应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(4): 1104–1113. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.131

1991—2010 年中国棉花病虫害经济损失分析*

房 雪[1] GE Saiying[2] 张永生[3] 曹 婧[3] 欧阳芳[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. Fisher College of Business，Ohio State University Columbus，Ohio 43210；3. 湖南农业大学 植物保护学院，长沙 410128）

摘 要 **【目的】** 棉花病虫害发生种类繁多和暴发频繁，是威胁我国棉花安全生产的重要因素，但对其变化趋势与实际危害损失不清楚。**【方法】** 本文利用中国植物保护统计数据、棉花产量数据和农田土地覆盖类型分布遥感数据，重点分析了中国 1991—2010 年 20 年期间棉花病虫害发生面积、防治程度、挽回损失量、挽回损失率和实际损失率的变化趋势。**【结果】** **分析**结果表明：1）1991 到 2010 年棉花虫害发生面积、防治面积分别下降 24.2%和 15.1%，但由于害虫发生强度增加 15.9%，导致虫害防治后挽回损失量和实际损失量仍分别增长 25.3%和 22.4%；而棉花病害发生面积、防治面积、防治后挽回损失量与实际损失量都分别增加了 16.2%，38.3%，303.8%和 175.4%。2）无论是发生面积、防治面积、防治后挽回损失量拟或实际损失量，棉花虫害造成的影响程度均高于病害。3）尽管开展了一系列控制措施，但棉花病虫害实际损失率还是从 1991 年的 4.0%上升到 2010 年的 5.7%；其中，由于虫害引起实际损失量从 1991 年的 19.06 万 t 到 2010 年的 23.33 万 t，病害引起棉花实际损失量从 3.90 万 t 到 10.72 万 t。4）1991—2010 年 20 年期间棉花病虫害主要分布在我国黄河流域和新疆地区。**【结论】** 我国棉花病虫害危害仍严重，而且未来有加重的趋势。建议加强农田景观变化和气候变化等对棉花病虫害发生与灾变的风险评估和监测预警，开展区域性棉花病虫害综合治理研究，并建立相应的对策。

关键词 棉花，虫害，病害，发生面积，挽回损失量，实际损失量，经济评估

Analysis of economic loss from pest insects and plant disease in cotton of China during 1991-2000

FANG Xue[1] GE Sai-Ying[2] ZHANG Yong-Sheng[3] CAO Jing[3] OUYANG Fang[1**]

(1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2, Fisher College of Business, Ohio State University Columbus, Ohio 43210, USA;
3. College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract **[Objectives]** Cotton is an important economic crop in China. Frequent outbreaks of biological disasters such as plant disease and pest insect has been threatening the cotton production in China since 1991. **[Methods]** In current study, by using 20 years' statistical data of cotton protection, cotton yields and occurrence of pathogens and pest insects, we mainly analyzed the potential tendency of occurrence areas, yield enhance after control, actual loss yield after control of cotton pest insect and disease from 1991 to 2010. **[Results]** Firstly, with respect to the pest insect, the occurrence areas and control areas decreased 24.2% and 15.1% while yield enhance after control, actual loss yield after control increased 25.3% and 22.4%, respectively. With respect to the pathogen disease, the occurrence areas, control areas, yield enhance after control, actual loss yield after control all increased 16.2%, 38.3%, 303.8% and 175.4%, respectively. Secondly, the occurrence areas, control areas, yield enhance after control, actual loss yield after control from pest insect were higher than these from pathogen diseases. Thirdly, although we took a series of control measures, the actual loss yield rate caused by insect pest and pathogen disease were elevated from 4.0% in 1991 to 5.7% in 2010. Specifically, the actual loss yield caused by pest insect and pathogen

* 资助项目：环保部专项（STSN-04-04）；国家科技支撑计划项目（2012BAD19B05）和国家自然科学基金项目（31200321）
**通讯作者，E-mail: ouyangf@ioz.ac.cn
收稿日期：2014-07-16，接受日期：2014-07-23

disease was increased from 19.06 ton and 3.90 ton in 1991 to 23.33 ton and 10.72 ton in 2010, respectively. Finally, pathogen diseases and pest insects of cotton mainly occurred in Middle and Eastern regions as well as Xinjiang's districts of China. **[Conclusion]** Pest insects and pathogen disease are still important factors influencing the cotton production in China. In order to effectively reduce the negative effect of cotton pest insect and pathogen disease, we should establish the risk assessment and monitor and warn those biological disasters in time, improve the ecological environment of farmland, increase the integrated pest management researches on regional farmland ecosystem, and then take corresponding and propermeasures.

Key words cotton, cotton pest insect, pathogen disease, occurrence area, yield enhance after control, actual loss yield after control, economic loss analysis

棉花是我国的重要经济作物，常年种植面积为 533.3 万 hm^2，约占世界棉花种植面积的 15%。但由于棉花病虫害繁多，给棉花生长造成重大损失，常年减产 10% ~ 15%（汪若海，2009；杨普云和赵中华，2012）。显然，开展棉花病虫害的防治，保持我国棉花生产的健康稳定发展，对促进农业增收、农民增收、农村经济稳定具有重要意义。

1991—2010 年 20 年期间也是我国棉花病虫害发展变化最快的年份。如 1991—1993 年是我国棉铃虫灾害最为严重的 3 年，严重影响了棉花单产，降低了植棉效益，挫伤了农民的植棉积极性，直接影响整个棉花的产业（华尧楠，1995）；1997 年转 Bt 棉花的推广使用，又改变了原有的病虫害发生格局，如棉铃虫发生减轻(Wu *et al.*，2008)，而棉盲蝽发生增加（Lu *et al.*，2010）。近年来，全球气候变化如温度上升、降雨分布不均、灾害性天气出现频繁以及农田景观格局的变化，使棉花等作物的病虫害分布区域扩大、发生世代增多、生态适应性变异，最终导致一些作物病虫害暴发成灾，加重农作物的损失（Ge *et al.*，2005；戈峰，2011；欧阳芳和戈峰，2011）。但这些变化对我国棉花病虫害的发生及其危害损失影响如何，目前不清楚。

本文重点分析了我国 1991—2010 年 20 年期间棉花病虫害发生面积、发生程度、防治面积、防治程度、挽回损失量、挽回损失率、实际损失量、实际损失率的变化趋势，以及其空间分布格局，旨在于明确棉花病虫害发生发展的特征，为掌握 20 年来棉花病虫害发生与危害规律，制定区域性棉花病虫害防控策略和技术提供依据。

1　材料与方法

1.1　数据来源

1991—2010 年中国棉花病害和虫害发生面积、防治面积、挽回损失、实际损失数据来源于植物保护统计资料；1991—2010 年中国主要粮食作物种植面积和产量数据来源于农业统计年鉴；2010 年中国农田土地覆盖类型分布来源于高分辨率遥感数据。

1.2　参数指标

本文研究棉花病害和虫害的发生面积单位为亩次（1 亩次=0.067 公顷次，下文同）。病害和虫害的发生程度定义为单位种植面积的病害和虫害的发生面积，即等于病害和虫害的发生面积除以棉花的种植面积。棉花病害和虫害的防治面积单位为亩次。病害和虫害的防治程度定义为单位种植面积的病害和虫害的防治面积，即等于病害和虫害的防治面积除以棉花的种植面积。棉花病害和虫害的挽回损失量的单位为吨。病害和虫害的挽回损失率定义为单位产量的病害和虫害的挽回损失量，即等于病害和虫害的挽回损失量除以棉花的总产量。棉花病害和虫害的实际损失量的单位为吨。病害和虫害的实际损失率定义为单位产量的病害和虫害的实际损失量，即等于病害和虫害的实际损失量除以棉花的总产量。

1.3　分析方法

变化趋势：利用 SPSS 统计软件分析棉花病虫害的发生面积、发生程度、防治面积、防治程度、挽回损失量、挽回损失率、实际损失量和实

际损失率的变化趋势。

空间分布：利用 ArcGIS 10.2 软件分析棉花病虫害空间分布。（1）数据类型，棉花县级单位产量（属性数据 1，Feature）；2010 年中国农田土地覆盖类型分布数据（栅格数据 2，Raster）。（2）将属性数据 1 转换成栅格数据 1（步骤，ArcToolsbox - Conversion Tools - to raster - Feature to Raster）。（3）将栅格数据 1 与栅格数据 2 叠置分析（步骤，ArcToolsbox - Spatial Analysit Tools –-Extract - Extract by Mask）。

2 结果与分析

2.1 棉花作物病虫害发生面积和发生程度

据表 1 植物保护统计资料分析，棉花病害发生面积从 1991 年的 0.52 亿亩次增加到 2010 年的 0.61 亿亩次（年均发生面积为 0.60 亿亩次），增加了 16.2%（图 1：A）；而虫害发生面积从 3.51 亿亩次减少到 2.66 亿亩次（年均发生面积为 3.11 亿亩次），下降了 24.2%（图 1：A）。棉花发生程度（表 1）结果表明，棉花病害发生

表 1 1991—2010 年棉花病虫害各类指标线性趋势
Table 1 Linear trend of plant disease and pest insect in cotton from 1991 to 2010

指标类型 Index	病虫害类型 Pest	线性方程 Linear equation	相关系数 R^2 Coefficient	*P* 值 *P* Value	趋势 Trend
发生面积 Occurrence area	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.023X - 45.863$	0.4850	0.0010	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.034X + 70.803$	0.1200	0.1340	↘
发生程度 Occurrence intensity	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.04X - 78.612$	0.7070	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = 0.001X + 2.589$	0.0000	0.9590	～
防治面积 Prevention area	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.032X - 64.069$	0.5910	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.117X + 239.282$	0.2720	0.0180	↓
防治程度 Control degree	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.051X - 100.91$	0.7370	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.095X + 196.536$	0.1490	0.0930	↘
挽回损失量 Recover loss	棉花病害 Plant disease	$Y = 1.623X - 3229.77$	0.7880	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.217X + 548.55$	0.0020	0.8520	～
挽回损失率 Recover loss ratio	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.002X - 3.878$	0.6570	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.007X + 14.398$	0.3410	0.0070	↓
实际损失量 Actual loss	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.555X - 1102.69$	0.5470	0.0000	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.525X + 1077.07$	0.1110	0.1520	↘
实际损失率 Actual loss ratio	棉花病害 Plant disease	$Y = 0.001X - 1.065$	0.3620	0.0050	↑
	棉花虫害 Pest insect	$Y = -0.003X + 5.174$	0.3860	0.0030	↓

Y 农作物生物灾害发生面积（万亩次）、发生程度（%）、防治面积（万亩次）、防治程度（%）、挽回损失量（t）、挽回损失率（%）、实际损失量（t）、实际损失率（%）；*X* 为年份，1991 到 2010 年。*X* 系数>0 为线性趋势增加，*X* 系数<0 为线性趋势减少；*P* 值<0.05 为线性趋势显著，*P* 值>0.05 为线性趋势波动。↑或↓显著增长或下降；↗或↘波动增长或下降；～在 0 值附近波动。

Y state occurrence area of crop pest (hm^2), occurrence intensity (%), prevention area (hm^2), control degree (%), recover loss (t), recover loss ratio (%), actual loss (t), actual loss ratio (%); X state year from 1991 to 2010. ↓ or ↑ indicate significant decrease or increase at $P < 0.05$; ↘ and ↗ indicate no significant trend; ～ indicate fluctuated around 0.

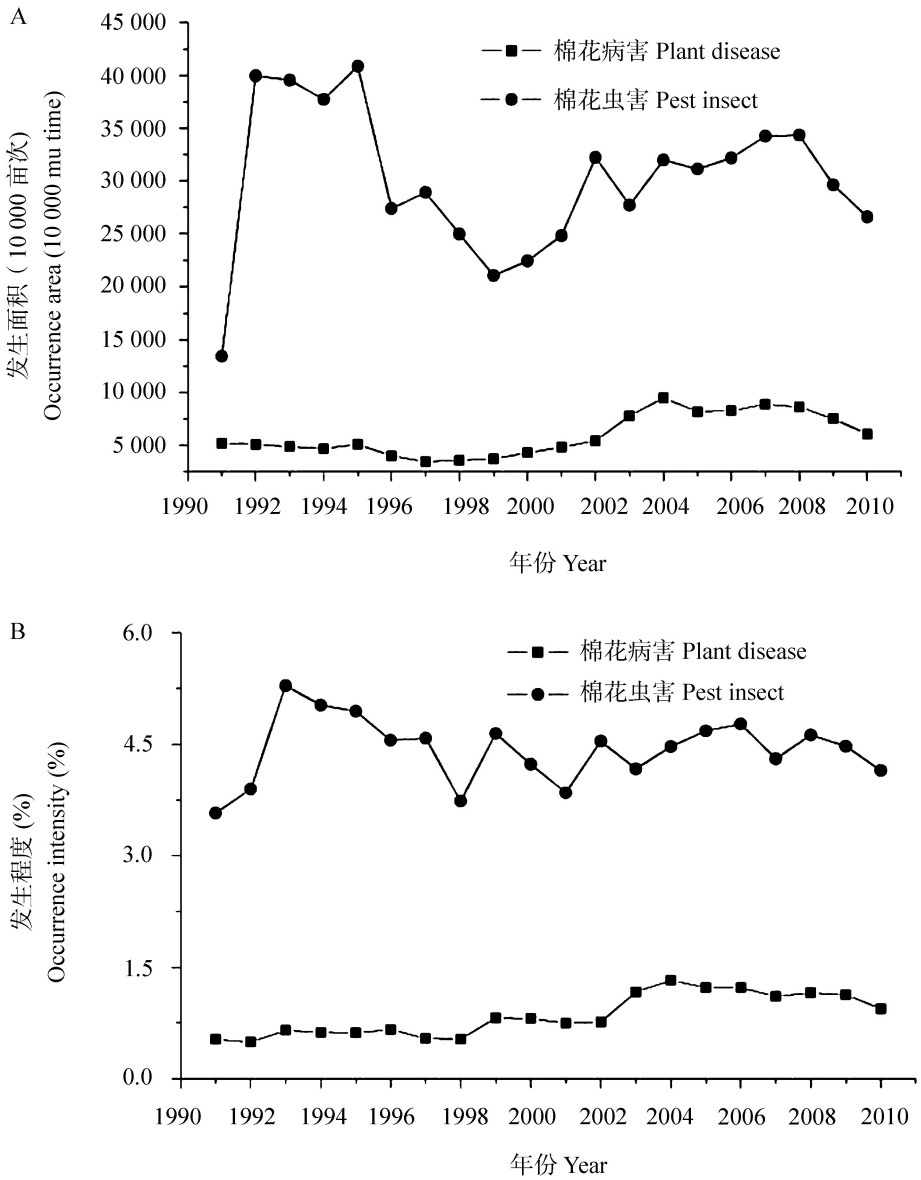

图 1　1991—2010 年我国棉花病虫害发生面积（A）和发生程度（B）

Fig. 1　Occurrence area (A) and occurrence intensity (B) of plant disease and pest insect in cotton from 1991 to 2010

程度从 1991 年的 0.53%上升到 2010 年的 0.94%，而虫害发生强度也从 3.58%上升到 4.15%，它们的发生强度分别增加了 77.36%和 15.9%（图 1：B）。可见，20 年来棉花虫害发生面积一直高于病害，但病害发生面积与发生程度增加速度高于虫害。

2.2　棉花作物病虫害防治面积和防治程度

棉花病害防治面积从 1991 年的 0.42 亿亩次增加到 2010 年的 0.58 亿亩次，年均防治面积为 0.58 亿亩次；虫害防治面积从 4.26 亿亩次减少到 3.63 亿亩次，年均防止面积为 4.74 亿亩次。其中，病害防治面积增加了 38.3%（图 2：A），而虫害防治面积下降了 15.1%（图 2：A）。从棉花病虫害防治程度来看，1991 年到 2010 年我国棉花病害防治程度呈显著增长趋势（图 2：B，表 1），而虫害呈波动下降趋势（图 2：B，表 1），棉花病害防治程度从 1991 年的 0.42%升到 2010 年的 0.90%，其年均防治程度为 0.83%；虫害防治强度从 4.34%升到 5.65%，其年均防治程度为 6.74%；病、虫害防治程度在 20 年期间分别增加

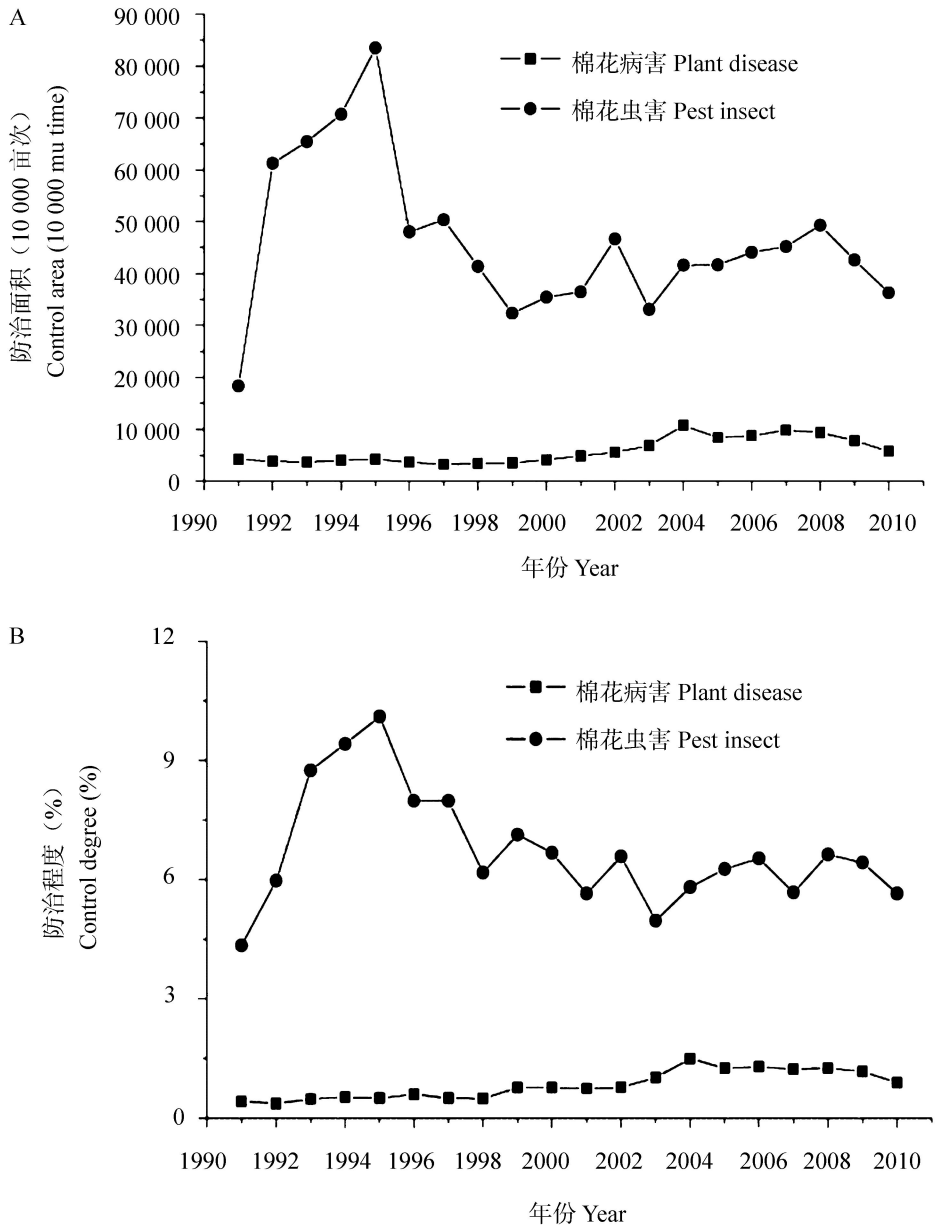

图 2 1991—2010 年我国棉花病虫害防治面积（A）和防治程度（B）

Fig. 2 Control area (A) and control degree (B) of plant disease and pest insect in cotton from 1991 to 2010

了 114.3%和 30.2%,棉花虫害防治程度高于病害（图 2：B）。这些结果显示，20 年来我国棉花病虫害防治主要防治虫害。

2.3 棉花病虫害防治后挽回损失量和挽回损失率

据植物保护统计资料分析，从 1991 年到 2010 年我国棉花病害防治后挽回损失量呈显著增长趋势（图 3：A，表 1），而虫害防治后挽回损失量则表现出在均值附近波动趋势（图 3：A，表 1）。其中，棉花病害防治后挽回损失量从 1991 年 7.62 万 t 上升到 2010 年的 30.77 万 t（年均挽回皮棉损失量为 17.95 万 t），挽回损失量增加 303.8%（图 3：A）；虫害防治后挽回损失量 83.75 万 t 到 104.92 万 t（年均挽回皮棉损失量为 113.92 万 t），挽回损失量增长 25.3%

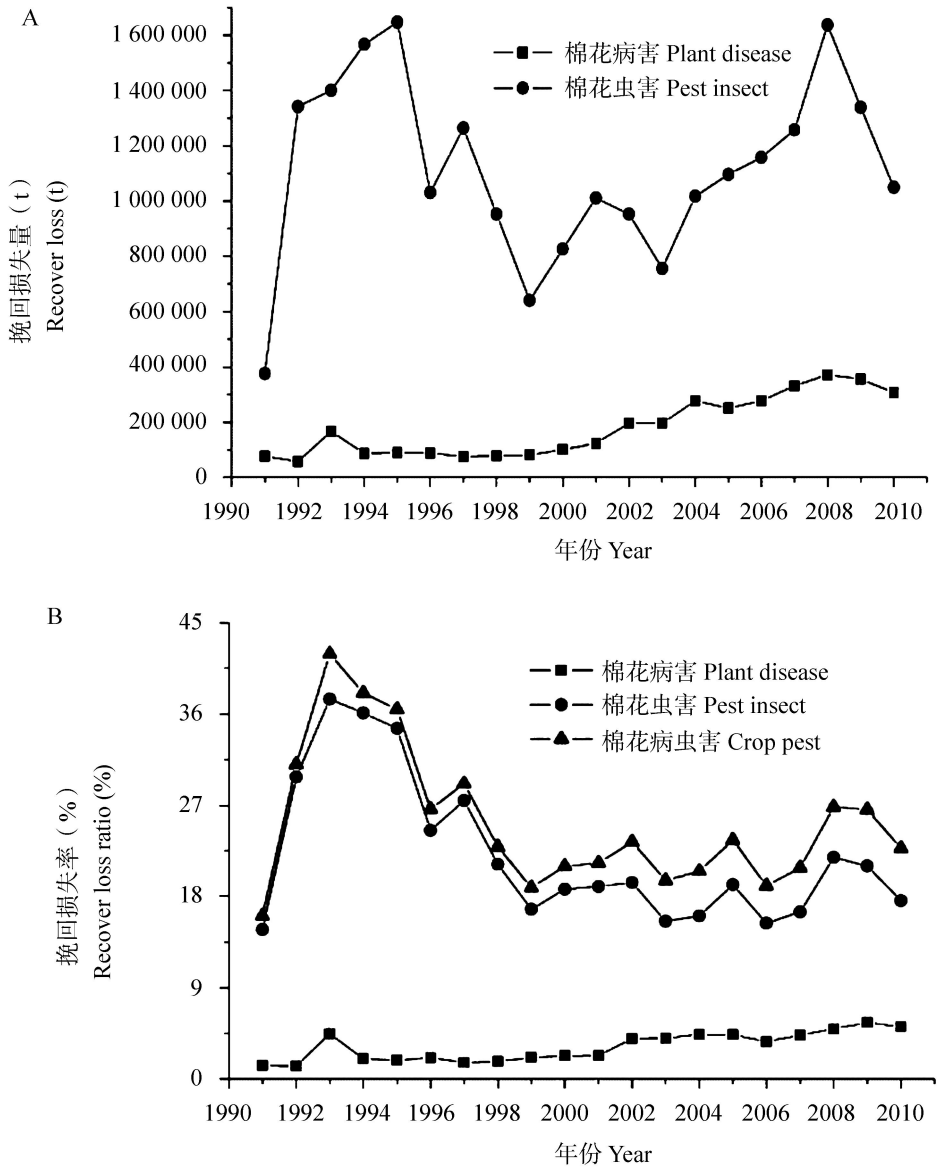

图 3　1991—2010 年我国棉花病虫害防治后挽回损失量（A）和挽回损失率（B）

Fig. 3　Recover loss (A) and recover loss ratio (B) of plant disease and pest insect in cotton from 1991 to 2010

（图 3：A）。从棉花挽回损失率来看，从 1991 到 2010 年我国棉花挽回损失率呈显著增长趋势（图 3：B，表 1），其年均挽回损失率为 3.2%，而虫害呈显著下降趋势（图 3：B，表 1），其年均挽回损失率为 22.1%。棉花病害挽回损失率从 1991 年的 1.3%到 2010 年的 5.2%，虫害挽回损失率从 14.8%到 17.6%，虫害挽回损失率高于病害，病虫害挽回损失率分别增加 391.3%和 18.9%（图 3：B）。棉花病虫害挽回损失率从 1991 年的 16.7%到 2010 年的 22.8%，病虫害挽回损失率增长 36.52%，均高于单独病害和单独虫害的挽回损失率（图 3：B）。可见，虫害防治后挽回损失量高于病害，棉花病虫害防治效益非常明显。

2.4　棉花病虫害实际损失量和实际损失率

据植物保护统计资料分析，尽管开展防治工作，但从 1991 年到 2010 年我国棉花病害实际损失量仍呈显著增长趋势（图 4：A，表 1），其年均实际损失量为 8.37 万 t，而虫害曾波动下降

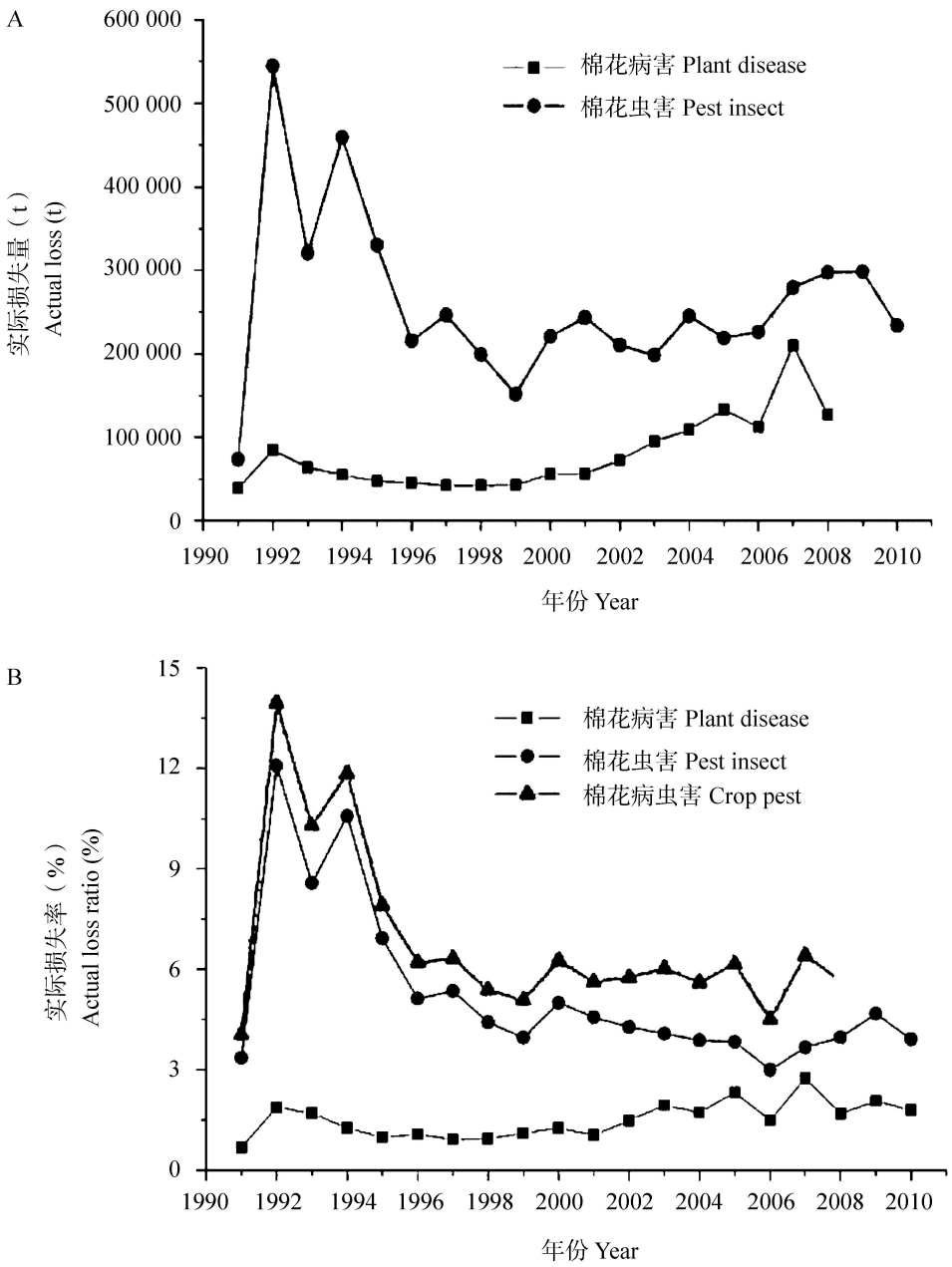

图 4　1991—2010 年我国棉花病虫害实际损失量（A）和实际损失率（B）

Fig. 4　Actual loss (A) and actual loss ratio (B) of plant disease and pest insect in cotton from 1991 to 2010

趋势（图 4：A，表 1），其年均实际损失量为 26.65 万 t。棉花病害实际损失量从 1991 年 3.90 万 t 到 2010 年 10.72 万 t，虫害实际损失量从 19.06 万 t 到 23.33 万 t，虫害实际损失量高于病害，病害实际损失量增长 175.4%，虫害实际损失量增长 22.4%（图 4：B）。棉花实际损失率结果表明，从 1991 年到 2010 年我国棉花病害实际损失率呈显著增长趋势（图 4：B，表 1），其年均实际损失率为 1.5%，而虫害实际损失率呈显著下降趋势（图 4：B，表 1），其年均实际损失率为 5.3%。棉花病害实际损失率从 1991 年的 0.7%到 2010 年的 1.8%，虫害实际损失率从 3.4%到 3.9%，虫害实际损失率高于病害，病虫害实际损失率分别增加 157.1%和 14.7%（图 4：B）。棉

花病虫害实际损失率从 1991 年的 4.0%到 2010 年的 5.7%，病虫害实际损失率增长 42.5%，均高于单独病害和单独虫害的挽回损失率（图 4：B）。显然，还需要进一步加强明后病虫害的防治。

2.5　棉花病虫害在发生分布格局

根据 2010 年中国遥感调查和土地覆盖分类的农田空间分布数据以及主要粮食作物县级单位产量数据，确定 1991—2010 年病虫害的发生分布范围。从图 5 中 1991—2000 年 20 年我国棉花病虫害发生分布来看，分布范围较广的省份有华北区域的河北；华东区域的山东、江苏、安徽；新疆地区；以及华中区域的河南、湖北。棉花病虫害发生分布范围较轻的省份有华东区域的浙江、江西；华中区域的湖南；华南区域的广西。而东北区域的吉林、辽宁；西北区域的甘肃；西南区域的云南、四川华东区域的福建、上海有少量分布。显示，我国棉花病虫害发生的区域主要在黄河流域及新疆地区。

3　讨论

1991—2010 年的 20 年，我国棉花病害发生面积呈逐年增加的趋势，而虫害发生面积呈逐年下降的趋势，虽然如此，从图 1（A）可以看出，虫害发生面积远远超过病害的发生面积，尤其在 1992—1994 虫害发生面积较大，这是由于在 1991—1994 年棉铃虫连续 3 年猖獗发生，导致

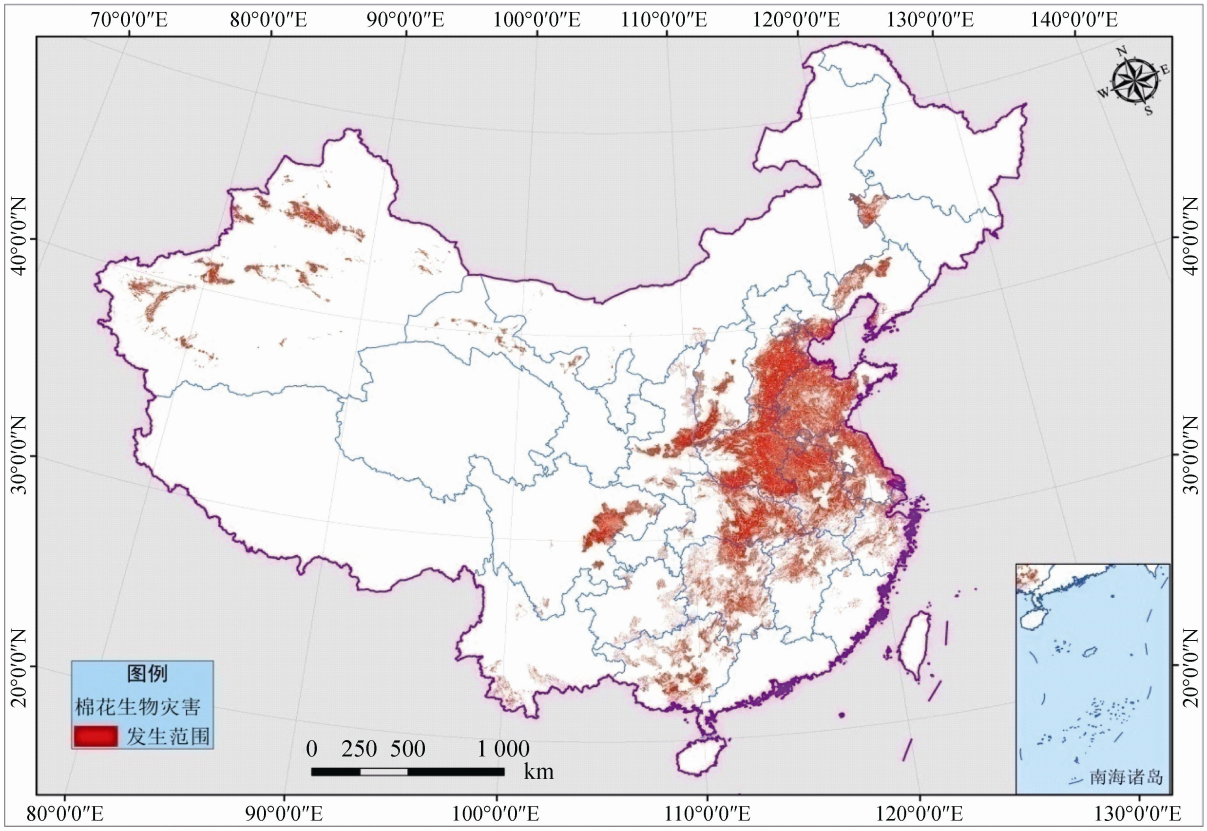

图 5　中国棉花病虫害空间分布区

Fig. 5　Spatial distribution of cotton pest in China.

中国地图的基础数据由中国科学院生态环境中心提供。

The basic data in the map of China are from the Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences.

全国棉花虫害发生面积大幅上升所致（华尧楠，1995）。但从 1995 后，虫害发生面积骤然下降，这是由于在 1994 年棉铃虫大爆发后，国家提出实施科技兴棉战略，加强了棉花害虫防治而致。而 1996 年起棉花再次出现供过于求的情况，因此 1998 年起要求调减黄河流域棉区植棉面积，适当减少长江流域植棉面积，且新疆植棉面积在 2000 年前不再扩大。1999 年再次要求各级政府下决心调减棉花面积，调整种植结构（马淑萍和王戈，2009）。显然，随着棉花病害发生面积增大，其发生程度呈增加趋势；而虫害随着发生面积的下降，发生程度呈现出在均值附近波动趋势。病害与虫害相比，无论发生面积，还是发生程度，棉花的虫害均高于病害。

1991—2010 年的 20 年，我国棉花病害防治面积呈逐年增加趋势，而虫害防治面积呈逐年下降趋势，但图 2（A）也可以看出，虫害防治面积远高于病害防治面积，其原因在于虫害是影响棉花产量的主要因素，虫害的大暴发导致防治面积也随之上升。随着棉花病害防治面积增大，其防治程度均呈增加趋势；而虫害随着防治面积的下降，其防治程度也下降。病害与虫害相比，无论防治面积，还是防治程度，棉花虫害均高于病害。

1991—2010 年的 20 年，我国棉花病害防治挽回的损失量呈逐年增加趋势，而虫害防治挽回的损失量表现出在均值附近波动的趋势，即便如此，从图 3（A）可以观察到，虫害防治挽回的损失量远高于病害的挽回损失量，说明害虫防治更为重要。棉花病虫害挽回损失量增幅较大，尤其棉花病害增幅较大，高达 300%以上。增幅之所以如此之高，源于农业部门积极部署防治，安排物资供应、开展技术培训。尤其是国家启动“发展棉花生产专项资金”项目和转基因专项等，使棉铃虫等主要害虫的危害损失极大降低（Wu *et al.*，2008）。随着棉花病害挽回损失量的增大，其挽回损失率也增大，棉花病害挽回损失率在 1993 年达到峰值，而虫害的挽回损失率则表现出下降趋势。病害与虫害相比，无论是防治后的挽回损失量，还是防治后的挽回损失率，棉花虫害作用均高于病害。

1991—2010 年的 20 年，尽管我国开展了一系列的防治工作，但我国棉花病害的实际损失量呈逐年增加趋势，而虫害的实际损失量呈逐年下降趋势，即便如此，从图 4（A）可以观察到，虫害的实际损失量还是远高于病害的实际损失量。病害与虫害相比，无论是实际损失量，还是实际损失率，棉花虫害均高于病害。其中，1992 年棉花病虫害实际损失量和实际损失率均最高，这主要是由于在 1992 年黄河流域棉铃虫空前特大暴发所致（盛承发等，1993）。棉铃虫种群猖獗情况分析显示，该种群的基数如越冬密度、第一代基数以及气候条件，尤其是各代入土化蛹期如少雨、高温，是导致其暴发的主要原因（张孝羲，1996），最终导致全国棉花产量大幅下降，实际损失量和实际损失率增高。

1991—2010 年的 20 年这个期间，我国棉花病虫害发生的区域主要在黄河流域及新疆地区。我国棉花病虫害发生加重与我国的集约化农业发展导致的农田生态系统单一化以及全球季候变化有关。大量的研究表明，作物种植面积的增加和单一化降低了生态环境的多样性，造成农田生态系统的不稳定，导致病虫害发生和危害加重（Altieri and Letourneau，1982）。气候变暖可使病虫害发育历期缩短、危害期延长，害虫种群增长力增加、繁殖世代数增加，发生界限北移、海拔界限高度增加，危害地理范围扩大，危害程度加重，气候变暖将使中国大部农作物病虫害发生呈扩大、加重趋势（李祎君等，2010；霍治国等，2012）。盲目的追求产量，过度使用化学农药，破坏农田的生态平衡，降低农田自然生物因子的

* 资助项目：环保部专项（STSN-04-04）；国家科技支撑计划项目（2012BAD19B05）和国家自然科学基金项目（31200321）
**通讯作者，E-mail: ouyangf@ioz.ac.cn
收稿日期：2014-07-16，接受日期：2014-07-23

控制作用，也是农田病虫害加剧的重要原因（戈峰和李典谟，1997）。

为了有效地防止或减少病虫害等生物灾害对棉花生产安全的影响，应加强农田景观变化和气候变化等对粮食农作物病虫害的影响诊断、发生与灾变的风险评估和监测预警，改善农田生态环境，开展区域性农田生态系统病虫害整合治理研究，并建立相应的对策。

参考文献 (References)

Altieri MA, Letourneau DK, 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystem. *Crop Prot*., 4(1): 405–430.

Ge F, Chen FJ, Parajulee MN Yardim EN, 2005 Quantifying diapausing fourth generation and suicidal fifth generation cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in cotton and corn in northern China. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116(1): 1–7.

Lu Y, Wu K, Jiang Y, Xia B, Li P, Feng H, Wyckhuys K, Guo Y, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982): 1151–1154.

Wu KM. Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676–1678.

戈峰, 李典谟, 1997 可持续农业中的害虫管理. 昆虫知识, 34(1): 48 – 52. [Ge F, Li DM, 1997. Pest management in sustainable agriculture. Insect Knowledge, 34(1): 48-52]

戈峰, 2001. 害虫区域性生态调控的理论、方法及实践. 昆虫知识, 38(5): 337 – 341. [Ge F, 2001. The principles, methods and practices of regional ecological regulation and management of pests. Insect Knowledge, 38(5): 337-341]

戈峰, 2011. 应对全球气候变化的昆虫学研究. 应用昆虫学报, 48(5): 1117–1122. [Ge F, 2011. Challenges facing entomologists in a changing global climate. Chinese Journal of Applied Entomology, 48(5): 1117-1122]

华尧楠, 1995. 1992—1994 年棉铃虫猖獗发生关键性因子的分析. 山东农业科学, 3(1): 28–30. [Hua RN, 1995. The key factor of armyworm outbreak during 1992-1994. Shandong Agricultural Science, 3(1): 28-30]

霍治国, 李茂松, 王丽, 2012. 气候变暖对中国农作物病虫害的影响. 中国农业科学, 45(10): 1926 – 1934. [Huo ZG, Li MS, Wang L, 2012. Impacts of climate warming on crop diseases and pests in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 45(10): 1926-1934.]

李祎君, 王春乙, 赵蓓, 2010. 气候变化对中国农业气象灾害与病虫害的影响. 农业工程学报, 26(增刊): 263 – 271.[Li YJ, Wang CY, Zhao B, 2010. Effects of climate change on agricultural meteorological disaster and crop insects diseases. *Transactions of CSAE*, 26(Supplement): 263-271.]

马淑萍, 王戈, 2009. 中国棉花生产与政策 60 年. 中国棉花, 36(9): 5–22. [Ma SP, Wang G, 2009. The cotton production and policy in the past 60y of China. China Cotton, 36(9): 5-22]

欧阳芳, 戈峰, 2011. 农田景观格局变化对昆虫的生态学效应. 应用昆虫学报, 48(5): 1177–1183. [Ou YF, Ge F, 2011. Effects of agricultural landscape patterns on insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1177-1183.]

盛承发, 董灵, 苏建伟, 1993. 棉铃虫大爆发原因探讨. 自然灾害学报, 2(2): 20 – 26. [Shen CF, Dong L, Su JW, 1993. An approach to the causes of outbreak of cotton bloodworm in North China. Journal of Natural Disasters, 2(2): 20-26]

汪若海, 2009. 中国棉花科技进步 30 年. 中国棉花, 36(增刊): 1–6. [Wang RH, 2009. The thirty of cotton production in China. China Cotton, 36(Supplement): 1-6]

杨普云, 赵中华, 2012. 农作物病虫害绿色防控技术指南. 北京: 中国农业出版社. 2–46. [Yang PY, Zhao ZH, 2012. The green management of plant disease and insect pests. Beijing: China Agriculture Press. 2–46]

张孝羲, 1996. 棉铃虫种群猖獗的剖析. 昆虫知识, 33(2): 121–124. [Zhang XX, 1996. The cause of cotton bloodworm outbreak. Insect Knowledge, 33(2): 121–124]