

任义方,高 苹,朱 凤. 江苏省稻瘟病发生程度的气象等级预报[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):151-154,161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.041

江苏省稻瘟病发生程度的气象等级预报

任义方¹, 高 苹¹, 朱 凤²

(1. 江苏省气象服务中心, 江苏南京 210008; 2. 江苏省植物保护站, 江苏南京 210046)

摘要:为了更好地开展稻瘟病的防治工作,探明适宜稻瘟病发生、发展的气象条件和对应气象等级,利用江苏省 67 站的历史气象资料,分析稻瘟病流行年份、水稻生长前期和中后期的气候特征。同时,结合 2014 年江苏省稻瘟病发生实况,对其主要气象影响因子进行分析。并以江苏省宜兴和金坛为例,利用 2005—2014 年 6—8 月的常规气象资料和水稻稻瘟病的监测数据,在综合考虑气象条件、寄主生长情况、病菌基数之间相互关系的基础上,通过相关性分析,筛选出气象影响因子所对应的水稻关键生育期,利用最优化技术,构建综合稻瘟病指标,并确定稻瘟病发生程度气象等级,以判别稻瘟病发生流行的气象适宜度。经试用检验,综合稻瘟病指标对宜兴和金坛稻瘟病发生程度的平均预报准确率分别超过 66.7% 和 62.5%,判别效果较好,可以投入实际业务应用。

关键词:水稻稻瘟病;综合稻瘟病指标;气象等级预报;江苏省

中图分类号: S435.111.4⁺1; S165⁺.28 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0151-04

水稻作为江苏省第一大粮食作物,种植面积和籽粒产量分别占全省粮食面积的 40% 和总产量的 60%,产量稳居全国第一。在气候变化的大背景下,稻瘟病作为水稻四大病害(另外 3 种水稻病害分别为水稻纹枯病、水稻稻曲病、水稻病毒病)之一,病害的发生情况与致灾条件趋于复杂化,危害水稻生长的地理范围不断扩大、程度逐步加剧。例如,2005—2007 年、2013—2014 年水稻稻瘟病在江苏省均有大面积发生,且程度偏重。根据稻瘟病为害时期和发病部位可将其分为不同类型的瘟种(分别为苗瘟、叶瘟、节瘟、穗颈瘟、谷粒瘟)。其中,叶瘟在整个生育期均能发生,在分蘖至拔节期为害较重;穗颈瘟主要发病于拔节至孕穗期,以破口抽穗期为关键期,造成秕谷、霉病等现象,对水稻的产量及品质有严重的影响。此外,品种间发病差异大,经田间调查,华粳 7 号、扬粳 4227、武运粳 24、南粳 9108 等品种发病较重。

稻瘟病发生的强度、范围和持续时间与中小尺度气象要素存在着较为显著的关系,国内稻瘟病发生气象条件和预测预报研究始于 20 世纪 90 年代。关于气象因子如何影响稻瘟病发生、流行及危害的研究^[1-3]均指出,适温高湿、连续阴雨寡照有利于稻瘟病菌的滋生繁殖,易导致稻瘟病的流行。刘志恒等在稻瘟病病菌与气象条件的关系等方面做了一些探讨,发现病菌对温度和湿度较敏感,为稻瘟病发生的气象预报机理研究奠定了基础^[4]。目前对稻瘟病发生程度进行预测预警的研究主要可以分为两大类:一类是直接利用病害资料,建立统计模型进行预测;另一类将病害资料和气象资料相结合,通过建立气象条件与病害程度间的回归模型或结合致病

气象条件直接构建指标等手段来得以实现。例如胡世录通过分析水稻主要病害的发生流行状况、原因,利用统计预测模型研究病害流行的波动周期和特征,并构建水稻病害发生率的时间序列预测模型^[5]。辜晓青采用相关、逐步回归等统计分析的方法筛选具有指示性的气象等级指标,并进行稻瘟病病虫害气候区划^[6]。郭端鸽等从稻瘟病病菌致病所要求的气象条件出发,构建天气促病指数来反映稻瘟病发生的适宜程度^[7]。姚渝丽等从稻瘟病的发生机理出发,利用气象因子建立天气促病指数模型^[8]。

目前,江苏省尚未涉足稻瘟病发生气象因素及农业气象预报方面的研究,为了今后更好地开展稻瘟病的预警服务工作,探明适宜水稻稻瘟病发生、发展的气象条件,本研究以宜兴和金坛为例,根据江苏省历年稻瘟病观测资料,综合考虑气象条件、寄主生长情况、病菌基数之间的相互关系,从致病条件出发,选取水稻关键生育期利于稻瘟病流行的气象因子,利用最优化技术,构建综合稻瘟病指标,判别稻瘟病发生、发展的气象条件适宜度等级,并利用发病实况进行预报准确率验证。

1 资料与方法

1.1 研究资料

水稻稻瘟病观测资料为宜兴和金坛 2005—2014 年的大面积普查情况(包括病穗率、发生面积),全省 67 个气象站从 1959—2014 年的逐日气象资料,以及病害发生情况的文字记载作为适宜稻瘟病发生气象条件分析的旁证材料。

1.2 研究方法

1.2.1 江苏省稻瘟病发生气候条件分析 在稻瘟病流行年份,水稻生长前期(6—7 月),其气候特点主要表现为温暖、多雨寡照;水稻生长中后期(8 月),其气候特点表现为低温、多雨寡照^[1,4]。以宜兴站为例,结合稻瘟病观测资料,分析 2005—2014 年水稻生长期的气候特点。这 10 年中,水稻生长前期温度有 6 年为正距平,2005、2006 年平均气温达 27.7、27.42℃;降水有 6 年为正距平,距平值较大的年份出现在

收稿日期:2015-07-22

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201306035);江苏省气象局科研基金(编号:KM201504)。

作者简介:任义方(1986—),女,江苏苏州人,硕士,助理工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:renyifang2006@126.com。

通信作者:高 苹,高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:gaoping5268@126.com。

2006、2008、2011 年,对应的降水量分别为 566、442.9、835 mm,降水时间分别为 28、38、39 d。在这 10 年间的水稻生长中后期,2011、2012 年平均总降水量分别高达 366.1、272.2 mm,比历年平均多 125.9~219.8 mm;除 2006 年外,雨日均在 10 d 以上;日照时数有 6 年为负距平,其中 2014 年日照时数最少,比历年平均减少 64.28%;温度有 5 年为负距平,最低值也出现在 2014 年。可见,宜兴水稻生长期的气候特点与适宜稻瘟病流行的条件对应较好。然而由表 1 可以看出,水稻生长前期或中后期气象条件适宜的年份并未完全与对应年份稻瘟病发生的程度完全重合。因此,是否适宜稻瘟病的大流行须要综合考虑水稻的整个生育期的气象条件。

表 1 宜兴稻瘟病发生情况

年份	发生面积 (hm ²)	病穗率 (%)	病指	发生程度
2005	24 200.01	2.83	0.75	3
2006	31 513.35	3.83	0.82	3
2007	17 233.34	2.29	0.99	3
2008	13 166.67	0.02	0.01	1
2009	20 866.68	0.03	0.01	2
2010	6 800.00	0.25	0.09	2
2011	300.00	0.24	0.08	1
2012	66.67	0.01	0.01	1
2013	333.33	0.01	0.01	1
2014	5 993.34	0.73	0.53	3

2014 年稻瘟病见病早、发展期长、发病普遍率高、发生程度重,在江苏省各地均能查见,大面积上发病以谷粒瘟、枝梗瘟、穗颈瘟和节瘟为主。结合水稻稻瘟流行前、中后期的气象条件,分析全省的发病实况。6 月初在丘陵、沿江及沿海等地秧田即查见苗瘟发病中心,移栽后普遍查见叶瘟。同期的气象条件有利于苗瘟、叶瘟的发生,并在空间分布上也有较好的对应(图 1)。全省 6、7 月平均气温较常年同期略偏低;平均降水量北少南多,时空分布不均,主要集中在沿江中东部及苏南地区,且当年出梅时间偏晚。除淮北和苏南局部地区外,相对湿度除个别地区全省一致偏高;而日照时数除沿海局部地区全省一致偏少。8 月中下旬杂交水稻及早熟粳稻破口不久即见枝梗瘟及谷粒瘟,部分水稻齐穗后,灌浆达到一半以上甚至进入乳熟期之后,田间病情仍然不断发展、病情加重。在丘陵、沿江、沿海、里下河及淮北等地区,感病品种病穗率为 2%~10%,少数错过防治适期的重发田块病穗率高达 30%~95%,病穴率超过 70%,南京丘陵地区甚至绝收。相应地,全省 8 月平均气温较常年显著偏低;月降水量大部分地区偏多,时空分布不均,月内大部分地区出现了连阴雨天气,有 12 个站达连阴雨极端天气气候事件标准;相对湿度全省一致偏高;日照时数全省一致偏少,为 1959 年以来历史同期最少值(图 2)。

1.2.2 稻瘟病气象等级指标构建思路 实际在稻瘟病的发生发展中,气象条件、寄主生长情况、病菌基数三者的影响缺一不可。稻瘟病是气象型病害,适宜的光、温、水条件利于稻瘟病的流行。具体来说,温度主要影响稻瘟病菌的生长发育。须要综合考虑菌丝生长的温度、分生孢子形成的温度和发芽温度。在适温范围内,降雨或持续高湿有利于病菌孢子的形成、萌发和侵入,时晴时雨或早晚雾浓、露重,最有利于病菌的生长繁殖。光照不足,寄主本身同化作用降低,稻株组织柔

嫩,有利于病菌的侵入和病斑的扩展。

同时,通过上述稻瘟病流行年份水稻生长期气候特点的分析,发现稻瘟病的流行与水稻生长前期和中后期气象条件均有联系。前期降水与越冬病稻草上的菌丝产生分生孢子有关,降水偏多、雨日多有利于越冬病稻草上的菌丝产生分生孢子。期间始现叶瘟,虽然对水稻生长影响有限,但适宜的气象条件可促使稻瘟病菌的萌发、传播、侵染,增加病菌基数累积量,为后期稻瘟病在田间扩散蔓延,提供足够的菌源^[9-10]。水稻生长中后期处于拔节孕穗至抽穗灌浆期即为稻瘟病发生敏感期,在前期发病的基础上,适宜的气象条件有利于病菌大量繁殖和暴发,使穗颈瘟得到进一步发展和流行,对穗瘟病的大暴发起着至关重要的作用^[11-12]。

因此,在明确适宜稻瘟病发生气候条件的大背景下,针对影响最终稻瘟病暴发程度以及产量水平的发病敏感期(即穗颈瘟的高发期),结合前期的天气条件,将叶瘟的暴发情况和气象适宜条件作为影响穗颈瘟暴发程度的病菌基数,构造综合稻瘟病指数来判别最终稻瘟病暴发的气象适宜度。

1.2.3 构建综合稻瘟病指数 综上所述,本研究选取 6—8 月作为稻瘟病发生流行的气象条件监测期,该时段覆盖了水稻的叶瘟和穗颈瘟发病期。注意到日降水量和相对湿度不对应的情况,本研究考虑在其他气象因子符合的条件下,日降水量或相对湿度达到促病条件均会导致稻瘟发生。将逐日气象条件满足日平均温度为 20~30℃,相对湿度大于 90% 或日降水量大于 5 mm,日照时数小于 1 h 的情况定义为致病日。同时,将极差化处理后的病穗率与相对发生面积的乘积定义为稻瘟发病率。分析结果表明,该稻瘟发病率与实际稻瘟发生程度有很好的对应关系,可见该稻瘟发病率可以较好地表征瘟情实况。

根据指标构建思路,结合发病敏感期和菌源基数情况,考虑气象条件对水稻整个生育过程中稻瘟病发生的影响,定义综合稻瘟病指数 Z 为:

$$Z = \alpha Z_{\text{leaf}} + \beta Z_{\text{ear}} \quad (1)$$

式中: Z_{leaf} 和 Z_{ear} 分别为敏感时段的叶瘟指数和穗颈瘟指数; α 、 β 分别为叶瘟指数和稻瘟指数的权重函数。

根据上述稻瘟病易发气象条件和相关分析,并考虑水稻生长前期的降水日数和降水量制约着病菌孢子的喷射过程,作为增加病菌基数的来源,直接影响中后期穗颈瘟的发生。同时,水稻生长中后期易发生穗颈瘟的气候条件为低温、多雨寡照,低温常与多雨条件密切相关,分析发现在满足致病条件的基础上,较高的温度有利于稻瘟病的发展和加重,而降水量较大容易冲刷病菌,不利于稻瘟病的流行。因此,分别以相对降水量和相对温度作为前期和中后期连续致病日数的影响系数,定义叶瘟指数 Z_{leaf} 和穗颈瘟指数 Z_{ear} 为:

$$Z_{\text{leaf}} = \sum_{i=1}^n \left(i \frac{\bar{P}_i}{\bar{P}} D_i \right) \text{before}; \quad (2)$$

$$Z_{\text{ear}} = \sum_{i=1}^n \left(i \frac{\bar{T}_i}{\bar{T}} D_i \right) \text{after}。 \quad (3)$$

式中: i 为连续致病日数, $i=1,2,\dots,n,n\leq 30$; \bar{P}_i 为连续致病日数为 i 的平均降水; \bar{P} 为监测时段内日的平均降水; \bar{T}_i 为连续致病日数为 i 的平均降水; \bar{T} 为监测时段内日的平均降水; D_i 为监测时段内连续致病日数为 i d 的出现次数。

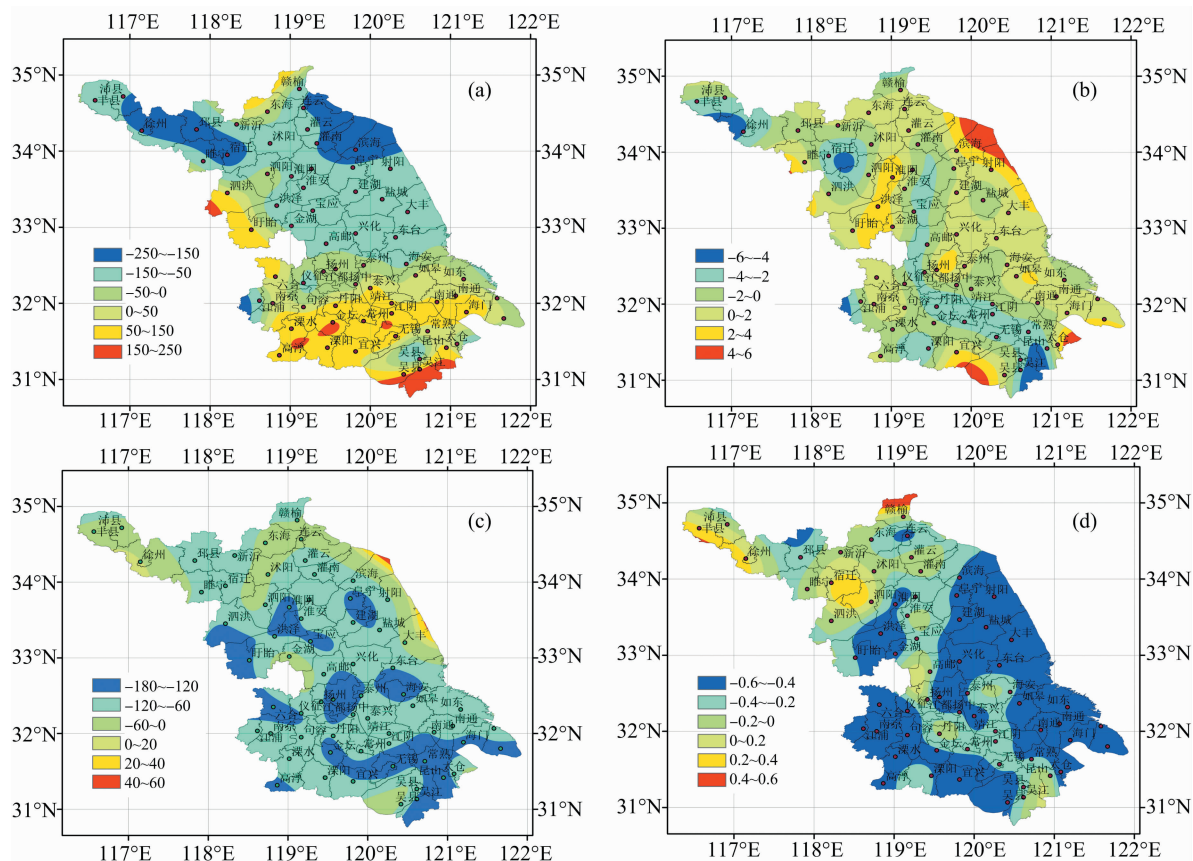


图1 江苏省2014年6—7月上旬(a)总降水距平(mm)、(b)相对湿度距平(%)、(c)日照时数距平(h)、(d)温度距平(°C)的分布

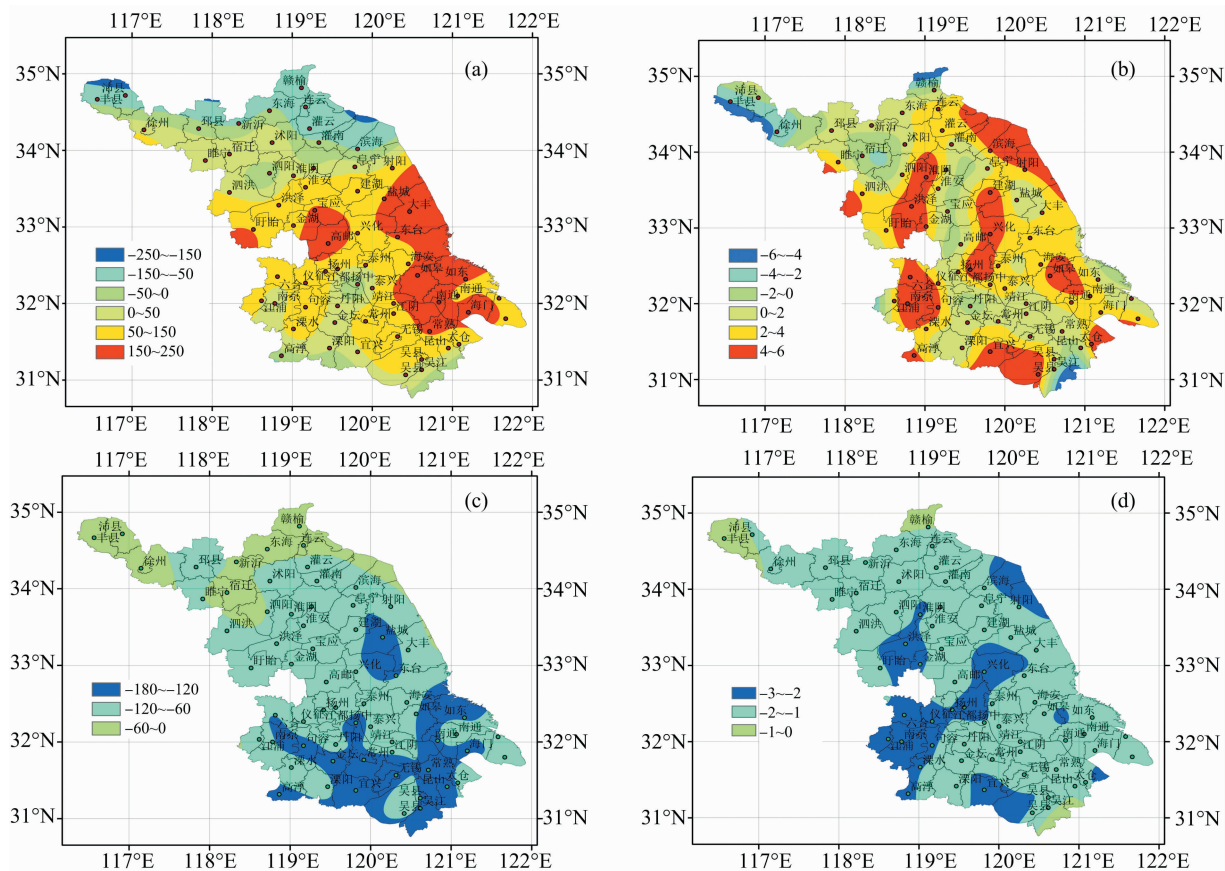


图2 江苏省2014年8月(a)总降水距平(mm)、(b)相对湿度距平(%)、(c)日照时数距平(h)、(d)温度距平(°C)的分布

关于叶瘟指数和穗颈瘟指数敏感时段的筛选和权重系数的确定,须要综合考虑水稻生长发育关键期和稻瘟病发高峰期,以及稻瘟发病率。在监测期中取 30 d 为固定研究时长,逐日滑动取样(在监测时段中共有 63 个样本时段),进行稻瘟发病率与叶瘟指数和穗颈瘟指数的相关分析。分别选取前、中后期里面相关性最高的时段作为其敏感时段,作为叶瘟和穗颈瘟流行的代表时段。并利用最优化技术,确定其中的权重函数 α, β , 计算综合稻瘟病指数 Z 。

2 结果与分析

2.1 综合稻瘟病指数等级划分

将综合稻瘟病指数 Z 按从大到小进行排序,可根据稻瘟病发生程度与各个等级中的样本数,将 Z 值划分成 3 个等级,具体做法参照郭瑞鸽的方法^[7]。利用综合稻瘟病指数 Z 不同取值范围来反映气象条件对病害发生的适宜程度,即稻瘟气象等级(表 2),自等级 1~3 分别代表从弱适宜到强适宜。

表 2 综合稻瘟病指数与适宜程度、流行程度的对应关系

病害等级 (等级代码)	综合稻瘟病指数 Z	适宜程度	流行程度
低(1)	1~10	弱适宜	轻度流行
中(2)	10~12	适宜	中等流行
高(3)	>12	强适宜	大流行

2.2 历史对比分析检验

利用宜兴 2005—2013 年 6—8 月的气象要素,通过回代历史气象要素计算历年综合稻瘟病指数 Z ,并与稻瘟发病率进行相关分析,分析结果通过了 0.01 显著性检验,相关系数达 0.789。从宜兴历年综合稻瘟病指数和稻瘟病流行气象条件适宜程度的等级判别的年变化(图 3)可以看出,其中 2005、2006、2011 年的气象条件利于宜兴水稻稻瘟病的发生,综合指标判定的适宜发生程度均为 3 级,极易流行稻瘟。从发生实况来看,2005、2006 年都大面积发生水稻稻瘟病,与反演结果较吻合。为了进一步验证构建指数的合理性和可靠性,根据稻瘟气象等级划分结果,对宜兴近 9 年稻瘟病发生发展的等级进行判定,并与观测的实际病害发生程度级别(稻瘟发病率)进行对比分析。结果表明,综合稻瘟病指数 Z 在宜兴发病实况为“大流行”和“轻度流行”的预报准确率均达 75%。

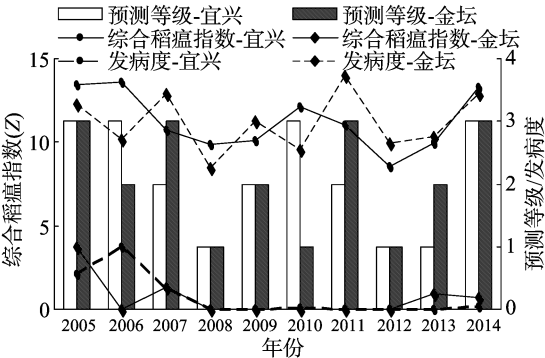


图 3 历年水稻综合稻瘟病指数、预测等级与发病率

2.3 预测对比分析检验

利用宜兴 2014 年的气象要素,计算综合稻瘟病指数 Z ,对稻瘟病发生流行的适宜程度进行预测。分析结果表明,综

合稻瘟病指数 Z 值为 13.27,稻瘟病发生大流行。该预测结果与稻瘟流行程度的实况相一致,即 2014 年的气象条件为宜兴稻瘟病的大发生、重发生提供了可能。

同时,利用该指数应用于其他站点进行预测验证,定义预报等级正确个数占研究样本数的比例为预报准确率。选出江苏省有历史稻瘟观测资料并与宜兴水稻品种(武运梗)相近的金坛为例,进行检测。结果表明,从 2005—2012 年中,金坛仅有 2005 年和 2007 年稻瘟流行,其他年份未见稻瘟或极少发生,综合稻瘟病指数对这 8 年的预报准确率均达 62.5%。其中,对于个别发生程度较低的年份,综合稻瘟病指数还没有给出有说服力的验证结果,有待今后进一步搜集资料验证。对 2013 年的稻瘟病发生程度预报程度偏重;2014 年的预报等级与实况一致。

总体来说,历年宜兴和金坛稻瘟发病率与综合稻瘟病指数 Z 有较好的相关关系(图 3)。从表 3 可以看出,综合稻瘟病指数 Z 对宜兴和金坛稻瘟流行等级的预报预测效果均较好,预测与实况结果多数只相差 0~1 个等级,仅有 1 年漏报(即预报等级小于实际发生等级)。宜兴和金坛 3 个病害等级的平均预报准确率水平分别超过了 66.7% 和 62.5%。因此,利用综合稻瘟病指数法建立江苏省穗瘟气象等级,监测气象条件对病害的适宜程度是可行的。

表 3 历年水稻稻瘟发病实际发生等级与预测等级的对比

年份	宜兴		金坛	
	实际程度	预测程度	实际程度	预测程度
2005	3	3	3	3
2006	3	3	1	2
2007	3	2	3	3
2008	1	1	1	1
2009	2	2	1	2
2010	2	3	1	1
2011	1	2	1	3
2012	1	1	1	1
2013	1	1	3	2
2014	3	3	3	3

3 结论与讨论

本研究以江苏省宜兴和金坛为例,在对稻瘟病流行年份、水稻生长前期和中后期气候特征分析的基础上,从稻瘟病菌发展的 4 个阶段(萌发、侵入、潜伏、暴发)出发,综合各个气象因子对促进稻瘟病发生、发展的影响,并考虑时间累积效应,有效结合前期和中后期适宜稻瘟病流行的气象条件,构建综合稻瘟病指数。该指标考虑气象条件、寄主生长情况、病菌基数之间相辅相成的关系,具有明确的生物学意义。

利用病穗率和相对发病面积定义的稻瘟发病率,可以较好地体现稻瘟病的实际发生情况和程度。在构建综合稻瘟病指数 Z 基础上,通过统计分析,等级划分稻瘟病的气象适宜度。经过历史回代和预测均证明预测的稻瘟病发生气象等级可以较好地反映气象条件对稻瘟病暴发的适宜性,利用该指标对宜兴和金坛稻瘟病发生程度的平均预报准确率水平分别超过了 66.7% 和 62.5%。可见,利用综合稻瘟病指数可以合理防治稻瘟病的发生,有效提高农气业务服务的水平和能力。

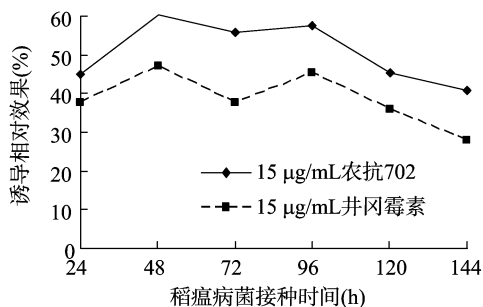


图2 农抗 702 对陆两优 996 水稻诱导抗瘟性的持续作用时间

3 叶 1 心期,首先采用 6 种不同浓度的农抗 702 分别喷施,进行诱导水稻抗瘟性作用最佳浓度的筛选;然后在水稻 7 个不同生长发育期进行喷施,进行诱导抗瘟性的水稻最佳生长期和抗瘟性持续时间的测定。各试验处理喷施药液 4 d 后分别接种稻瘟病菌孢子液,7 d 后分别调查不同试验处理的病情指数、发病率及诱抗相对效果。结果表明:供试 6 种不同浓度的农抗 702 均能诱导水稻产生抗瘟性,且抗瘟性作用的较佳浓度为 15 µg/mL;在水稻 7 个不同生长发育期分别喷施浓度为 15 µg/mL 的农抗 702,均能诱导水稻抗瘟性,诱导抗瘟性较佳生长期为水稻 3 叶 1 心期,其诱抗效果达到 56.56%;且水稻抗瘟性作用最佳时期为喷施后 48~96 h,其诱导水稻抗瘟性的持续时间超过 144 h。农抗 702 诱导抗瘟性较佳生长期为水稻三叶一心期,本试验为农抗 702 进一步研发和在防治水稻稻瘟病的应用方面提供有益的试验数据。

参考文献:

- [1] 张传清,周明国,朱国念. 稻瘟病化学防治药剂的历史沿革与研究现状[J]. 农药学报,2009,11(1):72-80.
- [2] 孙国昌,杜新法. 水稻稻瘟病防治策略和 21 世纪研究展望[J]. 植物病理学报,1998,28(4):289-292.

(上接第 154 页)

适宜的气象条件只是稻瘟病流行的必要条件,并不是充分条件。本研究主要从气象角度对稻瘟病的发生进行监测预警,由于逐年间和各个站点间存在水稻品种、种植方式、防病措施等方面的差异性,因此利用综合稻瘟病指数监测和预测的发病等级,必然会与稻瘟病实际发生的程度存在一定的差异。在今后对指数进行验证的过程中,有待进一步研究气象条件对病害的影响机理,利用多种监测数据,提高模型预报的准确性。

参考文献:

- [1] 刘静,王健林,宋迎波,等. 宁夏水稻稻瘟病发生程度的气象等级预报[J]. 安徽农业科学,2009,37(11):5021-5023.
- [2] 高迎娟,焦焕杰,崔金平. 吉林通化地区稻瘟病发生程度气象等级预报方法[J]. 中国农学通报,2014,30(19):308-311.
- [3] 于雷,张景媛,范维君. 气象因子对稻瘟病的影响及预报[J]. 黑龙江气象,1994(2):35-36.
- [4] 刘志恒,王世维,魏松红,等. 2011—2012 年辽宁省稻瘟病菌种群

- [3] 魏国汶,罗林广,张祥喜. 水稻诱导抗病性研究进展[J]. 江西农业学报,2007,19(8):46-49.
- [4] 赵继红,孙淑君,李建中. 植物诱导抗病性与诱抗剂研究进展[J]. 植物保护,2003,29(4):7-10;
- [5] 陈桂华,唐文邦,张志飞,等. 前胡诱导水稻抗稻瘟病的活性及其有效成分[J]. 中国农业科学,2010,43(9):1807-1814.
- [6] Ueno M, Kumura Y, Ueda K, et al. Indole derivatives enhance resistance against the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* [J]. Journal of General Plant Pathology,2011,77(3):209-213.
- [7] Xiong Z Q, Zhang Z P, Li J H, et al. Characterization of *Streptomyces padanus* JAU4234, a producer of actinomycin X2, fungichromin, and a new polyene macrolide antibiotic [J]. Applied and Environmental Microbiology,2012,78(2):589-592.
- [8] 杜亚楠,魏赛金,涂国全,等. 新农抗 702 对水稻抗纹枯病诱导抗性的初步研究[J]. 江西农业大学学报,2012,34(2):270-275.
- [9] 孙国昌,申宗坦,孙漱沅. 稻瘟病菌产孢条件的研究[J]. 浙江农业大学学报,1990,16(1):51-54.
- [10] 王瑞霞,王振中,纪春艳,等. 水杨酸诱导水稻抗菌物质对稻瘟病菌的抑制作用[J]. 华中农业大学学报,2011,30(2):193-196.
- [11] Kanno H, Fujita Y. Induced systemic resistance to rice blast fungus in rice plants infested by white-backed planthopper [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,2003,107(2):155-158.
- [12] GB/T 15970—2009 稻瘟病测报调查规范[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [13] Chaudhary R C. Standard evaluation system for rice [R]. Manila: International Rice Research Institute,1996.
- [14] 魏赛金,徐佳,程新,等. 农抗 702 可湿性粉剂防治水稻病原真菌的药效评价[J]. 江西农业大学学报,2011,33(3):0488-0492.
- [15] 魏赛金,程新,周云,等. 0.3% 农抗 702 水剂防治水稻病原真菌的药效评价[J]. 江苏农业科学,2012,40(4):118-120.

- [1] 动态分析[J]. 沈阳农业大学学报,2014,45(4):393-397.
- [5] 胡世录. 中国水稻主要病害流行统计预测模型研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.
- [6] 辜晓青. 江西早稻稻瘟病气象风险区划研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(28):12385-12386.
- [7] 郭瑞鸽,杜筱铃,刘文英,等. 江西早稻稻瘟病发生的气象条件监测预警方法[J]. 气象与减灾研究,2008,31(3):48-51.
- [8] 姚渝丽,杨信东,郭明智,等. 利用天气促病指数表模型预报稻瘟病发病趋势[J]. 气象,29(7):52-55.
- [9] 刘瑞强,陈观浩,施宗超,等. 稻瘟病叶瘟和穗瘟关系模型的建立与应用[J]. 安徽农学通报,2006,12(5):189.
- [10] 彭洪江,彭仕钟,吴先丽. 水稻稻瘟病叶瘟与穗瘟相关性分析[J]. 西南农业学报,1995,8(1):79-83.
- [11] 宁万光,谢瑛,史洪中,等. 信阳水稻稻瘟病发生规律及基于灰色预测模型的预测预报[J]. 江苏农业科学,2014,42(6):102-104.
- [12] 王伟舵,于俊杰,聂亚峰,等. 2011—2014 年江苏省稻瘟病菌种群动态及毒力变化[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):285-289.