

湘中地区五(4)代稻纵卷叶螟发生为害与气象条件的关系

胡国强^{1,2}, 邓梅^{1*}, 伍智文¹, 朱倩霞³, 胡英超¹

(1. 湖南省娄底市气象局, 娄底 417000; 2. 气象防灾减灾湖南省重点实验室, 长沙 410118; 3. 湖南省娄底市农业局, 娄底 417000)

摘要 为探明湖南省中部地区五(4)代稻纵卷叶螟的发生与气象条件的关系。本文利用娄底市 2007—2014 年期间稻纵卷叶螟的观测数据和气象数据, 采用相关性分析和通径分析等方法, 分析了五(4)代稻纵卷叶螟发生的气象特征, 并建立了五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的预测模型。研究结果表明: 温湿系数、相对湿度、日平均气温以及降水日数是影响五(4)代稻纵卷叶螟发生的主导决定因子, 其中温湿系数的直接和间接作用最大, 表明五(4)代稻纵卷叶螟对温度和湿度有较高的要求; 五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期出现的适宜气象条件为: 温湿系数大于 2.4, 气温 26~30℃, 相对湿度在 80% 以上, 且蛾高峰期出现的前两天和当天有降水的概率为 88.9%。本文研究结果可为湖南省中部地区稻纵卷叶螟的准确测报和科学防控提供参考。

关键词 稻纵卷叶螟; 气象条件; 相关分析; 通径分析; 蛾高峰期

中图分类号: S 435.112.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.05.015

The relationship between the occurrence of the fourth generation of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) and meteorological conditions in central Hunan Province

Hu Guoqiang^{1,2}, Deng Mei¹, Wu Zhiwen¹, Zhu Qianxia³, Hu Yingchao¹

(1. Loudi Municipal Meteorological Bureau, Hunan, Loudi 417000, China; 2. Provincial Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Changsha 410118, China; 3. Loudi Municipal Bureau of Agriculture, Hunan, Loudi 417000, China)

Abstract In order to investigate the correlation between the occurrence of the fourth generation of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) and meteorological conditions in central Hunan Province, eight years' data (2007–2014) of Loudi District, Hunan Province were collected, and correlation and path analysis methods were used. The results showed that: Firstly, temperature and humidity coefficient, relative humidity, average temperature and rainy day are the dominant determining factors affecting the occurrence of the fourth generation of *C. medinalis*; secondly, the direct and indirect effects of temperature and humidity coefficient are the maximum, suggesting that the fourth generation of *C. medinalis* was influenced significantly by temperature and humidity during the growth period; finally, the moth peak of the fourth generation of *C. medinalis* occurred when (i) temperature and humidity coefficient was greater than 2.4; (ii) the temperature was 26–30℃; (iii) relative humidity was above 80%, and (iv) the probability of precipitation two days before and the day at the moth peak was 88.9%.

Key words *Cnaphalocrocis medinalis*; weather conditions; correlation analysis; path analysis; moth peak time

近年来, 由于耕作制度调整, 杂交稻、优质稻大面积推广种植, 桥梁田增多, 农田生态平衡遭到破坏, 天

敌控制力减弱; 受季风气候变化的影响, 以及当地气候环境适宜等为稻纵卷叶螟提供了优越的环境条件,

收稿日期: 2015-10-09 修订日期: 2015-11-25

基金项目: 湖南省气象局科技项目(XQKJ15B091)

* 通信作者 E-mail: 929023370@qq.com

稻纵卷叶螟常呈暴发性发生为害^[1]。2003、2005、2007、2008 年为近年来特大发生年,给水稻生产带来了巨大的损失^[2-3]。湖南省娄底市是国家重要的商品粮基地市之一,常年水稻种植面积达 20 万 hm² 左右。

稻纵卷叶螟是娄底市普遍性、常发性害虫。该地区具有明显的水稻生产区位优势,从 4 月开始到 10 月都处于水稻生长发育季节,能为稻纵卷叶螟提供丰富的食料条件和适宜的生存环境^[4-5]。按照全国稻纵卷叶螟发生区划分的方法,娄底市属于江岭区的岭北亚区,稻纵卷叶螟常年发生 5~6 代,即第二代—第六代(第七代)。其中,五(4)代稻纵卷叶螟为主害代之一,虫源较复杂,以本地繁殖为主,有部分迁入和迁出,主要为害一季中稻和双季晚稻。据统计五(4)代稻纵卷叶螟暴发频率较高,发生面积较大,危害性较强。如据调查 2010 年娄底市五(4)代稻纵卷叶螟中等偏轻发生,发生面积 6.27 万 hm²,防治 9.0 万 hm²,通过防治挽回损失 6.99 万 t,防治后仍然损失 4.95 万 t。气象条件是影响稻纵卷叶螟发生轻重的重要决定因素,雨日多、湿度大对稻纵卷叶螟发生最有利,适温高湿情况下,有利于成虫产卵、卵孵化和幼虫成活^[6-7]。据唐平等^[8]的研究稻纵卷叶螟生长发育的适宜温度为 22~28℃,相对湿度

为 80%以上。丁海红等^[9]认为,稻纵卷叶螟大暴发的基础条件是虫源基数大,后期的气候条件适宜是必要条件。

7—8 月是五(4)代稻纵卷叶螟发生时期,也是娄底市的主汛期,气温较高,降水日数和降水量都较多,且该时段是一季稻和双季晚稻生长发育的关键期,为稻纵卷叶螟的发生提供了适宜的环境条件,对娄底市的水稻生产构成巨大威胁。稻纵卷叶螟田间种群动态因同时受到环境因子的综合作用,故有必要分析环境因子对种群动态的影响。本文根据娄底市 2007—2014 年的稻纵卷叶螟发生资料和气象资料,分析得到影响五(4)代稻纵卷叶螟发生的关键气象因子,并据此建立了预测模型;另外,分析了五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期的气象条件,得到蛾高峰发生期的气象条件特征,为娄底市有效防治稻纵卷叶螟提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的确定

根据稻纵卷叶螟测报调查规范确定五(4)代稻纵卷叶螟发生的程度,将其分为轻、中偏轻、中等、中偏重和大发生 5 级,如表 1^[10]。

表 1 稻纵卷叶螟发生程度分级
Table 1 Occurrence degree classification of *Cnaphalocrocis medinalis*

发生程度 Occurrence degree	2、3 龄幼虫盛期虫口密度/万头·(667 m ²) ⁻¹ Population density of 2nd— and 3rd-instar larvae	该虫量面积占适生田面积比例/% Proportion of the insect area of suitable area
轻发生(1 级) Light occurrence (level 1)	≤1	<10
偏轻发生(2 级) Light to medium occurrence (level 2)	1~2(含 2)	≥10
中等发生(3 级) Medium occurrence (level 3)	2~4(含 4)	≥30
偏重发生(4 级) Medium to heavy occurrence (level 4)	4~6(含 6)	≥30
大发生(5 级) Outbreak (level 5)	>6	≥30

1.2 资料数据

稻纵卷叶螟田间调查数据来源于娄底市植保植检站提供的 2007—2015 年期间农作物重大病虫害防治周报及娄底市气象台农气人员观测的频振式测报灯灯下诱蛾资料;气象资料由娄底市气象局提供,包括 2007—2014 年的相对湿度、降水、平均温度和日照时数等逐日数据。

1.3 分析方法

根据中华人民共和国国家标准稻纵卷叶螟测报技术规范^[10],得知本稻区五(4)代稻纵卷叶螟发生时间为 7 月 21 日至 8 月 20 日左右。因而选择此时

间段的相对湿度、日平均气温、降水强度、降水日数、日照时数、降水量以及温湿系数等主要气象因子,与稻纵卷叶螟发生程度进行相关性分析和通径分析,并统计了五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰发生期的气象条件。

2 结果与分析

2.1 五(4)代稻纵卷叶螟发生程度与相关气象因子的通径分析

2007—2014 年五(4)代稻纵卷叶螟发生期间天气条件见表 2。基于此数据,对五(4)代稻纵卷叶螟

发生程度与气象因子进行了通径分析(表 3)。影响五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的 7 个条件因子中,相对湿度的相关性最高,相关系数为 0.981,达到极显著水平,其直接作用效应较大,通径系数为 0.121,且通过日平均气温和日降水量产生较大的间接作用。温湿系数、日平均气温和降水日数对五(4)代稻纵卷叶螟发生程度影响也都达到极显著水平,温湿系数的直接作用和通过其他气象因子产生的间接作用最大,间接作用在 0.151~0.256 之间。日平均气温和降水日数通过相对湿度、日照时数和降水日数

产生较大的间接作用,日平均气温的直接作用较大,通径系数为 0.125。说明温湿系数、相对湿度、日平均气温和降水日数是影响五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的主要关键因子,尤其是温湿系数,说明五(4)代稻纵卷叶螟在其生长的时段内对温度和湿度的要求较高。日照时数、日降水量和五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的相关性达到显著水平,产生的直接作用较小,通径系数为 0.093、0.099,两者通过其他气象条件因子产生的间接作用较小。降水强度对五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的直接、间接影响作用都不明显。

表 2 2007—2014 年娄底五(4)代稻纵卷叶螟发生期气象条件

Table 2 Weather conditions during the occurrence of the fourth generation of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> in Loudi from 2007 to 2014								
年份 Year	相对湿度/% Relative humidity	日平均气温/℃ Daily average temperature	日照时数/h Sunshine duration	日降水量/mm Daily precipitation	降水日数/d Number of rainy day	降水强度 ¹⁾ Rainfall intensity	温湿系数 ²⁾ Temperature humidity coefficient	发生等级 Occurrence grade
2007	70.5	29.9	214.3	45.9	7	6.6	2.36	3
2008	71.7	29.9	230.8	73.3	9	8.1	2.40	2
2009	79.8	28.6	184.6	160.2	12	13.4	2.80	3
2010	73.3	31.1	253.1	92.2	8	11.5	2.36	2
2011	70.7	30.2	231.8	98.7	6	16.5	2.34	3
2012	80.2	28.8	212.4	66.2	11	6.0	2.78	3
2013	59.1	31.5	255.3	3.9	2	2.0	1.87	1
2014	83.1	27.1	155.8	194.9	12	16.2	3.06	4

1) 降水强度=降水量(mm)/降水日数(d);2)农作物害虫在其适宜生长时间范围内的平均相对湿度或降水量与平均温度的比值,称为该时段的温湿(雨)系数(Q)^[11]。
1) Precipitation intensity=precipitation (mm)/ precipitation days (d); 2) Ratio of the average relative humidity or precipitation and the mean temperature which is suitable for crop pest growth, called temperature and humidity (rain) coefficient.

表 3 气象条件因子与五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的相关和通径分析

Table 3 Correlation and path analysis between meteorological conditions and the occurrence degree of the fourth generation of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i>									
气象因子 Meteorological factor	相关系数 Correlation coefficient	通径系数 (直接作用) Path coefficient (direct effect)	通过其他因子的间接作用 The indirect effect through other factors						
			相对湿度 Relative humidity	日平均气温 Daily average temperature	日照时数 Sunshine duration	日降水量 Daily precipitation	降水日数 Number of rainy day	降水强度 Rainfall intensity	温湿系数 Temperature humidity coefficient
相对湿度 Relative humidity	0.981**	0.121	—	0.106	0.097	0.099	0.118	0.072	0.119
日平均气温 Daily average temperature	0.888**	0.125	0.109	—	0.121	0.010	0.106	0.063	0.119
日照时数 Sunshine duration	0.819*	0.093	0.074	0.090	—	0.076	0.073	0.049	0.083
日降水量 Daily precipitation	0.772*	0.099	0.081	0.079	0.08	—	0.078	0.085	0.084
降水日数 Number of rainy day	0.960**	0.089	0.087	0.076	0.07	0.07	—	0.045	0.085
降水强度 Rainfall intensity	0.525	0.091	0.054	0.046	0.048	0.078	0.046	—	0.053
温湿系数 Temperature humidity coefficient	0.973**	0.260	0.256	0.246	0.232	0.220	0.248	0.151	—

用决定系数(R^2)来度量各因子对五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的影响程度。在各气象因子对发生程度的通径分析中,计算得到各通径节的决定系数之和为 0.962,根据总的决定系数之和为 1 的原理,则误差项的决定系数为 $1-0.962=0.038$ 。表明影响五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的 96.2%是由上述 7 个气象因子引起的,尚有 3.8%是由其他不明的因素以及调查误差引起的。

2.2 五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的预测模型

由于温湿系数在一定程度上可以替代日平均气温和相对湿度对五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的影响,另外,日降水量和降水强度的相关性达到极显著水平。因此,去除日平均气温、相对湿度和日降水量独立因子的影响,通过对五(4)代稻纵卷叶螟发生程度(y)和温湿系数(x_1)、日照时数(x_2)、降水日数(x_3)和降水强度(x_4)进行多元回归分析,建立了五

(4)代稻纵卷叶螟发生程度的预测模型: $y=-7.994+4.364x_1+0.005x_2-0.239x_3+0.053x_4$,该模型预测的准确性达到显著水平($F=29.705>F_{0.01}=27.49$)。以娄底市 2007—2014 年的相关数据进行回代检验,得到的结果和实况发生等级一致。并用 2015 年的相关数据进行验证,显示 2015 年娄底市五(4)代稻纵卷叶螟发生等级为 3 级,和娄底市植保检站提供的发生等级一致。

2.3 影响五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期的气象条件分析

经统计分析,2007—2014 年五(4)代稻纵卷叶螟发生期娄底市的地面温度变化幅度为 22~32℃,而五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰发生期间地面温度为 26~30℃。在 26~30℃温度范围内,五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰的概率是 77.8%,特别是蛾高峰发生的前一天,地面温度基本都在 26~30℃之间(表 4)。

表 4 五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期地面温度(t)各级出现的百分率统计¹⁾

Table 4 Statistical percentage of different levels of surface temperature (t) during the moth peak time of the fourth generation of *Cnaphalocrocis medinalis*

时间段 Duration	百分率/% Percentage				
	22℃≤ t <24℃	24℃≤ t <26℃	26℃≤ t <28℃	28℃≤ t <30℃	t ≥30℃
蛾高峰前第 2 天 2 days before moth peak	11.1	33.3	11.1	33.3	11.1
蛾高峰前 1 天 1 day before moth peak	0	0	77.8	22.2	0
蛾高峰当天 Moth peak day	0	0	33.3	44.4	22.2
2 天平均 Mean for 2 days	0	0	55.6	38.9	11.1
3 天平均 Mean for 3 days	0	0	66.7	33.3	0

1) 2 天平均为蛾高峰暴发当天和前第 1 天气象要素的平均情况;3 天平均为蛾高峰暴发当天、前第 1 天和前第 2 天气象要素的平均情况(表 5、6 同)。
Mean for 2 days is the average of meteorological factors of the moth peak day and one day before the moth peak; mean for 3 days is the average of meteorological factors of the moth peak day, 1 day before the peak and 2 days before the peak (the same below).

温度适宜的情况下,降水和相对湿度是影响蛾发生量的重要因子。在适温下,相对湿度适当时成虫怀卵率明显提高,卵孵化率也会提高;干旱少雨时,怀卵率和卵孵化率都显著降低;雨量过大对成虫活动、卵的附着以及低龄幼虫的存活都不利,会造成蛾高峰期蛾数量减少。统计分析娄底市 2007—2014 年五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期的降水和相对湿度情况得知(表 5):蛾高峰发生期的当天相对湿度在 80%以上的占 88.8%,且蛾高峰发生的前一天相对湿度都在 80%以上;在蛾高峰期暴发的前 2 天和当天基本都有降水,其概率为 88.9%。因此,在适温情况下,相对湿度在 80%以上的高温高湿天气为稻纵卷叶螟蛾高峰的发生提供了非常有利的条件。

最后统计分析得到五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰

期温湿系数(Q)各级出现的百分率(表 6)发现,五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期出现期间的温湿系数较大,在 2.4 以上,表明当平均相对湿度与平均温度的比值在 2.4 以上时,温度在 26~30℃,相对湿度在 80%以上的情况下,蛾高峰出现的可能性较大,应注意虫害并采取相应的防虫灭虫措施。

3 结论与讨论

根据相关和通径分析结果表明:温湿系数、相对湿度、日平均气温和降水日数是影响五(4)代稻纵卷叶螟发生程度的主要关键因子,尤其是温湿系数,说明五(4)代稻纵卷叶螟对温度和湿度的要求较高;日照时数、日降水量和降水强度的直接作用较大,且主导因子通过其他气象条件因子产生间接作用较大。

五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期出现的适宜气象条件为:温湿系数大于 2.4,气温 26~30℃,相对湿度在 80%以上,且蛾高峰期出现的前两天和当天有降水的概率为 88.9%。

表 5 五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期地面相对湿度(RH)各级出现的百分率统计
Table 5 Statistical percentage of different levels of relative humidity (RH) during the moth peak time of the fourth generation of *Cnaphalocrocis medinalis*

时间段 Duration	百分率/% Percentage				
	70≤RH<75	75≤RH<80	80≤RH<85	85≤RH<90	90≤RH<95
蛾高峰前第 2 天 2 days before moth peak	11.1	22.2	33.3	33.3	0
蛾高峰前 1 天 1 day before moth peak	0	0	22.2	55.6	22.2
蛾高峰当天 Moth peak day	11.1	11.1	44.4	33.3	11.1
2 天平均 Mean for 2 days	0	11.1	11.1	77.8	0
3 天平均 Mean for 3 days	0	11.1	33.3	55.6	0

表 6 五(4)代稻纵卷叶螟蛾高峰期温湿系数(Q)各级出现的百分率统计
Table 6 Statistical percentage of different levels of temperature-humidity coefficient (Q) during the moth peak time of the fourth generation of *Cnaphalocrocis medinalis*

时间段 Duration	百分率/% Percentage			
	2.0≤Q<2.4	2.4≤Q<2.8	2.8≤Q<3.2	Q≥3.2
蛾高峰前第 2 天 2 days before moth peak	0	33.3	33.3	33.3
蛾高峰前 1 天 1 day before moth peak	0	11.1	22.2	66.7
蛾高峰当天 Moth peak day	11.1	22.2	55.6	11.1
2 天平均 Mean for 2 days	0	11.1	55.6	33.3
3 天平均 Mean for 3 days	0	11.1	55.6	33.3

五(4)代稻纵卷叶螟是娄底地区发生面积较大和为害程度较严重的水稻害虫。其发生和为害的轻重,除了受到自身生物学特性的影响外,还受到很多其他环境因子的影响,其中气象因子是稻纵卷叶螟暴发及其发生程度的关键决定因子。因此,防治五(4)代稻纵卷叶螟时,首先要根据其发生期的降水情况、日平均气温和相对湿度等气象因子,预测当年五(4)代稻纵卷叶螟的发生程度和蛾高峰期的发生,以主导因子动态作为五(4)代稻纵卷叶螟数量变化预测指标建立预测模型,文中的回归关系模型达到显著水平,具有较好的预测预报参考价值;同时加强虫情监测和预报,即可及时有效地开展防治。

参考文献

[1] 汤金仪,胡伯海,王建强. 我国水稻迁飞性害虫猖獗成因及其治理对策建议[J]. 生态学报,1996, 16(2):167-173.
[2] 唐洁瑜,王华生,刘建文. 2008 年广西第三代稻纵卷叶螟大发生特点及原因简析[J]. 中国农学通报, 2009,25(2):192-195.

[3] 吴波. 常德市鼎城区稻纵卷叶螟发生规律与防治技术的初步研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2013.
[4] 张孝羲,陆自强,耿济国. 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究[J]. 昆虫学报, 1980,23(2):130-140.
[5] 张孝羲,耿济国,周威君. 我国稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 迁飞规律的研究[J]. 南京农学院学报, 1981,3(9):43-54.
[6] 顾海南,张孝羲. 自然条件下稻纵卷叶螟的繁殖特性[J]. 南京农业大学学报,1987,4(4):37-41.
[7] 王凤英. 稻纵卷叶螟的迁飞生物学和田间种群动态[D]. 南京:南京农业大学,2009.
[8] 唐平. 重庆地区稻纵卷叶螟和白背飞虱的发生及防治的初步研究[D]. 重庆:西南大学,2011.
[9] 丁海红,穆兰芳,吴国兴. 2007 年吴江市水稻纵卷叶螟特大发生原因及防治对策[J]. 安徽农学通报, 2008(19):188-189.
[10] 国家技术监督局. 稻纵卷叶螟测报调查规范[M]. 北京:中国标准出版社,1996.
[11] 全国农业技术推广服务中心. 农作物有害生物测报技术手册[M]. 北京:中国农业出版社,2006:33-34.

(责任编辑:田 喆)