

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第6期 Vol.31 No.6 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 6 期 2011 年 3 月 (半月刊)

目 次

臭氧胁迫对水稻生长以及 C、N、S 元素分配的影响	郑飞翔,王效科,侯培强,等 (1479)
高含氮稻田深层土壤的氨氧化古菌和厌氧氨氧化菌共存及对氮循环的影响	王 雨,祝贵兵,王朝旭,等 (1487)
气候年际变率对全球植被平均分布的影响	邵 璞,曾晓东 (1494)
模拟升温 and 放牧对高寒草甸土壤有机碳氮组分和微生物生物量的影响	王 蓓,孙 庚,罗 鹏,等 (1506)
广州城区生态安全岛典型植物群落结构及物种多样性	莫 丹,管东生,黄康有,等 (1515)
中亚热带湿地松人工林生长过程	马泽清,刘琪璟,王辉民,等 (1525)
潜流人工湿地中植物对氮磷净化的影响	刘树元,阎百兴,王莉霞 (1538)
模拟氮沉降对两种竹林不同凋落物组分分解过程养分释放的影响	涂利华,胡庭兴,张 健,等 (1547)
苔藓植物对贵州丹寨汞矿区汞污染的生态监测	刘荣相,王智慧,张朝晖 (1558)
三峡库区泥、沙沉降对低位狗牙根种群的影响	李 强,丁武泉,朱启红,等 (1567)
上海崇明东滩互花米草种子产量及其萌发对温度的响应	祝振昌,张利权,肖德荣 (1574)
栲-木荷林凋落叶混合分解对土壤有机碳的影响	张晓鹏,潘开文,王进闯,等 (1582)
荒漠化对毛乌素沙地土壤呼吸及生态系统碳固持的影响	丁金枝,来利明,赵学春,等 (1594)
黄土丘陵沟壑区小流域土壤有机碳空间分布及其影响因素	孙文义,郭胜利 (1604)
种间互作和施氮对蚕豆/玉米间作生态系统地上部和地下部生长的影响	李玉英,胡汉升,程 序,等 (1617)
测墒补灌对冬小麦氮素积累与转运及籽粒产量的影响	韩占江,于振文,王 东,等 (1631)
植被生化组分光谱模型抗土壤背景的能力	孙 林,程丽娟 (1641)
北方两省农牧交错带沙棘根围 AM 真菌与球囊霉素空间分布	贺学礼,陈 程,何 博 (1653)
基于水源涵养的流域适宜森林覆盖率研究——以平通河流域(平武段)为例	朱志芳,龚固堂,陈俊华,等 (1662)
黑龙江大兴安岭呼中林区火烧点格局分析及影响因素	刘志华,杨 健,贺红士,等 (1669)
大兴安岭小尺度草甸火燃烧效率	王明玉,舒立福,宋光辉,等 (1678)
长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征	张 涛,庄 平,章龙珍,等 (1687)
骨顶鸡等游禽对不同的人为干扰的行为响应	张微微,马建章,李金波 (1695)
光周期对白头鹇体重、器官重量和能量代谢的影响	倪小英,林 琳,周菲菲,等 (1703)
应用稳定同位素技术分析华北部分地区第三代棉铃虫虫源性质	叶乐夫,付 雪,谢宝瑜,等 (1714)
西花蓟马对蔬菜寄主的选择性	袁成明,郅军锐,曹 宇,等 (1720)
基于 Cyt b 基因序列分析的松毛虫种群遗传结构研究	高宝嘉,张学卫,周国娜,等 (1727)
沼液的定价方法及其应用效果	张昌爱,刘 英,曹 曼,等 (1735)
垃圾堆肥基质对不同草坪植物生态及质量特征的影响	赵树兰,廉 菲,多立安 (1742)
五氯酚在稻田中的降解动态及生物有效性	王诗生,李德鹏 (1749)
专论与综述	
景观遗传学:概念与方法	薛亚东,李 丽,吴巩胜,等 (1756)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 284 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 31 * 2011-03



封面图说:美丽优雅的新疆夏尔西里森林草地原始景观。夏尔西里国家级自然保护区建立在新疆博乐北部山区无人干扰的中哈边境上,图中雪地云杉为当地的优势树种。

彩图提供:国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

应用稳定同位素技术分析华北部分地区 第三代棉铃虫虫源性质

叶乐夫¹, 付雪^{1,2}, 谢宝瑜¹, 戈峰^{1,*}

(1. 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; 2. 黑龙江大学, 农业资源与环境学院 150086)

摘要:玉米等 C₄ 植物被认为是华北 Bt 棉种植区内第三代棉铃虫最重要的天然庇护所, 但尚缺乏直接证据。连续 2a (2006—2007 年) 利用杨树把诱集棉铃虫成虫, 进行碳稳定同位素比值的测定, 并结合棉铃虫成虫捕获时间、虫源的数量比例等, 评估 C₄ 植物在华北第三代棉铃虫期间的庇护所功能。结果表明, 第三代棉铃虫成虫来源于 C₄ 植物 (玉米) 的为 40.5%—56.8%, 与 C₃ 来源的数量上大体相当。但 C₄ 来源的成虫羽化时间比 C₃ 来源的个体明显滞后, 呈现出先少后多的特点。结果提示, C₄ 植物确实是华北第三代棉铃虫重要的庇护所, 但存在着时间上与 C₃ 来源的成虫交配不同步而失效的风险; 结果建议玉米等天然庇护所作物的种植不仅在面积上要足够, 而且播种时间上要充分考虑 C₄ 植物 (玉米) 来源的敏感棉铃虫个体的发育与 C₃ 植物寄主来源个体的同步性。

关键词: 碳稳定同位素; 寄主; 第三代; C₃ 和 C₄ 植物

Larval host types for the 3rd *Helicoverpa armigera* in Bt cotton field from North China determined by $\delta^{13}\text{C}$

YE Lefu¹, FU Xue^{1,2}, XIE Baoyu¹, GE Feng^{1,*}

1 State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 College of Agricultural Resource and Environment, Heilongjiang University, Harbin 150086, China

Abstract: Corn, as a kind of C₄ crop, was ever considered as the most important natural refuge for Bt susceptible cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, individuals in North China where Bt cotton was widely planted. However, direct and rigorous data that supported the Bt refuge function of non-cotton cultivars in the small farm and mixed planting dominated area in North China under current planting pattern is still lacking. In this study, poplar traps were set up with renewing the poplar traps weekly to collect cotton bollworm moths in Bt cotton fields from August to September of 2006—2007. The captured moths were preserved in 95% alcohol for further use in later examination in laboratory. And the carbon stable isotope $\delta^{13}\text{C}$ were determined to identify larval host types (C₃ or C₄) for the captured moths samples in North China, individually. 10 moths daily were selected among the captured days and totally 30 moths in 2006 and 20 moths in 2007 were selected for $\delta^{13}\text{C}$ detection. Our results showed that 3, 4, or 5 among 10 moths from 3 samples selected as final samples of 2006, 4 and 9 out of 10 moths in 2007, were determined as C₄ resource by the signature of $\delta^{13}\text{C}$ in moth wings, indicating its larva fed on C₄ photosynthetic plants such as corn cultivars. The left 7, 6, or 5 among 10 moths in 2006; 6 and 1 out of 10 moths in 2007 were divided into C₃ resource group with the same criteria, indicating its larva come from C₃ photosynthetic plants, such as cotton, soybean or peanut. Considering the daily moth sample size captured by poplar traps during the whole third generation of cotton bollworm, 40.5%—56.8% cotton bollworm moths during the third generation in Bt cotton field came from C₄ plants (such as corn cultivars), which was comparative with C₃ resource (such as Bt cotton

基金项目: 国家自然科学基金委重点资助项目 (31030012); 转基因生物新品种培育重大专项资助课题 (2009ZX08012-005B)

收稿日期: 2010-12-23; **修订日期:** 2011-01-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gef@ioz.ac.cn

cultivars) individuals in population size. However, the emergence time of cotton bollworm moths from C_4 phenotype individual was latter than that from C_3 resource as a whole during 2007. In other words, more moths of cotton bollworm from C_4 crops emerged in the latter than from C_3 crops. Moreover, similar variation of moth resource was also observed in 2006. Our results demonstrated that C_4 plants did serve as most important Bt refuge for the third generation cotton bollworm in North China, however exits a risk of becoming disabled for un-synchronization with C_3 resource; therefore, suggesting that a lot of C_4 phenotype moths did enter Bt cotton fields for mating and eggs laying which supplied Bt susceptible individuals and diluted the rare Bt resistant genes produced in Bt cotton field by mating with the few resistant moths and originated heterozygote progeny that was easy to be killed by high dosage of Bt toxin from transgenic plants; not only the enough planting acreage of C_4 crops was needed, but also the planting time should be planned considering the synchronization of development process of cotton bollworm from C_3 and C_4 resource.

Key Words: carbon stable isotope; host plant; the 3rd generation; C_3 and C_4 plants

棉铃虫是世界性的、广食性害虫,对棉花等经济作物危害巨大^[1-2]。由于转基因技术的发展,目前在华北地区已经普遍种植转 Bt 抗虫棉,对棉铃虫种群有很大的抑制作用^[3]。但其推广使用过程中,可能引起棉铃虫等鳞翅目昆虫抗性发展的生态风险问题一直受到极大的关注。

延缓棉铃虫等鳞翅目昆虫抗性发展的措施之一,就是通过种植其它非 Bt 转基因作物(庇护所)等策略^[4-5]。然而在我国,由于小农户经济占主体的特点,农田多种作物并存,棉田周围的其它非转基因作物被当作“天然庇护所”,并没有要求非 Bt 棉的种植^[2]。

在华北地区,棉铃虫一年发生四代^[1],主要寄主有小麦,大豆,花生,棉花和玉米。其中,第三代棉铃虫主要危害玉米和棉花^[6]。这代棉铃虫种群数量较大^[7],庇护所策略能否有效延缓棉铃虫种群 Bt 抗性上升,是关键的一代。非转基因玉米被认为是第三代重要的天然庇护所作物,但能否成为真正的“天然庇护所”,一直存在着争论。部分研究表明玉米等非棉花作物可以作为“天然庇护所”^[2,8-9];另一些研究则持保留态度,认为非棉花作物能否成为真正的“天然庇护所”尚需要直接的证据^[4,10]。

由于混合种植区域跟踪飞蛾的技术难度太大等原因,目前对玉米的庇护所功能的评估还只是调查各类田间作物上的幼虫密度,推测蛾峰各寄主来源的飞蛾数量比例,直接的证据和评估仍然缺乏^[8]。近年来,稳定同位素技术的发展为定量分析幼虫寄主的类型提供了一个重要的方法^[11]。如 Gould 等^[4]曾用测定蛾翅的碳稳定同位素比值的办法来鉴定美洲棉铃虫个体的幼虫期寄主类型(C_3 或 C_4);叶乐夫等利用稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 分析了越冬代和第一代棉铃虫蛾翅,确定它们的幼虫寄主。因此,通过稳定同位素鉴定棉田第三代棉铃虫个体分别来自 C_3 或 C_4 的数量比例,可分析玉米等 C_4 植物的“天然庇护所”功能的大小。

本研究连续 2a(2006—2007 年)在 Bt 棉田内利用杨树把诱集棉田内活动的棉铃虫成虫,再测定碳稳定同位素比值,结合棉铃虫成虫捕获时间,以明确在华北现有的种植模式下,在第三代棉铃虫发生期间玉米等 C_4 植物向 Bt 棉田提供棉铃虫成虫的比例,以及 C_4 植物来源的个体与 C_3 来源的个体在时间上的匹配程度。

1 材料与方法

1.1 黑光灯监测

2006—2007 年在河北省饶阳县植物保护观测站架设 45W 黑光灯 1 盏(降雨天自动关闭),自动在黄昏开启,每日检查并记录所诱杀昆虫种类,全年监测棉铃虫成虫数量发生动态。

1.2 杨树把诱集

黑杨 *Populus* spp. 枝叶能很好地诱集棉铃虫成虫^[12]。参考多年黑光灯监测的情况,2006—2007 年选择从 8 月下旬至 9 月上旬在棉田设置杨树把诱集并用纱网捕获的第三代棉铃虫成虫。每年选择 5 块 Bt 棉田,各个棉田大致呈“H”字形分布于 3km 范围内;每块棉田设置 3 个杨树枝把,每把 20 m 等距分布于棉田内。每年共设 15 个杨树把,每周更新 1 次杨树把。每天早晨,收集所有杨树枝把上的棉铃虫成虫。

1.3 碳稳定同位素检测

使用菲尼根气谱-质谱联用仪 253 型,标准物质采用实验室标准物氨基乙酸或纤维素^[4]。根据杨树把上成虫的数量动态,2006 年在虫量最大的 3d 把采集的虫子随机抽取(不区分雌雄)30 只(8 月 26 日,8 月 29 日,9 月 4 日)棉铃虫成虫,2007 年选取 20 只(8 月 26 日,8 月 29 日)棉铃虫成虫,共 50 只(5d,10 只/d)测定蛾翅的碳稳定同位素比值,测试精度为 1‰。

1.4 数据分析

应用 SPSS 软件,对某一日期或不同日期的两来源(C_3 植物来源的棉铃虫与 C_4 植物来源)数量之间的差异显著性用卡方检验判定。比较 C_3 、 C_4 植物来源棉铃虫个体羽化时间先后用秩和检验,差异显著性水平为 0.05。

来自 C_3 植物的棉铃虫占当年第三代的比例计算如以下公式:

$$R = \sum M_i / \sum N_i \quad (1)$$

$$M_i = N_i \times (a/10) \quad (2)$$

式中, R 是 C_3 来源的棉铃虫所占的数量比例; M_i 是特定日期采集的飞蛾中属于 C_3 来源的数量; N_i 是选择日期的当日枝把诱蛾总量; a 是选择日期内所测定的飞蛾中属于 C_3 来源的数量。

2 结果与分析

2.1 第三代棉铃虫成虫田间动态

2006—2007 年 2a 黑光灯下棉铃虫成虫总量和雌雄比监测的情况如图 1 所示,华北棉田第三代棉铃虫蛾峰主要出现在 8 月下旬到 9 月上旬之间。

2006—2007 年 8 月下旬至 9 月上旬通过杨树枝把诱集的棉铃虫成虫数量动态(图 1)进一步表明,棉田第三代蛾峰值出现在 8 月 25 日至 8 月 30 日之间;9 月初还有较小峰值出现。

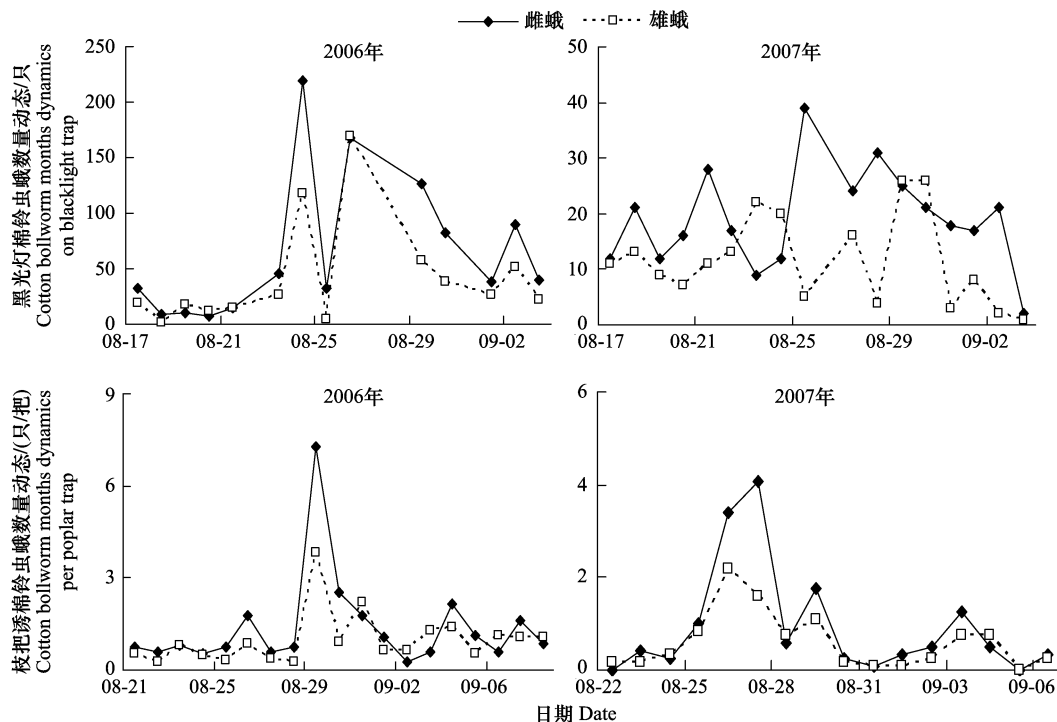


图1 棉铃虫蛾数量动态

Fig. 1 CBW moths dynamics in Northern China on blacklight trap in 2006 and 2007. Dynamics of CBW moths for the third generation on poplar trap in Northern China in 2006 and 2007

2.2 稳定同位素碳检测结果

根据图 1, 2006—2007 年杨树把采集棉铃虫蛾数量动态, 选择测定蛾峰期的 50 只棉铃虫蛾翅的碳稳定同位素比值, 其分布值如下图 2 所示。参考 Gould^[12] 对美洲棉铃虫的检测 results 及我组李哲对华北棉铃虫的测定数据, 蛾翅的稳定同位素碳比值位于 $(-28.177) - (-19.428)$ 范围的个体被判断为来自 C_3 植物寄主的棉铃虫, 共 25 只; 翅样的稳定同位素碳比值位于 $(-17.013) - (-12.382)$ 范围的个体被视为来自 C_4 植物寄主(来自 CAM(景天酸代谢植物)植物的个体在此由于没有合适的参考值, 且数量不会太大, 不作单独考虑)的棉铃虫, 共 25 只。

2.4 来源比例和时间

通过公式(1)和(2)计算可知, 2006 年, 杨树把上来自 C_3 植物的成虫占总量的 59.5%, 其余为 C_4 植物来源的个体(40.5%); 2007 年, 杨树把上来自 C_3 植物的成虫占总量的 43.2%, 其余为 C_4 植物来源的个体(56.8%)。经过统计分析, 它们之间没有显著性差异($P = 0.121$, $P = 0.058$) (图 3)。

图 3 还表明, 就单日检测的棉铃虫蛾来看, 只有 2007 年第 2 个检测日 C_4 来源的显著($\chi^2 = 12.800$ $P < 0.001$) 多于 C_3 来源的成虫数量, 其余检测日的 2 类来源的飞蛾数量差异都不显著($P > 0.05$)。进一步分析表明, 2006 年两来源成虫的捕获时间没有显著($F_{1,28} = 0.528$, $P = 0.387$); 而在 2007 年, 来自 C_4 植物的捕获时间比 C_3 植物的显著偏晚($F_{1,18} = 3.173$, $P = 0.018$)。但综合 2006—2007 两年数据比较, 两来源植物的捕获时间发生没有显著差异($F_{1,48} = 0.660$, $P = 0.449$)。

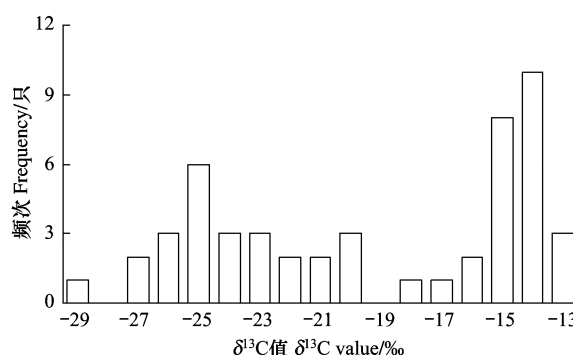


图 2 2006—2007 年华北第三代棉铃虫蛾翅碳稳定同位素比值分布图

Fig. 2 Distribution plot of the wing $\delta^{13}\text{C}$ values for the third generation CBW moths in Northern China (2006—2007)

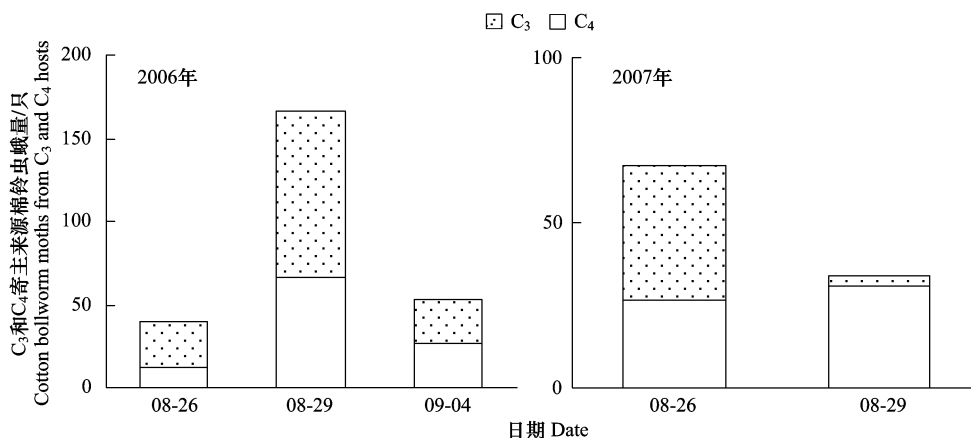


图 3 $\delta^{13}\text{C}$ 判定 2006—2007 年第三代棉铃虫 C_3 和 C_4 寄主来源蛾量

Fig. 3 Number of CBW moths for the third generation from C_3 and C_4 host plants in 2006—2007

按照取样日期内总的蛾量和 C_3 、 C_4 来源的数量比例, 表明 2006 年 C_4 来源的成虫占第三代总量的 40.5%; 2007 年 C_4 来源的成虫占第三代总量的 56.8%。2006—2007 年棉田中活动的第三代 C_4 植物来源的棉铃虫数量比例发生趋势相似, 都是随时间推移比例增加。如 2006 年, 由 8 月 26 日第三代 C_4 植物来源的 30% 增加至 29 日的 40%, 再到 9 月 4 日的 50%; 2007 年, 由 8 月 26 日的 40% 增加至 29 日的 90%。其中 2007 年 8 月 29 日, C_4 来源的棉铃虫成虫数量显著多于 C_3 来源的数量($P < 0.001$)。

3 讨论

自 1997 年以来, Bt 棉在中国棉区的种植面积比例越来越大, 至 2006 年达到了 70%, 在华北地区更是达到了 99%^[3]。研究表明, Bt 棉对害虫造成的选择压力过大会导致害虫抗性上升, 从而削弱转基因工程带来的效益^[4, 13-14], 庇护所策略是公认有效的延缓害虫抗性上升的策略^[3]。然而, 由于我国小农经济的生产格局, 非 Bt 棉作为敏感棉铃虫庇护所的策略未得到有效实施, 非棉花作物所起的作用就更显重要^[2]。

结果表明, 来源 C₄ 植物的棉铃虫数量为 40.5%—56.8%, 与 C₃ 来源的数量上大体相当, C₄ 植物确实是华北第三代棉铃虫重要的庇护所。在 2006 年选取的 3 个蛾量最大的监测日期内, 来自 C₃ 和 C₄ 植物寄主的棉铃虫在棉田内数量都相当, 其中来自 C₃ 植物寄主的棉铃虫个体所占的数量比例随时间推移有所上升; 2007 年, 在选取的 2 个蛾量最大的监测日期内, 先前一次检测结果表明两来源的成虫数量没有显著差异, 后一次 C₄ 来源的棉铃虫显著多于 C₃ 来源的; 两年的检测都表明, C₄ 来源的棉铃虫在第三代都是后期数量比例增加, 而整体第三代 C₃ 和 C₄ 植物寄主来源的棉铃虫数量上没有显著差异。戈峰等^[15]报道, 华北棉区第 1—4 代棉铃虫总死亡率分别为 98.3%、98.34%、98.69% 和 9.13%。丁岩钦^[16]等的研究表明, 华北第三代棉铃虫在玉米等 C₄ 作物田内数量巨大, 是棉田重要寄主作物库。显然, 大量 C₄ 寄主来源的棉铃虫进入棉花地, 将可能与棉田产生的少量个体交配产生后代, 从而稀释棉田棉铃虫种群内出现的少量抗性基因。

交配时间的配合也是影响非棉花作物能否作为敏感棉铃虫庇护所的策略之一。结果显示, 2007 年的第三代成虫出现在稍晚一次的取样日期内的个体更多是来自玉米, 说明玉米上生长的棉铃虫的发育成熟较晚。室内试验中观察结果表明, 来自玉米的棉铃虫整个发育历期较来自棉花上的个体长 2 d 左右^[17]; 在不同寄主及其不同部位上取食的棉铃虫, 其发育历期、蛹重、存活率、成虫的繁殖力和寿命均有显著差异^[18]; 而且, 取食玉米不同部位棉铃虫发育进度不同, 不同发育期的玉米对棉铃虫落卵影响不同^[19-20]。从而有可能导致来源 C₄ 作物的个体与 C₃ 来源的个体在时间上匹配不好。因此, 尽管非棉花作物产生的第三代棉铃虫成虫进入棉田的个体总数量与 C₃ 植物来源的个体基本相当, 但出现的时间上整体稍后, 仍存在庇护所失效的风险。

据赵建周和赵奎军报道^[21], 转 Bt 杀虫蛋白基因棉花对棉铃虫杀虫活性存在明显的时间差异和器官间的差异。其杀虫活性在华北地区的第二代棉铃虫发生期较高, 而在第三、四代发生期明显降低^[21]。谢宝瑜^[22]等提出了华北第三代棉铃虫防治的经济阈值与第二代的经济阈值比较而言偏高^[23]。由此推测第三代棉铃虫期间, 需要更多来自庇护所作物的敏感棉铃虫进入 Bt 棉田与抗性个体交配, 杂合子低抗性后代才能被毒性降低的 Bt 棉杀死。因此, 以种植玉米来进行抗性棉铃虫治理, 不仅要考虑种植面积, 而且要考虑它们之间的播种时间的耦合, 适当地增加玉米等“天然庇护所”作物的播种时间的跨度, 使生长在玉米上的棉铃虫成虫出现的时间与 Bt 棉田的棉铃虫时间上一致。

References:

- [1] Ge F, Chen F J, Parajulee M N, Yardim E N. Quantification of diapausing fourth generation and suicidal fifth generation cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in cotton and corn in northern China. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2005, 116(1): 1-7.
- [2] Wu K M, Guo Y Y. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annual Review of Entomology*, 2005, 50: 31-52.
- [3] Wu K M, Lu Y H, Feng H Q, Jiang Y Y, Zhao J Z. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 2008, 321(5896): 1676-1678.
- [4] Gould F, Blair N, Reid M, Rennie T L, Lopez J, Micinski S. *Bacillus thuringiensis*-toxin resistance management: stable isotope assessment of alternate host use by *Helicoverpa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(26): 16581-16586.
- [5] Wu K M, Guo Y Y, Gao S S. Evaluation of the natural refuge function for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) within *Bacillus thuringiensis* transgenic cotton growing areas in north China. *Journal of Economic Entomology*, 2002, 95(4): 832-837.
- [6] Ge F, Ding Y Q. Energy dynamics of *Helicoverpa armigera* population and its damage characteristics. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, 7(2): 185-190.
- [7] Ge F, Ding Y Q. Functional features of preserving natural enemies to control insect pests in intercropped cotton field ecosystems. *Chinese Journal of*

- Applied Ecology, 1997, 8(3): 295-298.
- [8] Wu K M, Feng H, Guo Y Y. Evaluation of maize as a refuge for management of resistance to Bt cotton by *Helicoverpa armigera* (Hübner) in the Yellow River cotton-farming region of China. Crop Protection, 2004, 23(6): 523-530.
- [9] U. S. Environmental Protection Agency. The Environmental Protection Agency's White Paper on Bt Plant-Pesticide Resistance Management (Washington, DC), no. 739-S-98-001, 1998. www.epa.gov/pesticides/biopesticides/white_bt.pdf.
- [10] Fitt G P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology, 1989, 34: 17-53.
- [11] Ge F. Principle and Methods of Entomological Ecology. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [12] Xiao C, Hu C H, Du J W, Zhang Z N. Behavioral responses of adult *Helicoverpa armigera* to the odors of wilted leaves of Chinese wing nut tree, *Pterocarya stenoptera*. Entomological Knowledge, 2001, 38(4): 266,278-281.
- [13] Pray C, Ma D M, Huang J K, Qiao F B. Impact of Bt cotton in China. World Development, 2001, 29(5): 813-825.
- [14] Tabashnik B E, Carrière Y, Dennehy T J, Morin S, Sisterson M S, Roush R T, Shelton A M, Zhao J Z. Insect resistance to transgenic Bt crops: lessons from the laboratory and field. Journal of Economic Entomology. 2003. 96(4):1031-1038.
- [15] Ge F, Liu X H, Ding Y Q, Wang X Z, Zhao Y F. Life-table of *Helicoverpa armigera* in Northern China and characters of population development in Southern and Northern China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(2): 241-245.
- [16] Ding Y Q, Zhang Z C. Population dynamics of the third generation cotton bollworms in corn fields of North China with reference to its effect to cotton fields. Acta Entomologica Sinica, 1994,37(3): 305-310.
- [17] Chu M L, Xu G Q, Tian B Z, Zhao Q, Zhang Y B, Gu L J, Zhao J Q, An G X. Effect of different host plants on development of cotton bollworm. Liaoning Agricultural Sciences, 1997, (3): 35-38.
- [18] Li Q S, Wang S H, Gao C R, Wang W X, Zhang X, Liu D X. Effect of cultivated host plants on development and population dynamics of cotton bollworm. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1999, 14(1): 102-106.
- [19] He Y Z, Ji Z D, Yang X D, Xu B X. Comparison of development and fecundity of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner), feeding on different organs of maize. Journal of Nanjing Agricultural University, 1998, 21(4): 47-51.
- [20] Su Z P, Zhai B P, Zhang X X, Dai S S. Distribution of eggs of *Helicoverpa armigera* on corn during different growing stages. Entomological Knowledge, 2001, 38(2):117-119
- [21] Zhao J Z, Zhao K J, Lu M G, Fan X L, Guo S T. Interactions between *Helicoverpa armigera* and transgenic Bt cotton in North China. Scientia Agricultura Sinica, 1998, 31(5): 1-6.
- [22] Xie B Y, Ding Y Q, Zhang Z C. Damage to cotton and economic threshold of third generation cotton boll worm in Northern China cotton area. Acta Ecologica Sinica, 1997,17(6): 654-659.
- [23] Sheng C F, Yang F A. Viewpoints on the study of economic thresholds of cotton bollworm. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5):720-723.

参考文献:

- [6] 戈峰, 丁岩钦. 棉铃虫种群能量动态及其为害特征分析. 应用生态学报, 1996, 7(2): 185-190.
- [7] 戈峰, 丁岩钦. 多样化的棉田生态系统控害保益功能特征研究. 应用生态学报, 1997, 8(3): 295-298.
- [11] 戈峰. 昆虫生态学原理与方法. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [12] 肖春, 胡纯华, 杜家纬, 张钟宁. 棉铃虫对萎蔫枫杨气味的行为反应. 昆虫知识, 2001, 38(4): 266,278-281.
- [15] 戈峰, 刘向辉, 丁岩钦, 王学志, 赵永发. 华北棉区各代棉铃虫生命表及南北棉铃虫发生特征研究. 应用生态学报, 2003, 14(2): 241-245.
- [16] 丁岩钦, 张占川. 华北棉区玉米田三代棉铃虫种群动态及其对棉田发生为害的作用分析. 昆虫学报, 1994,37(3): 305-310.
- [17] 褚茗莉, 许国庆, 田本志, 赵琦, 张一兵, 顾兰君, 赵季秋, 安国香. 不同寄主对棉铃虫发育的影响. 辽宁农业科学, 1997, (3): 35-38.
- [18] 李巧丝, 王淑华, 高宗仁, 王文夕, 张馨, 刘殿选. 不同寄主对棉铃虫生长发育及种群动态的影响. 华北农学报, 1999, 14(1): 102-106.
- [19] 何运转, 季正端, 杨向东, 徐宝星. 棉铃虫取食玉米不同部位对其生长发育及繁殖的影响. 南京农业大学学报, 1998, 21(4): 47-51.
- [20] 苏战平, 翟保平, 张孝羲, 戴率善. 棉铃虫卵在不同生育期玉米上的分布. 昆虫知识, 2001, 38(2):117-119.
- [21] 赵建周, 赵奎军, 卢美光, 范贤林, 郭三堆. 华北地区棉铃虫与转 Bt 杀虫蛋白基因棉花间的互作研究. 中国农业科学, 1998, 31(5): 1-6.
- [22] 谢宝瑜, 丁岩钦, 张占川. 华北棉区第三代棉铃虫对棉花为害损失与经济阈值的研究. 生态学报, 1997,17(6): 654-659.
- [23] 盛承发, 杨辅安. 棉铃虫经济阈值研究中的几个问题. 生态学报, 1999, 19(5):720-723.

CONTENTS

Influences of elevated ozone on growth and C, N, S allocations of rice	ZHENG Feixiang, WANG Xiaoke, HOU Peiqiang, et al (1479)
Coexistence, biodiversity and roles of ammonia-oxidizing archaea and anaerobic ammonium-oxidizing bacteria in deep soil layer of high nitrogen loaded paddy field	WANG Yu, ZHU Guibing, WANG Chaoyu, et al (1487)
The impact of interannual climate variability on the mean global vegetation distribution	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (1494)
Labile and recalcitrant carbon and nitrogen pools of an alpine meadow soil from the eastern Qinghai-Tibetan Plateau subjected to experimental warming and grazing	WANG Bei, SUN Geng, LUO Peng, et al (1506)
The structure and species diversity of plant communities in ecological safety islands of urban Guangzhou	MO Dan, GUAN Dongsheng, HUANG Kangyou, et al (1515)
The growth pattern of <i>Pinus elliottii</i> Plantation in central subtropical China	MA Zeqing, LIU Qijing, WANG Huimin, et al (1525)
The effect of two wetland plants on nitrogen and phosphorus removal from the simulated paddy field runoff in two small-scale Subsurface Flow Constructed Wetlands	LIU Shuyuan, YAN Baixing, WANG Lixia (1538)
Effect of simulated nitrogen deposition on nutrient release in decomposition of several litter fractions of two bamboo species	TU Lihua, HU Tingxing, ZHANG Jian, et al (1547)
Ecological monitoring of bryophytes for mercury pollution in Danzhai Mercury Mine Area, Guizhou Province, China	LIU Rongxiang, WANG Zhihui, ZHANG Zhaohui (1558)
Influence of silt deposition and sand deposition on <i>Cynodon dactylon</i> population in low-water-level-fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir	LI Qiang, DING Wuquan, ZHU Qihong, et al (1567)
Seed production of <i>Spartina alterniflora</i> and its response of germination to temperature at Chongming Dongtan, Shanghai	ZHU Zhenchang, ZHANG Liquan, XIAO Derong (1574)
Effects of decomposition of mixed leaf litters of the <i>Castanopsis platyacantha</i> - <i>Schima sinensis</i> forest on soil organic carbon	ZHANG Xiaopeng, PAN Kaiwen, WANG Jinchuang, et al (1582)
Effects of desertification on soil respiration and ecosystem carbon fixation in Mu Us sandy land	DING Jinzhi, LAI Liming, ZHAO Xuechun, et al (1594)
The spatial distribution of soil organic carbon and its influencing factors in hilly region of the Loess Plateau	SUN Wenyi, GUO Shengli (1604)
Effects of interspecific interactions and nitrogen fertilization rates on above- and below- growth in faba bean/mazie intercropping system	LI Yuying, HU Hansheng, CHENG Xu, et al (1617)
Effects of supplemental irrigation based on measured soil moisture on nitrogen accumulation, distribution and grain yield in winter wheat	HAN Zhanjiang, YU Zhenwen, WANG Dong, et al (1631)
Anti-soil background capacity with vegetation biochemical component spectral model	SUN Lin, CHENG Lijuan (1641)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin of <i>Hippophae rhamnoides</i> L in farming-pastoral zone from the two northern provinces of China	HE Xueli, CHEN Cheng, HE Bo (1653)
Study on optimum forest coverage for water conservation: a case study in Pingtonghe watershed (Pingwu section)	ZHU Zhifang, GONG Gutang, CHEN Junhua, et al (1662)
Spatial point analysis of fire occurrence and its influence factor in Huzhong forest area of the Great Xing'an Mountains in Heilongjiang Province, China	LIU Zhihua, YANG Jian, HE Hongshi, et al (1669)
Combustion efficiency of small-scale meadow fire in Daxinganling Mountains	WANG Mingyu, SHU Lifu, SONG Guanghui, et al (1678)
Community structure of demersal fish in Nature Reserve of <i>Acipenser sinensis</i> in Yangtze River estuary	ZHANG Tao, ZHUANG Ping, ZHANG Longzhen, et al (1687)
Behavioral responses of the Common Coots (<i>Fulica atra</i>) and other swimming birds to human disturbances	ZHANG Weiwei, MA Jianzhang, LI Jinbo (1695)
Effects of photoperiod on body mass, organ masses and energy metabolism in Chinese bulbul (<i>Pycnonotus sinensis</i>)	NI Xiaoying, LIN Lin, ZHOU Feifei, et al (1703)
Larval host types for the 3 rd <i>Helicoverpa armigera</i> in Bt cotton field from North China determined by $\delta^{13}\text{C}$	YE Lefu, FU Xue, XIE Baoyu, et al (1714)
Selectivity of <i>Frankliniella occidentalis</i> to vegetable hosts	YUAN Chengming, ZHI Junrui, CAO Yu, et al (1720)
Genetic structure of <i>Pine caterpillars</i> (<i>Dendrolimus</i>) populations based on the analysis of Cyt b gene sequences	GAO Baojia, ZHANG Xuwei, ZHOU Guona, et al (1727)
Pricing method and application effects of biogas slurry	ZHANG Changai, LIU Ying, CAO Man, WANG Yanqin, et al (1735)
Effects of compost from municipal solid waste on ecological characteristics and the quality of different turfgrass cultivars	ZHAO Shulan, LIAN Fei, DUO Li'an (1742)
Degradation kinetics and bioavailability of pentachlorophenol in paddy soil-rice plant ecosystem	WANG Shisheng, LI Depeng (1749)
Review and Monograph	
Concepts and techniques of landscape genetics	XUE Yadong, LI Li, WU Gongsheng, ZHOU Yue (1756)

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响力因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 6 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 6 2011

编辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

