

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2015.03.009

棉田非靶标害虫发生丰度与气象因子的关联性分析

雒珺瑜, 张 帅, 王春义, 吕丽敏, 朱香镇, 李春花, 崔金杰*

中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000

摘要:【背景】近年来,全球气候条件不断变化,其对农田生态系统和病虫害草害发生的影响较大。【方法】于2009~2013年在河南安阳田间小区系统调查了转基因棉田和非转基因棉田主要害虫种群丰度,结合5年间本地气象因素,分段分析了影响棉田主要害虫发生的关键气象因子及其关键影响时期。【结果】不同害虫发生危害的关键气象因子及其关键影响时期不同,且不同害虫种群丰度与气象因子及其影响时期有不同的相关性。影响棉蚜的关键性气象因子是1~8月的平均气温,与相对湿度和降雨量相关性较低;影响棉叶蝉的关键气象因子是1~4月的降雨量,其次是1~8月的相对湿度,而平均气温与其相关性很低;5~8月降雨量对烟粉虱有一定的抑制作用,平均气温和相对湿度对其无显著影响;影响棉蓟马的关键气象因子是平均气温,其次是5~8月相对湿度,降雨量与棉蓟马丰度相关性较低;平均气温、相对湿度和降雨量与盲蝽种群丰度的相关性很低,其发生危害可能是多种气象因子协同作用的结果。【结论与意义】本研究结果可为气候变化条件下棉田主要害虫的预测预报和防御提供理论依据。

关键词: 棉田; 非靶标害虫; 发生丰度; 气象因子; 关联性分析

Correlation between meteorological factors and abundance of non-target pests in cotton fields in Anyang, Henan Province, China

Jun-yu LUO, Shuai ZHANG, Chun-yi WANG, Li-min LÜ, Xiang-zhen ZHU, Chun-hua LI, Jin-jie CUI*

State Key Laboratory of Cotton Biology/Institute of Cotton Research of CAAS, Anyang, Henan 455000, China

Abstract:【Background】In recent years, global climate change continually, and it has a great influence on the farmland ecosystem and insect pests.【Method】How climate factors (average temperature, relative humidity and rainfall) in January to August from 2009 to 2013 affect population densities of non-target pest species in the two kinds cotton fields were systematically determined in field plot at Anyang, Henan Province.【Result】For the cotton aphid (*Aphis gossypii*), the average populatin density was correlated with temperature from January to August but not relevance with relative humidity and total rainfall. For the cotton leafhopper (*Empoasca biguttula*), the population density positively correlated with the rainfall from January to April, and negatively correlated with relative humidity from January to August. For the cotton whitefly (*Bemisia tabaci*), population density was negatively correlated with rainfall from May to August. The average temperature May to August, whereas relative humidity from May to August negatively affected *Thrips tabaci* population density. Mirids in the cotton fields are probably affected by a combination of climate factors.【Conclusion and significance】Non-target pests in the conventional and *Bt* cotton fields responded similarly to these climate factors. These results can provide a theoretical basis for forecasting population dynamics of pests, playing a very important guiding role in the prevention and treatment of cotton pests.

Key words: cotton field; non-target pest; population density; climate factors; correlation analysis

棉花是我国重要的经济作物,随着全球气候的变化及其种植面积的增加,病虫害问题愈显突出,已成为制约棉花高产、优质的关键因素。而害虫的发生危害与气象因素关系密切,气象条件可直接影响昆虫的生长发育、生存和繁殖,从而造成害虫发

生期、发生量和危害程度的变化,也可以影响寄主植物或天敌进而通过食物链影响害虫的发生(方精云,2000; Bale *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2001)。气候条件适宜与否,是昆虫种群数量发生重大变化的重要调控因素,气候条件适宜,昆虫种群多呈现上

收稿日期(Received): 2015-06-15 接受日期(Accepted): 2015-07-24

基金项目: 转基因重大专项(2014ZX08011-002)

作者简介: 雒珺瑜,女,副研究员。研究方向: 棉田害虫综合防治及转基因棉花环境安全性。E-mail: luojuny1818@126.com

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: cuijinjie@126.com

升的趋势,条件适宜的程度越高,种群数量上升越多和越快(Pinheiro *et al.*,2002)。

不同的气象因素和条件范围对不同昆虫不同发育阶段的影响不同,其发挥的作用也不同(Murugan & Uthamasamy,2001)。昆虫的生命活动与适宜的温度范围密切相关(Arif *et al.*,2006; Hughes *et al.*,2004; Kührt *et al.*,2006; Manrique *et al.*,2008),适宜的温度有利于其发生危害,不适宜的温度抑制其种群发展甚至可使种群全部死亡(Claudia & Silvia,2010; Michèle *et al.*,2002)。水(湿度)也是昆虫进行各种生命活动不可缺少的介质和成分。不同的昆虫对湿度的要求不同,湿度过大或过小都不利于昆虫的生存(Shivanna *et al.*,2011)。不同的温湿度组合引起的昆虫的生命过程不同,适温范围会因湿度的变化而改变,适宜的湿度也会因为温度的变化而偏移,所以在一定的温湿度范围内,相应的温湿度组合可以产生近似的生物效应(Aldyhim & Khalil,1993)。

目前,棉田最主要的害虫是棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、棉叶蝉 *Empoasca biguttula* (Shiraki)、棉蓟马 *Thrips tabaci* Lindemen、烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Genadius) 和棉盲蝽等刺吸性害虫(Lu & Wu,2011),每种害虫发生和发展都有其规律性,且与周围环境条件的变化有着密切的联系。气象因子在不同的时间有不同的变化规律,对不同阶段昆虫的影响规律也不同。1~4月是一年中害虫产卵、孵化的关键时期,该阶段的气象因素主要影响害虫该年度发生的虫源基数,虫源基数越大,害虫发生量越大;5~8月是害虫在棉田的主要发生和危害时期,该时期的气象因素主要影响害虫的取食和繁衍活动。因此,研究棉田害虫与气象因子的关系十分必要,可为未来全球气候变化条件下棉田虫害的预测预报及综合防治提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

中棉所49(CCRI 49)为非转基因棉花,简称常规棉,中棉所41(CCRI 41)为转 *Bt* 基因棉花,均由中国农业科学院棉花研究所遗传育种研究室提供,且均为目前我国大面积种植的主栽棉花品种。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 于2009~2013年在河南安阳中

国农业科学院棉花研究所试验农场东厂种植 CCRI 49 和 CCRI 41,株距 0.27 m,行距 0.8 m,每个品种种植 3 个小区,共 6 个小区,小区间随机排列,小区面积 300 m² 以上。棉田全生育期不使用任何化学农药,其他农事操作按常规进行。

1.2.2 气象数据 2009~2013 年气象数据由中国农业科学院棉花研究所生理生态课题组提供。

1.2.3 害虫调查方法 采用对角线五点取样方法(中华人民共和国农业部,2007)进行调查。从5月上旬至9月中旬,每5 d 调查1次2种处理棉田主要害虫及其天敌的种群数量。每个小区每次调查5个样点,每个样点连续调查2行20株棉花,共100株。详细调查和记录取样范围内地面和植株上昆虫的种类和数量,未知种类按统一编号记录。

1.2.4 数据分析方法 分别以常规棉田和转 *Bt* 基因棉田5~9月每次调查中主要害虫个体的平均值代表该棉田主要害虫种群该年的丰度,以百株虫量表示。应用 Excel 进行数据的初步计算和筛查,然后用 SPAA 17.0 软件对试验数据进行 0.05 水平多重方差分析。

2 结果与分析

2.1 2009~2013 年相关气象资料

2009~2013 年 1~8 月气象资料(表1)表明,2009、2012 和 2013 年 1~4 月平均气温相当,2010 和 2011 年平均气温有所下降;5~8 月平均气温除了 2011 年有所下降外,整体呈上升的趋势;1~8 月平均气温变化趋势与 1~4 月基本一致,表明该 5 年间 1~4 月的平均气温对每年 8 月之前的平均气温影响较大。

1~4 月相对湿度以 2009 年最高,2010、2011 和 2012 年有所下降,2013 年又有所回升;5~8 月相对湿度除了 2012 年外,均在 76.6% 以上,保持较高的相对湿度;1~8 月相对湿度变化趋势与 1~4 月基本一致,表明该 5 年间 1~4 月的相对湿度对每年 8 月之前的相对湿度影响较大。

1~8 月降雨量以 2012 年最高、2011 年最低。其中,1~4 月降雨量以 2013 年最低,为 0.0 mm;5~8 月降雨量最低为 2011 年,仅 48.6 mm。

可见,气象因子在不同的时间有不同的变化规律,因此其对棉花生长和棉田不同害虫的发生危害影响不同。

表 1 2009~2013 年 1~8 月相关气象资料(河南安阳)

Table 1 The climate data during June~September during 2009~2013 at Anyang, Henan Province

年份 Year	平均温度 Average temperature (°C)			相对湿度 Relative humidity (%)			降雨量 Rainfall (mm)		
	1~4 月	5~8 月	1~8 月	1~4 月	5~8 月	1~8 月	1~4 月	5~8 月	1~8 月
	Jan~Apr	May~Aug	Jan~Aug	Jan~Apr	May~Aug	Jan~Aug	Jan~Apr	May~Aug	Jan~Aug
2009	5.5	24.9	15.2	66.3	72.5	72.5	10.3	72.3	41.3
2010	4.4	25.0	14.7	62.7	78.8	72.5	8.3	96.5	52.4
2011	5.1	24.8	14.9	57.8	81.6	69.7	6.5	48.6	27.5
2012	5.5	25.6	15.5	58.3	66.8	62.5	36.8	106.9	71.8
2013	5.5	25.6	15.6	62.4	76.6	69.5	0.0	84.8	42.4

2.2 棉田主要害虫种群丰度

2.2.1 棉蚜种群丰度 由图 1 可见,2009~2013 年,2 种棉田棉蚜种群丰度总体呈现上升的趋势,2013 年比 2009 年分别上升了 5.7 和 5.9 倍,差异均达极显著水平;与常规棉田相比,2009~2013 年各年份转 *Bt* 基因棉田棉蚜种群丰度分别减少 10.6%、38.8%、20.4%、-1.0% 和 7.9%,但差异均不显著。这表明近年来无论是常规棉田还是转 *Bt* 基因棉田,棉蚜种群丰度均呈现逐年加重的趋势。

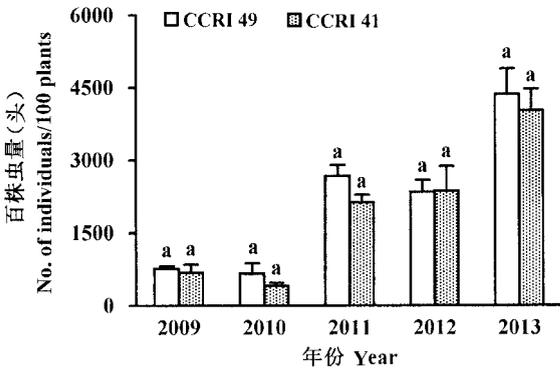


图 1 2009~2013 年常规棉田和转 *Bt* 基因棉田棉蚜种群丰度

Fig.1 The population densities of *Aphis gossypii* in conventional and *Bt* cotton fields during 2009~2013

2.2.2 棉叶蝉种群丰度 由图 2 可见,2009~2012 年,2 种棉田棉叶蝉种群丰度呈现上升的趋势,2012 年比 2009 年分别上升了 4.0 和 3.8 倍,差异均达极显著水平;但 2013 年其种群丰度明显下降,较 2012 年分别下降 69.0% 和 64.3%,差异达显著水平。与常规棉田相比,2009~2013 年各年份转 *Bt* 基因棉田棉叶蝉种群丰度分别上升 18.4%、-12.1%、65.3%、12.57% 和 29.7%,其中,2011 年差异达显著水平,其余年份差异均不显著。上述结果表明,近年来无论是常规棉田还是转 *Bt* 基因棉田,棉叶蝉种群丰度均呈现逐年加重的趋势;但 2013 年种群丰度突然下降,可能与该年度气象因素有关。

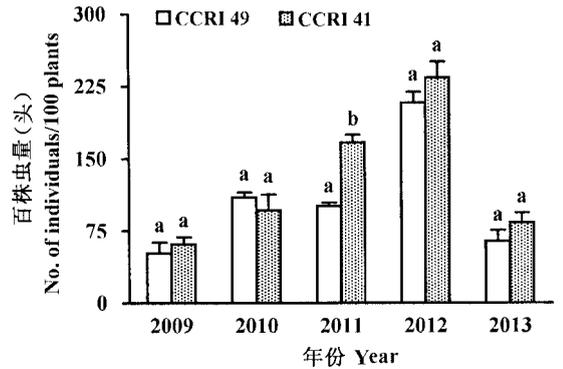


图 2 2009~2013 年常规棉田和转 *Bt* 基因棉田棉叶蝉种群丰度

Fig.2 The population densities of *Empoasca biguttula* in conventional and *Bt* cotton fields during 2009~2013

2.2.3 烟粉虱种群丰度 由图 3 可见,2009~2013 年,2 种棉田烟粉虱种群丰度呈现先上升后下降的趋势,其中 2011 年烟粉虱种群丰度最高,平均百株虫量分别达 1805.4 和 861.0 头,与其他年份差异达显著水平;与常规棉田相比,2009~2013 年转 *Bt* 基因棉田烟粉虱种群丰度分别减少 -19.8%、30.24%、52.3%、26.7% 和 20.3%,其中 2011 年差异达显著水平。这表明近年来无论是常规棉田还是转 *Bt* 基因棉田,烟粉虱种群丰度在整个生长季节未发生显著的变化,2011 年突然增加,可能与 5~8 月的相对湿度较大但降雨量较少有关。

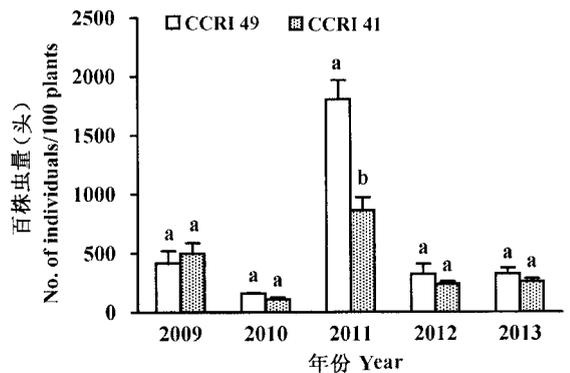


图 3 2009~2013 年常规棉田和转 *Bt* 基因棉田烟粉虱种群丰度

Fig.3 The population densities of *Bemisia tabaci* in conventional and *Bt* cotton fields during 2009~2013

2.2.4 棉蓟马种群丰度 由图4可见,2009~2011年,2种棉田棉蓟马种群丰度无明显的变化规律,2012~2013年种群丰度上升显著,2013年较2009年分别升高0.8和0.5倍,差异均达显著水平;与常规棉田相比,2009~2013年转 *Bt* 基因棉田棉蓟马种群丰度分别上升2.2%、58.8%、19.4%、6.5%和-7.0%,其中,2010年差异达显著水平。上述结果表明,近2年来无论是常规棉田还是转 *Bt* 基因棉田,棉蓟马种群丰度均呈现加重的趋势。

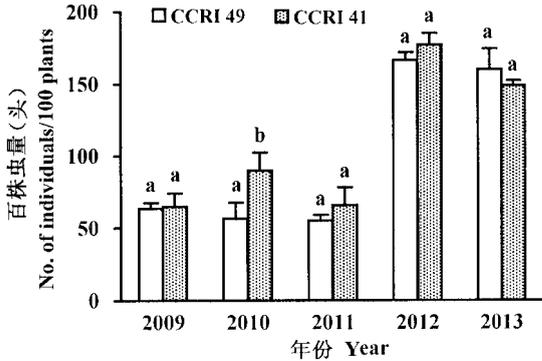


图4 2009~2013年常规棉田和转 *Bt* 基因棉田棉蓟马种群丰度

Fig.4 The population densities of *Thrips tabaci* in conventional and *Bt* cotton fields during 2009~2013

2.2.5 盲蝽(绿盲蝽 *Apolygus lucorum*、三点盲蝽 *Adelphocoris fasciaticollis* 和中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis*) 种群丰度 由图5可见,2010~2013年,2种棉田盲蝽种群丰度呈现下降的趋势,2013年下降到最低水平,平均百株虫量仅为2.9和2.8头;与常规棉田相比,2009~2013年转 *Bt* 基因棉田盲蝽种群丰度分别下降8.1%、34.4%、43.1%、17.6%和4.9%,其中,2010年差异达显著水平。上述结果表明,近年来无论是常规棉田还是转 *Bt* 基因棉田,盲蝽种群丰度均呈现下降的趋势。

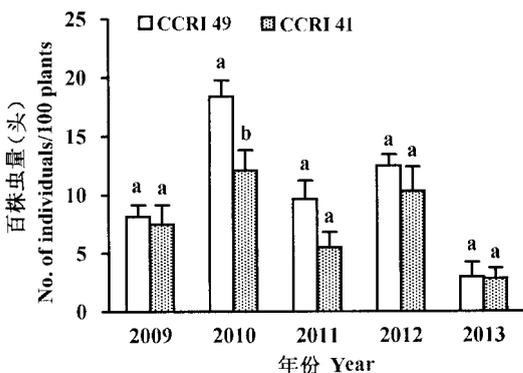


图5 2009~2013年常规棉田和转 *Bt* 基因棉田盲蝽种群丰度

Fig.5 The population densities of Miridae in conventional and *Bt* cotton fields during 2009~2013

2.3 棉田主要害虫与关键气象因子的相关性

由表2可见,不同种类害虫种群丰度与气象因素及其关键影响时期有不同的关联性。在平均气温、相对湿度和降雨量3种主要气象因子中,影响棉蚜种群丰度的关键气象因子为1~8月平均气温,其中,5~8月平均气温对棉蚜的影响最大,平均气温越高,其种群丰度越高,棉蚜发生危害越严重;相对湿度和降雨量与棉蚜发生丰度相关性较低,可能起到一定的辅助协调作用。

影响棉叶蝉种群丰度的关键气象因素为1~8月的相对湿度,其次是降雨量,相对湿度较低和降雨量较多,有利于棉叶蝉的发生危害;适宜的相对湿度条件下,1~4月的降雨量影响最大,2种棉田的相关系数分别达到0.8080和0.6230,前者呈显著正相关性;平均气温与棉叶蝉丰度相关性较低。

影响烟粉虱种群丰度的关键气象因子为1~8月降雨量,其中,5~8月降雨量对烟粉虱有重要影响,2种棉田相关系数分别达到0.7356和0.8662,且前者相关性不显著;平均气温和相对湿度与烟粉虱丰度的相关性较低。

影响棉蓟马种群丰度的关键气象因素为1~8月平均气温,其中,5~8月平均气温对棉蓟马影响较大,常规棉田和转 *Bt* 基因棉田相关系数分别达0.9775和0.9326,均达到显著正相关性;5~8月相对湿度与棉蓟马种群丰度呈负相关,且相关系数较大,分别为0.6997和0.7333,但未达到显著相关性;降雨量与棉蓟马种群丰度相关性较低。

盲蝽的发生危害与平均气温、相对湿度和降雨量3种主要气象因子均没有明显的相关性,说明单独一种气象因子不足以引起盲蝽种群丰度的变化。

综上所述,不同种类昆虫的发生丰度在个别年份有一定差异,说明不同种类昆虫对不同气象因子的响应不同。

3 讨论

本研究结果表明,不同害虫发生危害的关键气象因子和关键时期不同,且不同害虫种群丰度与气象因子及其影响时期有不同的相关性。影响棉蚜的关键气象因子为1~8月的平均气温,但未达显著性水平;与相对湿度和降雨量的相关性较小,这与 Umar *et al.* (2003)、Shivanna *et al.* (2011)、Vennila *et al.* (2007a、2007b) 的研究结果基本一致,均表明棉

蚜对温度的反应较敏感,而对相对湿度和降雨量敏感性较差。影响棉叶蝉的关键气象因子为 1~4 月的降雨量和 1~8 月的相对湿度,平均气温对其影响未达显著水平。对烟粉虱起关键负面影响的是降雨量,但未达显著水平;平均气温、相对湿度与其相

关性很低,而 Ghafoor *et al.* (2011) 研究表明,温度对烟粉虱有显著的负面影响,相对湿度对其有正面影响,这可能是由于不同地区烟粉虱的生态类型不同,从而对气象因子的适应度不同。

表 2 2 种棉田主要害虫与 3 种关键气象因子的相关性

Table 2 Correlation between densities of several piercing-sucking pests in conventional and *Bt* cotton and the three microclimate factors in critical periods

害虫种类 Pests	月份 Month	平均温度 Average temperature (°C)				相对湿度 Relative humidity (%)				降雨量 Rainfall (mm)			
		CCRI 49		CCRI 41		CCRI 49		CCRI 41		CCRI 49		CCRI 41	
		<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i>	<i>R</i> ²
棉蚜	1~4	1618.6	0.2437	1764.5	0.3193	-183.0	0.1739	-163.4	0.1530	-20.9	0.0376	-9.5	0.0086
<i>Aphis gossypii</i>	5~8	2478.0	0.4259	2686.0	0.5518	-69.0	0.0800	-93.3	0.1613	-7.1	0.0109	0.1	0.0001
	1~8	2670.7	0.4305	2902.6	0.5608	-148.7	0.1569	-170.3	0.2270	-14.51	0.0242	-3.5	0.0016
棉叶蝉	1~4	-5.8	0.0019	16.7	0.0121	-12.2	0.4809	-17.9	0.7776*	3.9	0.8080*	3.9	0.6230
<i>Empoasca biguttula</i>	5~8	61.3	0.1624	53.9	0.0940	-7.2	0.5396	-7.5	0.4376	1.59	0.3262	0.7	0.0482
	1~8	30.8	0.0356	43.9	0.0541	-13.0	0.7431	-15.4	0.7856*	2.99	0.6108	2.1	0.2423
烟粉虱	1~4	16.5	0.0001	143.9	0.0509	-107.4	0.3053	-24.3	0.0809	-10.3	0.0462	-4.9	0.0550
<i>Bemisia tabaci</i>	5~8	-844.1	0.2517	-418.2	0.3206	37.3	0.1191	16.1	0.1152	-25.7	0.7356	-12.3	0.8662*
	1~8	-472.3	0.0686	-129.4	0.0267	4.9	0.0009	10.2	0.0195	-25.2	0.4671	-13.5	0.5509
棉蓟马	1~4	71.8	0.3397	40.8	0.1395	-4.4	0.0721	-5.2	0.1265	1.7	0.1828	2.0	0.3037
<i>Trips tabaci</i>	5~8	141.1	0.9775**	122.2	0.9326**	-7.7	0.6997	-7.0	0.7333	1.5	0.3412	1.7	0.5415
	1~8	136.4	0.7950*	101.6	0.5616	-10.7	0.5756	-10.1	0.6581	2.1	0.3445	2.3	0.5547
盲蝽 Mirid	1~4	-9.9	0.6521	-4.7	0.3500	-0.2	0.0227	0.01	0.0001	0.1	0.1374	0.1	0.3241
	5~8	-5.2	0.1337	-1.9	0.0409	0.1	0.0127	0.08	0.0171	0.1	0.1428	0.1	0.3238
	1~8	-10.6	0.4860	-4.7	0.2262	0.1	0.0005	0.10	0.0109	0.1	0.1767	0.11	0.4067

R 为回归系数; *R*² 为相关系数。* 表示在 0.05 水平上差异显著; ** 表示在 0.01 水平上差异显著。

R is regression coefficient; *R*² is correlation coefficient. * Significant at *P*<0.05; ** Significant at *P*<0.01.

对棉蓟马起关键作用的气象因子为 5~8 月的平均气温,呈显著正相关关系,其次是 5~8 月相对湿度,但相对湿度和降雨量均没有达到显著相关性,与 Khan *et al.* (2010)、Vennila *et al.* (2007a) 的研究结果一致。Lu & Wu (2011) 在室内设置不同相对湿度对绿盲蝽生物学特性的研究表明,较高的湿度有利于绿盲蝽的生长发育;而本研究结果表明,平均气温、相对湿度和降雨量对盲蝽均无显著影响。这可能是由于前者为单一相对湿度起作用,而后者是在田间自然状态下多种气象因子共同作用的结果。

未来气候变化可能对农业害虫的影响是害虫治理的一个新的挑战 (Crawford *et al.*, 1989)。因此,随着全球气候的变化,在研究单个物种响应单一非生物因子的同时,研究多种非生物因素之间的交互作用及其对生态系统中昆虫丰度及发生规律的影响,对农田害虫的监测具有重要意义。

参考文献

方精云. 2000. 全球生态学: 气候变化与生态响应. 北京: 高等教育出版社; 施普林格出版社.

中华人民共和国农业部. 2007. 农业部 953 号公告—12.4—2007 转基因植物及其产品环境安全检测 抗虫棉花 第 4 部分: 生物多样性影响. <http://www.doc88.com/p-0406863223780.html>.

Aldyhim Y N and Khalil A F. 1993. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on cucurbitapepo. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 67: 167-172.

Arif M J, Gogi M D, Mirza M, Khuram Z and Faisal H. 2006. Impact of plant spacing and abiotic factors on population dynamics of sucking insect pests of cotton. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 1364-1369.

Bale J S, Masters G J, Hodkinson I D, Awmack C and Bezemer T M. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8: 1-16.

- Chen C C and McCarl B A. 2001. An Investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. *Climatic Change*, 50: 475-487.
- Claudia N H and Silvia D. 2010. Relationship between behavior and physiology in an invasive pest species; oviposition site selection and temperature-dependent development of the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) theses mutants are incorporated into the model. *Environmental Entomology*, 39: 561-569.
- Crawford J W, Duncan J M, Ellis R P, Griffiths B S, Hillman J R, MacKerron D K L, Marshall B, Ritz K, Robinson D, Wheatley R E, Woodford J A T and Young I M. 1989. *Global Warming: the Implications for Agriculture and Priorities for Research*. Invergowrie, Dundee: Scottish Crop Research Institute.
- Ghafoor A, Hassan M, Alvi Z H and Kousar. 2011. Impact of different varieties of stub cotton on population dynamics of whitefly at Faisalabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 43: 25-28.
- Hughes J, Hern A and Dorn S. 2004. Preimaginal environmental buences adult bight in cydiamolesta (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 33: 1155-1162.
- Kührt U, Samietz J and Dorn S. 2006. Thermal response of adult codling moths. *Physioly Entomology*, 31: 80-88.
- Lu Y H and Wu K M. 2011. Effect of relative humidity on population growth of *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology*, 46: 421-427.
- Manrique V J, Cuda P, Overholt W A and Diaz R. 2008. Temperature-dependent development and potential distribution of *Episim usutulis* (Lepidoptera: Tortricidae), acandidate biological control agent of *Brazilian peppertree* (Sapindales: Anacardiaceae) in Florida. *Environmental Entomology*, 37: 862-870.
- Michèle R, Jacques B and Conrad C. 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology*, 31: 177-187.
- Murugan M and Uthamasamy S. 2001. Dispersal behaviour of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* under cotton based garden land agro-ecosystem of Coimbatore. *Madras Agricultural Journal*, 88: 1-6.
- Pinheiro F, Diniz I R, Coelho D and Bandeira M P S. 2002. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecology*, 27: 132-136.
- Shivanna B K, Gangadhara N B, Basavaraja M K, Nagaraja R, Kalleswara Swamy C M and Karegowda C. 2011. Impact of abiotic factors on population dynamics of sucking pests in transgenic cotton ecosystem. *International Journal of Sciences Natural*, 2: 72-74.
- Umar M S, Arif M J, Murtaza M A, Gogi M D and Salman M. 2003. Effect of abiotic factors on the population fluctuation of whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) innectaried and nectariless genotypes of cotton. *International Journal of Agricultural Biology*, 5: 362-368.
- Vennila S, Biradar V K, Sabesh M and Bambawale O M. 2007a. *Know Your Cotton Insect Pest Thrips*. Crop Protect, Folder series: 3.
- Vennila S, Biradar V K, Sabesh M and Bambawale O M. 2007b. *Know Your Cotton Insect Pest Whiteflies*. Crop Protect, Folder series: 4.

(责任编辑:杨郁霞)

