

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.03.8

# 1991–2010 年宁夏水稻病虫害发生特征 与经济损失分析

贺奇<sup>1</sup>, 杨锋<sup>2</sup>, 马洪文<sup>1</sup>, 冯伟东<sup>1</sup>, 王昕<sup>1</sup>, 殷延勃<sup>1\*</sup>

(1. 宁夏农林科学院农作物研究所, 宁夏永宁 750105; 2. 宁夏农垦集团有限公司, 银川 750001)

**摘要:** 水稻病虫害发生种类繁多、暴发频繁, 是威胁宁夏水稻稳产、高产的重要因素, 但对其变化趋势与实际危害损失不清楚。基于宁夏水稻统计数据、稻田覆盖类型遥感数据和水稻产量数据, 分析 1991 年至 2010 年宁夏水稻病虫害发生特征与经济损失情况。结果表明: 1991 年到 2010 年期间, 宁夏水稻病害、虫害年均发生面积分别为 5.3 万  $\text{hm}^2$  和 2.0 万  $\text{hm}^2$ , 其年均防治面积分别为 8.4 万  $\text{hm}^2$  和 1.6 万  $\text{hm}^2$ ; 水稻病害的发生程度下降了 23.10%, 防治程度上升了 77.30%。20 年间宁夏水稻虫害的发生面积、发生程度、防治面积和防治程度均显著增加。防治水稻病害、虫害后, 分别挽回稻谷为 2.67 万吨、0.28 万吨, 其挽回损失量在 20 年期间分别增加了 55.15%、2775.0%, 表明水稻病虫害防治意义重大。由于气候变化等诸多因子, 导致 1991 年到 2010 年宁夏水稻病害、虫害年均造成的实际稻谷损失量分别为 0.71 万吨与 0.13 万吨, 水稻病害实际损失量在 0 值附件波动、虫害呈现波动增加趋势, 说明水稻病害防控效果好、虫害的防控还有提升的空间。从全区各市县分布来看, 水稻病虫害主要分布在宁夏的银北地区。为有效地防止或减少病虫害对水稻产量的损失, 应加强农田景观变化和气候变化等对水稻病虫害发生与灾变的风险评估和监测预警, 开展区域性水稻病虫害综合治理研究, 并建立相应的防控新对策与技术体系。

**关键词:** 水稻; 病害; 虫害; 发生面积; 挽回损失量; 实际损失量; 经济评估

中图分类号: Q968.1; S435.11

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 03-0500-08

## Characteristics of occurrence and analysis of economic loss from diseases and insect pests in rice of Ningxia during 1991–2010

HE Qi<sup>1</sup>, YANG Feng<sup>2</sup>, MA Hong-Wen<sup>1</sup>, FENG Wei-Dong<sup>1</sup>, WANG Xin<sup>1</sup>, YIN Yan-Bo<sup>1\*</sup> (1. Institution of Crop Research, Ningxia Academy of Agricultural Sciences, Yongning 750105, Ningxia Province, China; 2. Ningxia Agricultural Reclamation Group Co., Ltd., Yinchuan 750001, China)

**Abstract:** Rice is an important economic crop in Ningxia. Frequent outbreaks of biological disasters such as plant disease and pest insect has been threatening the rice production in Ningxia since 1991. Using statistical data of plant protection, rice yields, and rice paddy field distribution by remote sensing in Ningxia, this paper focused on analyzing the tendency of diseases and insect pests in occurrence and economic loss in rice crop from 1991 to 2010. Results showed that the yearly mean occurrence areas of diseases and insect pests were 53 and 20 thousand hectare, while the mean prevention and control areas were 84 and 16 thousand hectare, respectively. With respect to the pest insect, the occurrence intensity decreased 23.1% while the control degree increase 77.3%. The occurrence areas, occurrence intensity, prevention and control areas, prevention and control intensity of diseases and insect pests in rice significant increased during this period. The mean saved loss yield of rice from diseases and insect pests were 0.0267

基金项目: 宁夏回族自治区自然科学基金 (NZ14184); 宁夏农林科学院科技先导资金 (NKYQ-15-07); 宁夏回族自治区农业育种专项 (2013NYZ0303)

作者简介: 贺奇, 男, 1985 年生, 助理研究员, 从事水稻遗传育种与水稻病虫害研究, E-mail: heqi\_1820@126.com

\* 通讯作者 Author of correspondence, E-mail: nxzyb@sohu.com

收稿日期 Received: 2015-12-11; 接受日期 Accepted: 2016-03-26

and 0.0028 million tons, increasing by 55.15% and 2775.0%, respectively, which indicated that prevention and control of diseases and insect pests were of great significance to the rice production. But the yearly mean actual loss yield of rice from diseases and insect pests were still 0.0071 and 0.0013 million tons, as result of external factors such as climate changes, suggesting that further efforts should be done to promote the ability of prevention and control of diseases and insect pests. Rice diseases and pest insects were mainly distributed in the major grain producing areas in the northern area of Ningxia. In order to effectively prevent or reduce the effects of biological disasters on the safe rice production. 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 proper measures.

**Key words:** Rice diseases insect pests occurrence area; yield enhance after control; actual loss yield after control; economic loss analysis

水稻是人类重要的粮食作物之一,世界上大约有 50% 的人口以稻米为主食。我国是世界上最大的水稻生产国和最大的稻米消费国(章家恩, 2007)。年种植面积 3000 万  $\text{hm}^2$ , 约占粮食作物种植面积的 1/3, 稻谷产量占粮食总产量的 45% (王艳青, 2006)。我国大约有 65% 的人口以稻米为主食。国内常年稻谷消费总量保持在 1.9 亿 – 2.0 亿 t, 其中 85% 以上用作口粮(章家恩, 2007)。因此, 保持我国水稻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(赵梦等, 2014)。水稻是宁夏具有特色的区域性优势作物(马洪文和殷延勃, 2009)。宁夏引黄灌区的自然条件优越, 水稻种植历史悠久, 是全国优质粳稻最佳生态区之一, 目前宁夏引黄灌区水稻种植面积在 8 万  $\text{hm}^2$  左右, 总产达到 65 万 t 左右, 平均单产约 8250  $\text{kg}/\text{hm}^2$  (杨玉蓉等, 2014)。宁夏水稻的产量水平、品质及品种在西北地区粮食生产中具有举足轻重的地位和作用(殷延勃和马洪文, 2008)。目前宁夏水稻病虫害研究相对薄弱, 对于宁夏水稻病虫害发生与危害规律未见报道, 本文基于水稻面积的变化, 分析水稻病虫害发生特征与经济损失, 系统的对宁夏水稻病虫害造成的产量减少和病虫害分布格局进行研究。

病虫害是影响中国水稻稳产、高产的重要因素之一(喻大昭等, 2007)。全国每年因水稻病虫害为害经济损失达 400 万 – 500 万 t, 且主要以稻瘟病 *Pyricularia oryzae*、纹枯病 *Rhizoctonia solani* 等病害以及稻飞虱 *Nilaparvata lugens*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、三化螟 *Scirpophaga incertulas* 等虫害发生最为普遍(王艳青, 2006)。

宁夏稻区主要以稻瘟病、稻飞虱等危害最为严重。

近年来, 随着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, 使水稻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, 加重粮食作物的损失 (Ge *et al.*, 2005; 戈峰, 2011; 欧阳芳和戈峰, 2011)。宁夏水稻占灌区粮食作物种植面积的 1/4, 谷物产量占灌区粮食总产量的 1/3 (王兴盛, 2007), 其病虫害发生、危害的格局也发生了相应变化, 但目前尚未见相关报道。

本文重点分析了宁夏 1991 – 2010 年 20 年期间水稻病虫害发生面积、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, 旨在明确水稻病虫害发生发展的特征, 为掌握 20 年来宁夏水稻病虫害发生与危害规律, 制定区域性水稻病虫害防控新策略和技术提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

1991 – 2010 年宁夏水稻病虫害发生面积、防治面积、挽回损失、实际损失数据来源于宁夏水稻统计资料; 1991 – 2010 年宁夏水稻种植面积和产量数据来源于农业统计年鉴; 2010 年宁夏稻田覆盖类型分布来源于高分辨率遥感数据。

### 1.2 参数指标

本文研究水稻病害和虫害的种植面积、发生面积、防治面积单位为  $\text{hm}^2$ , 挽回损失量、实际损失量、总质量单位为 t, (房雪等, 2014; 欧阳芳

等, 2014)。

病害和虫害的发生程度 = 病害和虫害的发生面积 / 种植面积

病害和虫害的防治程度 = 病害和虫害的防治面积 / 种植面积

病害和虫害的挽回损失率 = 病害和虫害的挽回损失量 / 总产量

病害和虫害的实际损失率 = 病害和虫害的实际损失量 / 总产量

### 1.3 分析方法

水稻变化趋势: 利用 SPSS 17.0 统计软件分析宁夏水稻病虫害的发生面积、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 (房雪等, 2014; 欧阳芳等, 2014)。

水稻空间分布: 利用 ArcGIS 10.2 软件分析水稻病虫害空间分布。(1) 数据类型, 水稻县级单位产量 (属性数据 1, Feature); 2010 年宁夏稻田覆盖类型分布数据 (栅格数据 2, Raster)。(2) 将属性数据 1 转换成栅格数据 1 (步骤, ArcToolbox-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, ArcToolbox-Spatial Analysit Tools-Extract-Extract by Mask) (房雪等, 2014; 欧阳芳等, 2014)。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻病虫害发生面积和发生程度

据表 1 水稻统计资料分析, 水稻病害发生面积从 1991 年的 5.22 万  $\text{hm}^2$  下降到 2010 年的 4.85 万  $\text{hm}^2$ , 年均发生面积为 5.30 万  $\text{hm}^2$ , 下降了 7.09% (图 1A); 虫害发生面积从 0.69 万  $\text{hm}^2$  增加到了 4.82 万  $\text{hm}^2$ , 年均发生面积为 2.00 万  $\text{hm}^2$ , 增加了 598.55% (图 1A)。水稻发生程度 (表 1) 结果表明, 水稻病害发生程度从 1991 年的 86.67% 下降到 2010 年的 66.65%, 而虫害发生程度从 11.46% 上升到 58.28%, 水稻病害的发生强度下降了 23.10%, 水稻虫害的发生强度增加了 408.55% (图 1B)。可见, 20 年来水稻病害发生面积除 2003 年外, 一直高于虫害, 但虫害发生面积与发生程度增加速度高于病害, 并且增加幅度巨大。

表 1 1991–2010 年水稻病虫害各类指标线性趋势

Table 1 Linear trend of plant disease and pest insect inrice from 1991–2010

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	水稻病害 Plant disease	$Y = -0.0571X + 119.44$	$R^2 = 0.0742$	0.2453	
Occurrence area	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.225X - 448.05$	$R^2 = 0.5919$	0.0001	↑
发生程度	水稻病害 Plant disease	$Y = -2.0771X + 4232.5$	$R^2 = 0.4648$	0.0009	↓
Occurrence intensity	水稻虫害 Pest insect	$Y = 2.8855X - 5744.9$	$R^2 = 0.5346$	0.0002	↑
防治面积	水稻病害 Plant disease	$Y = 0.2731X - 537.89$	$R^2 = 0.1678$	0.0728	
Prevention area	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.2312X - 460.79$	$R^2 = 0.7400$	0.0000	↑
防治程度	水稻病害 Plant disease	$Y = 2.1318X - 4145.6$	$R^2 = 0.0722$	0.2519	
Control degree	水稻虫害 Pest insect	$Y = 3.0009X - 5980.8$	$R^2 = 0.6844$	0.0000	↑
挽回损失量	水稻病害 Plant disease	$Y = -0.7309X + 1488.8$	$R^2 = 0.1258$	0.1250	
Recover loss	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.322X - 641.4$	$R^2 = 0.4412$	0.0014	↑
挽回损失率	水稻病害 Plant disease	$Y = -0.2412X + 487.3$	$R^2 = 0.2418$	0.0276	↓
Recover loss ratio	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.0509X - 101.3$	$R^2 = 0.3723$	0.0043	↑
实际损失量	水稻病害 Plant disease	$Y = -0.0488X + 104.8$	$R^2 = 0.0134$	0.6265	~
Actual loss	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.0895X - 177.8$	$R^2 = 0.0999$	0.1746	

续上表

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
实际损失率 Actual loss ratio	水稻病害 Plant disease	$Y = -0.0339X + 69.2$	$R^2 = 0.1627$	0.0778	
	水稻虫害 Pest insect	$Y = 0.015X - 29.73$	$R^2 = 0.0863$	0.2086	

注:  $Y$  水稻灾害发生面积 (万  $\text{hm}^2 \cdot \text{次}$ )、发生程度 (%)、防治面积 (万  $\text{hm}^2 \cdot \text{次}$ )、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;  $P$  系数  $<0.05$  为线性趋势显著,  $P$  系数  $>0.05$  为线性趋势波动。  $\uparrow$  或  $\downarrow$  显著增长或下降; 或 波动增长或下降;  $\sim$  在 0 值附近波动。 Note:  $Y$  state occurrence area of crop pest (10000  $\text{hm}^2$ ), occurrence intensity (%), prevention area (10000  $\text{hm}^2$ ), control degree (%), recover loss (t), recover loss ratio (%), actual loss (t), actual loss ratio (%);  $X$  state year from 1991 to 2010.  $\uparrow$  or  $\downarrow$  indicate significant decrease or increase at  $P < 0.05$ ; and indicate no significant trend;  $\sim$  indicate fluctuated around 0.

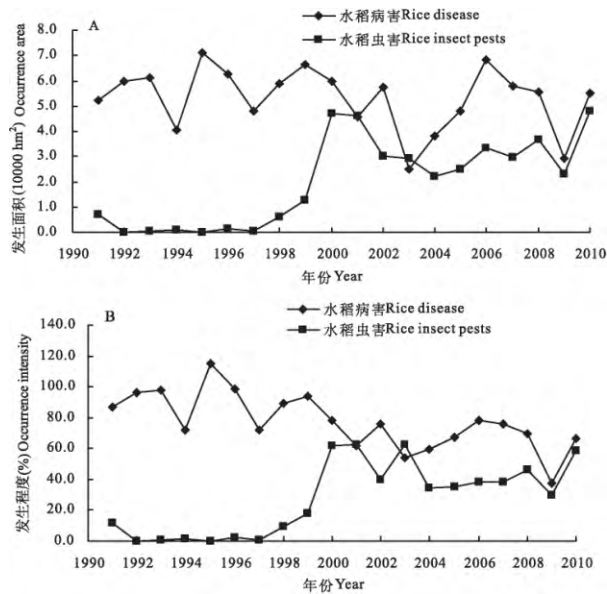


图 1 1991 – 2010 年宁夏水稻病虫害发生面积 (A) 和发生程度 (B)  
Fig. 1 Occurrence area (A) and occurrence intensity (B) of plant disease and pest insect in rice from 1991 to 2010

2.2 水稻病虫害防治面积和防治程度

水稻病害防治面积从 1991 年的 4.42 万  $\text{hm}^2$  增加到 2010 年的 10.78 万  $\text{hm}^2$ , 年均防治面积为 8.43 万  $\text{hm}^2$ , 增加了 143.5% (图 2A); 虫害防治面积从 0.09 万  $\text{hm}^2$  增加到了 4.99 万  $\text{hm}^2$ , 年均防治面积为 1.64 万  $\text{hm}^2$ , 增加了 5653.8% (图 2A)。从水稻病虫害防治程度来看, 1991 年到 2010 年宁夏水稻病害防治程度呈波动变化 (图 2B, 表 1), 而虫害呈显著增长趋势 (图 2B, 表 1), 水稻病害防治程度从 1991 年的 73.51% 上升到 2010 年的 130.33%, 其年均防治程度为 119.15%; 虫害防治程度从 1.40% 上升到 60.32%, 其年均防治程度

为 22.44%; 病、虫害防治程度在这 20 年期间分别增加了 77.30% 和 4208.57%, 水稻病害防治程度高于虫害 (图 2B)。

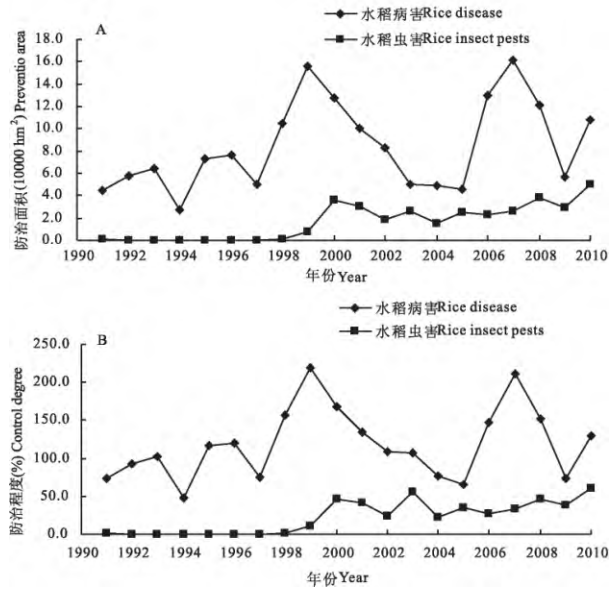


图 2 1991 – 2010 年宁夏水稻病虫害防治面积 (A) 和防治程度 (B)  
Fig. 2 Control area (A) and control degree (B) of plant disease and pest insect in rice from 1991 to 2010

2.3 水稻病虫害防治后挽回损失量和挽回损失率

从 1991 年到 2010 年宁夏水稻病害防治后挽回损失量呈波动下降趋势 (图 3A, 表 1), 而虫害防治后挽回损失量则表现出显著增长趋势 (图 3A, 表 1)。其中, 水稻病害防治后挽回损失量从 1991 年 1.36 万 t 上升到 2010 年的 2.11 万 t (年均挽回水稻损失量为 2.67 万 t), 挽回损失量增加 55.15% (图 3A); 虫害防治后挽回损失量 0.024 万 t 到 0.69 万 t (年均挽回水稻损失量为

0.28 万 t), 挽回损失量增长 2775.0% (图 3A)。从水稻挽回损失率来看, 1991 到 2010 年宁夏水稻挽回损失率呈显著下降趋势 (图 3B, 表 1), 其年均挽回损失率为 4.89%, 而虫害呈显著增长趋势 (图 3B, 表 1), 其年均挽回损失率为 0.47%。水稻病害挽回损失率从 1991 年 2.43% 到 2010 年的 3.01%, 虫害挽回损失率从 0.04% 到 0.99%, 病害挽回损失率高于虫害, 病虫害挽回损失率分别增加 23.9% 和 2375.0% (图 3B)。水稻病虫害挽回损失率从 1991 年 2.5% 到 2010 年 4.0%, 病虫害挽回损失率增长 60.0%, 均高于单独病害和单独虫害的挽回损失率 (图 3B)。可见, 病害防治后挽回损失量高于虫害, 水稻病虫害防治效益非常明显。

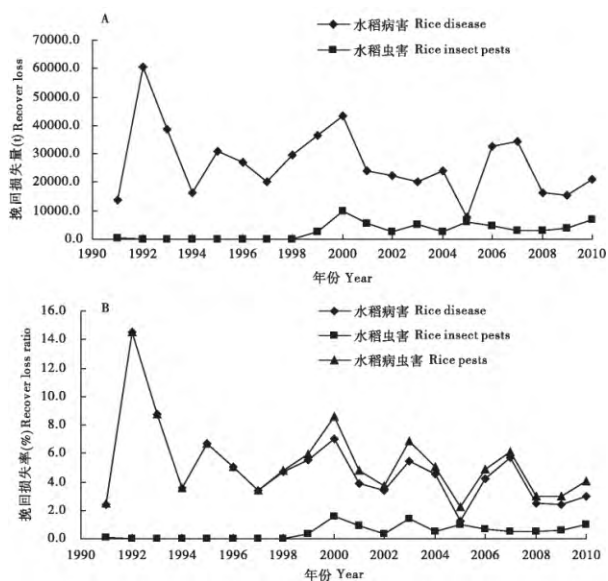


图 3 1991–2010 年宁夏水稻病虫害防治后挽回损失量 (A) 和挽回损失率 (B)

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

## 2.4 水稻病虫害实际损失量和实际损失率

据水稻统计资料分析, 开展防治工作以来, 从 1991 年到 2010 年宁夏水稻病害实际损失量在 0 值附件波动 (图 4A, 表 1), 其年均实际损失量为 0.71 万 t, 虫害呈现波动增加趋势 (图 4A, 表 1), 其年均实际损失量为 0.13 万 t。水稻病害实际损失量从 1991 年 0.38 万 t 到 2010 年 0.49 万 t, 虫害实际损失量从 0.03 万 t 到 0.17 万 t, 病害实际损失量高于虫害, 病害实际损失量增长 29.0%, 虫害实际损失量增长 466.7% (图 4B)。水稻实际

损失率结果表明, 从 1991 年到 2010 年宁夏水稻病害实际损失率呈显著波动下降趋势 (图 4B, 表 1), 其年均实际损失率为 1.3%, 而虫害实际损失率呈波动增长趋势 (图 4B, 表 1), 其年均实际损失率为 0.2%。水稻病害实际损失率从 1991 年的 0.68% 到 2010 年的 0.70%, 虫害实际损失率从 0.06% 到 0.24%, 病害实际损失率高于虫害, 病虫害实际损失率分别增加 2.9% 和 300.0% (图 4B)。水稻病虫害实际损失率从 1991 年的 0.73% 到 2010 年的 0.94%, 病虫害实际损失率增长 28.8%, 均高于单独病害和单独虫害的挽回损失率 (图 4B)。

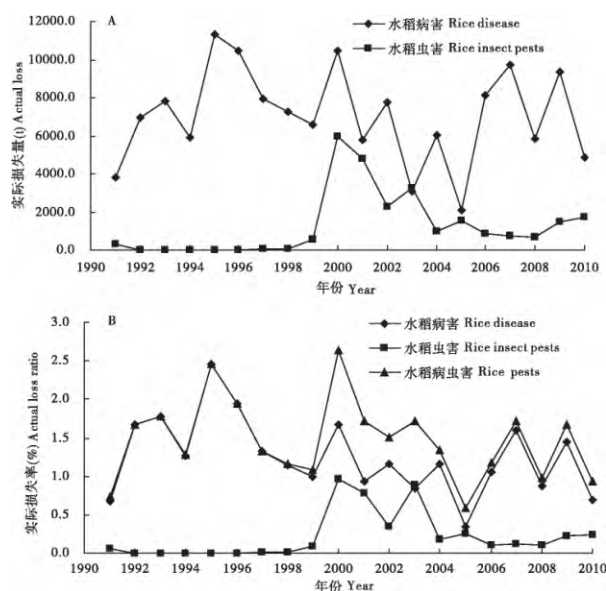


图 4 1991–2010 年宁夏水稻病虫害实际损失量 (A) 和实际损失率 (B)

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

## 2.5 水稻病虫害发生分布格局

根据 2010 年宁夏遥感调查和土地覆盖分类的稻田空间分布数据以及水稻县级单位产量数据, 确定宁夏水稻病虫害的发生分布范围 (图 5、图 6、图 7)。从宁夏各市县来看, 水稻病虫害发生分布范围较广的市县有银北平罗县的通伏乡、贺兰县的通贵乡, 立岗镇; 水稻病虫害发生分布范围较轻的地区有崇岗镇, 灵武农场、连湖农场, 渠口农场, 分布范围少量分布的地区是前进农场, 叶盛镇, 掌政镇, 暖泉农场。结果显示, 宁夏水稻病虫害发生呈现零星分布, 局部发生、主要分布范围集中在沿黄灌区银北地区。

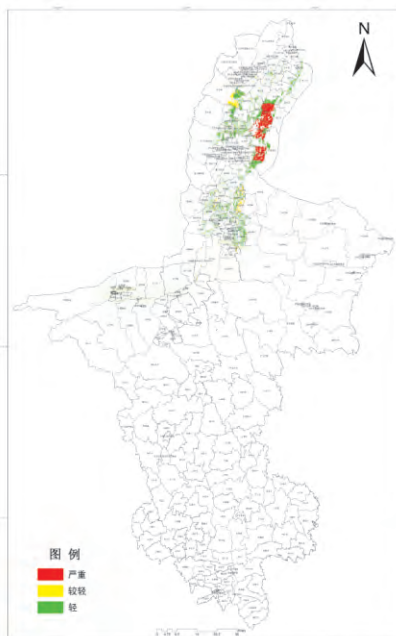


图 5 宁夏全区水稻病虫害空间分布区  
Fig. 5 Spatial distribution of rice diseases and insect pests in Ningxia

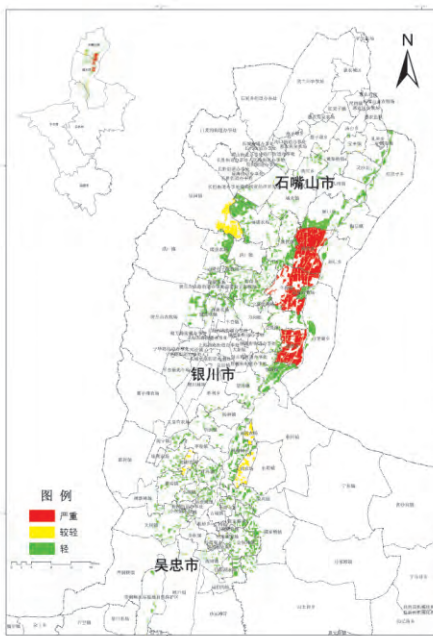


图 6 宁夏银北水稻病虫害空间分布区  
Fig. 6 Spatial distribution of rice diseases and insect pests in North of Yinchuan, Ningxia



图 7 宁夏银南水稻病虫害空间分布区  
Fig. 7 Spatial distribution of rice diseases and insect pests in South of Yinchuan, Ningxia

### 3 结论与讨论

研究显示, 1991 – 2010 年的 20 年间, 宁夏水稻病害发生面积呈波动降低的趋势, 而虫害发生面积呈显著逐年增加的趋势, 但是病害发生面积远远超过虫害的发生面积。水稻病害发生程度呈显著下降趋势, 水稻虫害发生程度呈显著增加趋势。水稻病、虫害发生面积的变化与宁夏种植面积的变化相关, 2003 年宁夏因缺水迫使水稻面积缩减至 4.67 万  $\text{hm}^2$ , 其余年份水稻面积均保持在 7.33 万  $\text{hm}^2$ , 但是水稻种植结构发生了调整, 种植面积逐渐开始向银北低洼盐碱地扩张, 同时也与人们防治水稻病虫害防治策略和技术有关。

1991 – 2010 年的 20 年间, 宁夏水稻病害防治面积呈波动趋势, 虫害防治面积呈逐年增加趋势, 病害防治面积远高于虫害防治面积, 其原因在于病害是影响宁夏水稻产量的主要因素, 宁夏水稻防病害意识强, 防治面积就固定在一个波动值内, 因此病害的防治程度也呈逐年增加趋势, 不会有较大的起伏。水稻虫害防治面积、防治程度都呈显著增长趋势, 随着水稻病虫害发生面积和发生程度的增加, 人类投入的防治面积和防治程度也相应增加。其防治程度的增加说明目前的防治策

略需要进一步改进。银北是荒地开发的重点地区, 种植水稻方面农民缺乏经验和知识, 为了控制水稻病虫害, 不合理地增加防治次数和剂量, 以化学农药为主要防治措施促使了病虫害的抗药性, 导致需要付出更大的防治投入。农药的大量滥用和误用不仅破坏了农业生态系统的结构, 降低了生物多样性, 显著减弱了自然天敌的控害能力, 致使害虫抗药性发展迅速, 造成害虫频发和再猖獗, 陷入了越用药治越难治的恶性循环 (陈学新等, 2014)。

1991 – 2010 年的 20 年间, 防治水稻病害、虫害后, 分别挽回稻谷为 2.67 万 t、0.28 万 t, 如以我国的人均粮食消费量 400 kg 计算, 它们挽回的稻谷产量分别相当于 6.675 万人和 0.7 万人 1 年的口粮, 总计 2.95 万 t 可为 7.375 万人提供 1 年的口粮, 表明水稻病虫害防治意义重大。近年来, 宁夏水稻合理优化布局, 南压北增, 坚持合理的轮作制度和配水制度, 栽培上多种形式并举, 品种上早中晚搭配 (王兴盛, 2007), 提高了水稻病虫害预测预报的准确性 (刘媛, 2013)。宁夏水稻病害的实际损失量已在均值附近波动, 虫害的实际损失量呈逐年增长趋势, 年均实际损失量 0.13 万 t, 说明水稻病虫害的防控需要加强, 防控效果还有进一步提升的空间。



1991–2010 年的 20 年间,宁夏水稻病虫害发生的区域主要在沿黄灌区银北地区。在全球变暖的背景下,宁夏的气候变化趋势与全球气候变化趋势总体趋于一致,且其气候变化的特征主要表现为高温日数增加,低温日减少,暖冬突出(郑广芬等,2006;张智等,2008)。宁夏水稻属西北典型的半湿润半干燥稻作区,雨季集中出现在每年的 7–9 月,降水量占全年的 60%–70% 以上,整个水稻生长季节降水在 180 mm 左右,有明显的季节变化。稻区 169–174 d 平均气温稳定在 10℃,水稻灌浆结实期的日平均温度宁夏平原稻区均在 20℃–24℃,平均日照时数在 8 h 以上(王兴盛,2007)。农作物病虫害是中国最主要的农业生物灾害之一,受气候变化、耕作制度变化等因素的影响(夏敬源,2008;霍治国和王石立,2009;夏敬源,2010),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,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)。全球变暖以及降水格局的年际变化必将导致病虫害的越冬基数增大,利于迁飞害虫稻飞虱的迁入,并最终导致病虫害的暴发。

宁夏水稻种植面积的调整,荒地开发决策的实施(王兴盛,2007),银北低洼盐碱地稻田常年连作,农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 *et al.*, 1982)。宁夏水稻栽培方面存在着“三高一低”的问题,高量下种、高密插秧、高氮施肥(王兴盛,2007)。肥料过量使用可以使土壤微生物和土壤动物群落的减少或消失,破坏整个农田生态系统的食物链,同时可导致土壤结构劣化和土壤肥力退化(章家恩,2007;贺奇等,2013,2014)。为了有效地防止或减少病虫害等生物灾害对水稻生产安全的影响,应加强稻田环境质量监控、农田景观变化及气候变化等对水稻病虫害的影响诊断、发生与灾变的监预警和风险评估,充分发挥生态系统中有益生物因子的作用,注意保护有益生物因子的栖息环境(贺奇等,2011,2013;叶延琼等,2013),提高农田整体的生态服务功能,开展区域性农田生态系统病虫害整合治理研究,并建立可持续综合防御与控制体系(戈峰,2001,2011;章家恩,2007;李祎君等,2010;欧阳芳等,2014)。

## 参考文献 (References)

- Altieri MA, Letourneau DK. Vegetation management and biological control in agroecosystem [J]. *Crop Protection*, 1982, 4 (1): 405–430.
- Chen XX, Ren SX, Zhang F, *et al.* Mechanism of pest management by natural enemies and their sustainable utilization [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (1): 9–18. [陈学新, 任顺祥, 张帆, 等. 天敌昆虫控害机制与可持续利用 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (1): 9–18]
- Fang X, Ge SY, Zhang YS, *et al.* Analysis of economic loss from pest insects and plant disease in cotton of China during 1991–2000 [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (4): 1104–1113. [房雪, GE Saiying, 张永生, 等. 1991–2010 年中国棉花病虫害经济损失分析 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (4): 1104–1113]
- Ge F. The principles methods and practices of regional ecological and management of pests [J]. *Entomological Knowledge*, 2001, 38 (5): 337–341. [戈峰. 害虫区域性生态调控的理论、方法及实践 [J]. 昆虫知识, 2001, 38 (5): 337–341]
- Ge F, Chen FJ, Parajulee MN *et al.* Quantifying diapausing fourth generation and suicidal fifth generation cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in cotton and corn in northern China [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2005, 116 (1): 1–7.
- Ge F. Challenges facing entomologists in a changing global climate [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (5): 1117–1122. [戈峰. 应对全球气候变化的昆虫学研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (5): 1117–1122]
- He Q, Wang XP, Yang GJ. Species diversity of carabid beetles in desert–steppe in Yanchi of Ningxia, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31 (4): 923–932. [贺奇, 王新谱, 杨贵军. 宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性 [J]. 生态学报, 2011, 31 (4): 923–932]
- He Q, Yin YB, Wang X, *et al.* Effect of urea containing nitrification inhibitor DMPP on yield of rice [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2013, 54 (2): 22–23, 38. [贺奇, 殷延勃, 王昕, 等. 含硝化抑制剂尿素对水稻产量的影响 [J]. 宁夏农林科技, 2013, 54 (2): 22–23, 38]
- He Q, Yin YB, Zeng L, *et al.* Diversity of darkling beetles in desert steppe in Yanchi of Ningxia, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 713–719. [贺奇, 殷延勃, 曾乐, 等. 盐池四墩子荒漠草原拟步甲昆虫群落多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 713–719]
- He Q, Yang GJ, Zhang WY, *et al.* Soil animal diversity and community structure of saline-alkali soil in sunflower fields in northern Ningxia [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (1): 255–263. [贺奇, 杨贵军, 张文银, 等. 宁夏银北盐碱地油葵土壤动物多样性及群落结构 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (1): 255–263]
- Huo ZG, Wang SL. Agrometeorological and Biometeorological Disaster [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2009: 1–15, 163–213, 267–281. [霍治国, 王石立. 农业和生物气象灾害

- [M]. 北京: 气象出版社, 2009: 1 – 15, 163 – 213, 267 – 281]
- Huo ZG, Li MS, Wang L. Impacts of climate warming on crop diseases and pests in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45 (10): 1926 – 1934. [霍治国, 李茂松, 王丽. 气候变暖对中国农作物病虫害的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45 (10): 1926 – 1934]
- Li YJ, Wang CY, Zhao B, *et al.* Effects of climate change on agricultural meteorological disaster and crop insects diseases [J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26 (Suppl.): 263 – 271. [李祎君, 王春乙, 赵蓓, 等. 气候变化对中国农业气象灾害与病虫害的影响 [J]. 农业工程学报, 2010, 26 (增刊): 263 – 271]
- Liu Y. Review of crop diseases and insect pests forecasting work in Ningxia and development countermeasures [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2013, 54 (12): 76 – 78. [刘媛. 宁夏农作物病虫害预测预报工作回顾与发展对策 [J]. 宁夏农林科技, 2013, 54 (12): 76 – 78]
- Ma HW, Yin YB. The Research on Quality and Efficient Cultivation Techniques of Rice in Ningxia [M]. Yinchuan: Ningxia People's Publishing House, 2009: 1 – 3. [马洪文, 殷延勃. 宁夏水稻优质高效栽培技术答疑 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2009: 1 – 3]
- Ou YF, Ge F. Effects of agricultural landscape patterns on insects [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (5): 1177 – 1183. [欧阳芳, 戈峰. 农田景观格局变化对昆虫的生态学效应 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (5): 1177 – 1183]
- Ou YF, Men XY, Ge F. Analysis of biological disasters in main food crops of China [J]. *Biological Disaster Science*, 2014, 37 (4): 275 – 280. [欧阳芳, 门兴元, 戈峰. 1991 – 2010 年中国主要粮食作物生物灾害发生特征分析 [J]. 生物灾害科学, 2014, 37 (1): 1 – 6]
- Wang XS. Rice production in Ningxia [J]. *North Rice*, 2007, 1: 19 – 22, 31. [王兴盛. 宁夏水稻 [J]. 北方水稻, 2007, 1: 19 – 22, 31]
- Wang YQ. Analysis on the occurrence and development of rice diseases and insects in China [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22 (2): 343 – 347. [王艳青. 近年来中国水稻病虫害发生及趋势分析 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (2): 343 – 347]
- Xia JY. Outbreaks of major agricultural pests and the control achievements in China [J]. *China Plant Protection*, 2008, 28 (1): 5 – 9. [夏敬源. 我国重大农业生物灾害暴发现状与防控成效 [J]. 中国植保导刊, 2008, 28 (1): 5 – 9]
- Xia JY. Development and expectation of public and green plant protection [J]. *China Plant Protection*, 2010, 30 (1): 5 – 9. [夏敬源. 公共植保、绿色植保的发展与展望 [J]. 中国植保导刊, 2010, 30 (1): 5 – 9]
- Yang YR, Sun JC, Wang XS, *et al.* Comparative analysis of genetic diversity for different period rice varieties in Ningxia [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15 (3): 457 – 464. [杨玉蓉, 孙建昌, 王兴盛, 等. 宁夏不同年代水稻品种的遗传多样性比较 [J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15 (3): 457 – 464]
- Yin YB, Ma HW. Recollections and prospects for Ningxia rice genetics and breeding [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2008, 3: 65 – 66, 57. [殷延勃, 马洪文. 宁夏水稻遗传育种回顾与展望 [J]. 宁夏农林科技, 2008, 3: 65 – 66, 57]
- Yu DZ, Cao YZ, Yang XJ, *et al.* Sustainable management of rice pest and adjustment of agricultural structure [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2007, 9 (5): 68 – 72. [喻大昭, 曹雅忠, 杨小军, 等. 农业结构调整与水稻病虫害的持续治理 [J]. 中国农业科技导报, 2007, 9 (5): 68 – 72]
- Zhang JE. The issues and countermeasures for safe production of rice in China [J]. *North Rice*, 2007, 4: 1 – 7. [章家恩. 我国水稻安全生产存在的问题及对策探讨 [J]. 北方水稻, 2007, 4: 1 – 7]
- Zhang Z, Lin L, Liang P. Climate change and its impacts on agricultural production in Ningxia [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2008, 29 (4): 402 – 405. [张智, 林莉, 梁培. 宁夏气候变化及其对农业生产的影响 [J]. 中国农业气象, 2008, 29 (4): 402 – 405]
- Zhao M, Ou YF, Zhang YS, *et al.* Characteristics of occurrence and damage from diseases and insect pests in rice production in China during 2000 – 2010 [J]. *Biological Disaster Science*, 2014, 37 (4): 275 – 280. [赵梦, 欧阳芳, 张永生, 等. 2000 – 2010 年我国水稻病虫害发生与为害特征分析 [J]. 生物灾害科学, 2014, 37 (4): 275 – 280.]
- Zheng GF, Chen XG, Sun YC, *et al.* The Changes of temperature, precipitation, evaporation and their response to the climate warming [J]. *Scientia Meteorologica Sinica*, 2006, 26 (4): 413 – 421. [郑广芬, 陈晓光, 孙银川, 等. 宁夏气温、降水、蒸发的变化及其对气候变暖的响应 [J]. 气象科学, 2006, 26 (4): 413 – 421]