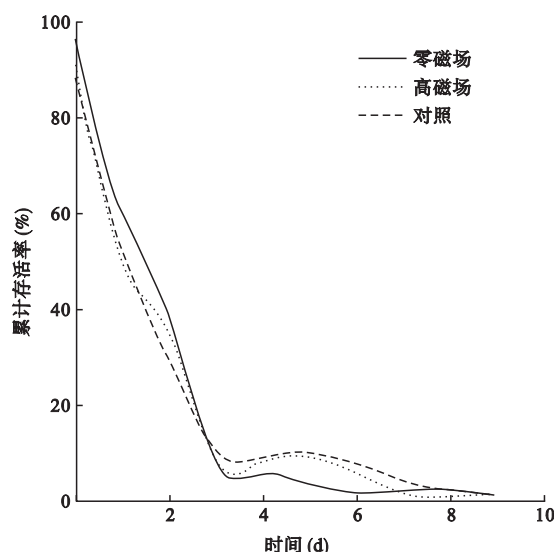


图 3 试验 2 的不同磁场下棉铃虫幼虫生存曲线
Fig.3 Survival curves of *Helicoverpa armigera* in different magnetic fields in experiment 2

3 讨论

零磁场下棉铃虫开始化蛹的时间滞后对照约 0.4~1.7 d。昆虫发育历期受到环境和营养因素的影响。目前尚未见零磁场对昆虫发育历期影响的报道。有关零磁场对小鼠行为的影响的研究结果显示,小鼠在零磁空间环境下的部分行为指标有变化,表现为亢奋、烦躁(王骞等 2010)。零磁场有可能影响棉铃虫幼虫的取食活动。棉铃虫幼虫可能会因零磁环境而增加活动时间,相应的减少取食时间,从而延长了幼虫历期。

以幼虫存活率为例,从总体上看,磁场并没有对幼虫生存情况有明显影响,试验 1 的结果暗示零磁场和高磁场下 3~4 龄幼虫存活率较高,但试验 2 并没有重复这一发现,因此,磁场是否对幼虫存活率有影响还需进一步验证。零磁场、高磁场对棉铃虫蛹重几乎没有影响,仅试验 2 的雄蛹重量在零磁场下比对照高。磁场对成虫繁殖没有明显影响。产卵量和孵化率在各种磁场环境下均比较接近。在家蚕上的研究显示,采用适当剂量的恒定磁场照射可以提高家蚕卵的孵化率,促进家蚕生长发育,场强大且辐射时间短的作用剂量所产生的效应较明显(陆生海和宋亚英,2002)。磁场的生物学效应与磁场强度和辐射时间有关。本研究中的高磁场是相对于地磁场而言,增加到哪种强度会对供试昆虫有生物学效应有待深入研究。另外,如果能够连续观察多个世代的棉铃虫在磁场中的生长发育情况,有可能获得更有力的试验证据。

人类活动如高压电网的架设与运行,造成了电磁波辐射的问题。由高压输电线路和配电装置等形成的工频电磁场可能对人类健康具有潜在的为害。各国都有进行流行病学调查和生物医学研究,但目前研究结果重复性差、可变性大,仍有争议(韩毓旺等 2010)。有观察发现,昆虫飞行行为受到周围高压输电线路的影响(Orlov 1990)。已有学者从染色体变异或行为的改变等多方面研究高压电线产生的磁场可能对昆虫的负面影响,例如,美洲大蠊会避免处在电磁场中,而且磁场强度达到一定程度会改变昆虫的行为(Newland *et al.* 2008)。高压线周围磁场可能首先引起昆虫行为方面的改变,如昆虫逃离强磁场区域。

磁场在农作物的增产方面的应用已有较多研究(蒋秉植和杨健美,1994)。例如,利用零磁场进行作物诱变育种研究,在零磁场环境处理的农作物种子出现了不同程度的变异。虞秋成等(2002)利用零磁环境诱变水稻干种子,发现零磁环境对当代发芽率、成苗率、苗高和分蘖有促进生长作用。目前,

有关磁场对昆虫影响的研究尚缺乏足够的试验证据。磁场相比其他环境因素(温度、湿度等)较为微弱,其生物学效应不容易被发现。昆虫生活周期短、世代繁殖快,是较为理想的试验材料。磁场不仅影响昆虫生理活动,还在行为生态方面有着深刻的影响。作为一个新兴研究领域,应从微观到宏观多层次开展磁场对昆虫影响的研究。

致谢 本课题组欧阳芳博士在棉铃虫虫源和饲养方面提供帮助,江西农业大学本科生王恩欣协助完成试验,在此表示感谢。

参考文献

- 韩毓旺,侯亚义,都有为. 2010. 生物电磁特性与电磁生物学效应的概述及最新进展. 自然杂志, 32(6): 319-325, 331.
- 蒋秉植,杨健美. 1994. 磁场在农业上的应用及其增产效应. 河南农业科学, (1): 38-40.
- 陆生海,宋亚英. 2002. 家蚕的磁生物学效应研究. 生物学通报, (11): 28-29.
- 孙秀兰,刘伟伟,张银志,等. 2011. 趋磁细菌研究进展. 中国微生物学杂志, (6): 570-573.
- 王骞,孙华斌,王修德,等. 2010. 零磁场对小鼠行为影响的初步研究. 中国辐射卫生, (3): 275-276.
- 吴先福,封洪强,薛芳森,等. 2006. 昆虫迁飞过程中的定向行为. 植物保护, (5): 1-5.
- 虞秋成,刘录祥,徐国沾,等. 2002. 零磁空间处理水稻干种子诱变效应研究. 核农学报, 16(3): 139-143.
- Feng HQ, Wu XF, Wu B, *et al.* 2009. Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *Journal of Economic Entomology*, 102: 95-104.
- Gonet B, Kosik-Bogacka DI, Kuzna-Grygiel W. 2009. Effects of extremely low-frequency magnetic fields on the oviposition of *Drosophila melanogaster* over three generations. *Bioelectromagnetics*, 30: 687-689.
- Kirschvink JL, Padmanabha S, Boyce CK, *et al.* 1997. Measurement of the threshold sensitivity of honeybees to weak, extremely low-frequency magnetic fields. *Journal of Experimental Biology*, 200: 1363-1368.
- Lohmann KJ, Lohmann CMF. 1996. Orientation and open-sea navigation in sea turtles. *Journal of Experimental Biology*, 199: 73-81.
- Newland PL, Hunt E, Sharkh SM, *et al.* 2008. Static electric field detection and behavioural avoidance in cockroaches. *Journal of Experimental Biology*, 211: 3682-3690.
- Orlov VM. 1990. Invertebrates and high-voltage powerlines. *Journal of Bioelectricity*, 9: 121-131.
- Srygley RB, Dudley R, Oliveira EG, *et al.* 2006. Experimental evidence for a magnetic sense in Neotropical migrating butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Animal Behaviour*, 71: 183-191.
- Walker MM, Bitterman ME. 1989. Conditioning analysis of magnetoreception in honeybees. *Bioelectromagnetics*, 10: 261-275.
- Weindler P, Baumetz M, Wiltshcko W. 1997. The direction of celestial rotation influences the development of stellar orientation in young garden warblers (*Sylvia borin*). *Journal of Experimental Biology*, 200: 2107-2113.
- Wiltshcko W, Wiltshcko R. 2005. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology Sensory Neural and Behavioral Physiology*, 191: 675-693.

作者简介 董兆克,男,1981年生,博士,主要从事昆虫生态与害虫防治研究。E-mail: dongzk@ioz.ac.cn
责任编辑 张敏