

胡能,杨帅,雷志火,等. 农抗702诱导水稻抗瘟性研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):158-161.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.043

农抗702诱导水稻抗瘟性研究

胡能,杨帅,雷志火,涂晓嵘,涂国全,黄林

(江西农业大学生物科学与工程学院,江西南昌330045)

摘要:为探讨农抗702诱导水稻抗瘟性,分别采用稻瘟病易感水稻品种陆两优996和农抗702为试验材料,首先在水稻3叶1心时,将不同浓度的供试农抗702分别进行喷施,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药液,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后4d后分别接种稻瘟病菌孢子液,7d后分别调查不同试验处理的病情指数和发病率及诱抗效果。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48~96h,其诱导水稻抗瘟性的持续时间超过144h。研究为农抗702进一步研发和防治水稻稻瘟病方法的应用提供有益的试验数据。

关键词:农抗702;水稻;稻瘟病;诱导抗瘟性

中图分类号:S432.2⁺6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0158-04

水稻稻瘟病(*Magnaporthe oryzae*)是威胁全球水稻种植区域的三大病害之一。目前,稻瘟病的防治措施主要包括化学防治、抗病品种选育和栽培管理;化学药剂长期大量使用造成环境、食品安全以及病菌产生耐药性或抗药性等问题;选育抗病品种虽然不会造成环境污染,但是容易丧失抗病性,大面积栽培时抗病性的丧失将会造成农作物的巨大损失^[1-2]。诱导抗性(induced resistance)是指利用物理、化学或生物因子预先处理植物,激活植物对病虫害和逆境的反应而产生的局部抗性(过敏性抗性)或系统抗性^[3]。植物诱抗剂又称激发子(elicitor),是一类能诱导寄主植物产生防卫反应的特殊化合物的总称,且具有使用剂量小、易降解、广谱性和系统性等优势,可利用激发子诱导水稻抗瘟性防治水稻稻瘟病,引起国内

外学者的广泛关注;陈桂华等利用前胡作为激发子^[5],Ueno等利用吡啶衍生物作为激发子对水稻进行诱导^[6],均可有效增强水稻抗瘟性,从而达到防治水稻稻瘟病的目的。农抗702是由江西农业大学生物科学与工程学院应用微生物研究室从土壤中分离筛选到的链霉菌702所产生的新型多烯大环内酯抗生素^[7]。杜亚楠等研究表明,农抗702能够诱导水稻激活水稻防御酶系统,进而增强水稻抗病能力^[8]。本研究以农抗702作为激发子,对水稻诱导抗瘟性作用的最佳诱导浓度、最佳生长发育时期及诱导水稻抗瘟性的持续作用时间进行研究。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试药剂 (1)农抗702:90%农抗702为笔者研究室自行制备;(2)井冈霉素:60%井冈霉素可湿性粉剂,购自江苏擎宇化工科技有限公司。

1.1.2 供试水稻 陆两优996,由北京金色农华种业技术股份有限公司提供。

1.1.3 供试菌 水稻稻瘟病菌(*Magnaporthe grisea*),由江西省农业科学院植物保护研究所提供。

防治对策[J]. 植物医生,2009,22(5):11-12.

[3]张洁,霍光华,李湘民,等. 江西省稻瘟病对春雷霉素和稻瘟灵的抗药性研究[J]. 江西农业大学学报,2013,35(4):722-726.

[4]刁春友,朱叶芹. 农作物主要病虫害预测预报与防治[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2006:49-52.

[5]肖丹凤,王玲,黄世文,等. 中浙优系列组合对稻瘟病的抗性现状[J]. 浙江农业科学,2013(3):300-303.

[6]赵正洪,周政,吴伟怀,等. 湖南稻瘟病菌生理小种的组成及其致病性[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2014,40(2):173-177.

[7]刘永锋,陈志谊,刘邗洲,等. 2001—2010年江苏省稻瘟病菌种群

变化分析[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1233-1237.

[8]温小红,谢明杰,姜健,等. 水稻稻瘟病防治方法研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(3):190-195.

[9]孙雪梅,易红娟,刘嘉德,等. 2014年通州区水稻穗颈瘟大流行原因及其综合防治措施[J]. 中国植保导刊,2015(5):43-45.

[10]张加云,谢国清,韩忠良. 2008年云南省水稻稻瘟病发生条件分析[J]. 云南农业科技,2009(1):50-51.

[11]张金成. 水稻稻瘟病施药技术研究[J]. 现代化农业,2012(11):67-69.

[12]杨荣明,周明国,叶钟音. 三环唑防治稻瘟病的作用机制[J]. 南京农业大学学报,1998,21(2):34-37.

收稿日期:2015-12-31

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360450)。

作者简介:胡能(1991—),男,硕士研究生,主要从事微生物所产生物活性物质研究。E-mail:huneng678@sina.com.cn。

通信作者:涂国全,教授,主要从事微生物所产生物活性物质研究, Tel:(0791)83813466,E-mail:tuguquan@263.net;黄林,博士,讲师,主要从事微生物所产生物活性物质研究, Tel:(0791)83813460,E-mail:huanglin213@126.com。

1.2 试验方法

1.2.1 不同浓度农抗 702 的配制 准确称取 702 111.11 mg 90% 农抗 置于 100 mL 容量瓶中并用 100 mL 无水乙醇定容, 即成浓度为 1 mg/mL 的农抗 702 母液, 4 °C 冰箱避光保存。试验时用无菌蒸馏水稀释成试验所需浓度, 现配现用。

1.2.2 不同浓度井冈霉素的配制方法 准确称取 60% 井冈霉素可湿性粉剂 166.67 mg, 加无菌蒸馏水定容至 100 mL 容量瓶配制成 1 mg/mL 母液, 4 °C 冰箱避光保存。试验时用无菌蒸馏水稀释成所需浓度, 现配现用。

1.2.3 水稻稻瘟病菌培养与孢子悬浮液的制备参照文献 [9-10]。

1.2.4 供试水稻培育方法 将水稻种子浸于 75% 乙醇 3 min, 用无菌蒸馏水冲洗 3 次, 28 °C 培养箱浸种 24 h, 催芽 48 h。待露白后播种于水稻盆并放于水稻房, 水稻生长期适当施肥。水稻 3 叶 1 心期及之前时期播种于小水稻盆, 每盆 12 株, 间隔 2 cm × 2 cm, 每个处理 4 盆; 3 叶 1 心期之后移栽于大水稻盆, 每穴 3 株, 每盆 4 穴, 穴间隔 10 cm × 20 cm, 每个处理 4 盆。

1.2.5 农抗 702 诱导水稻抗瘟试验 试验在控温控湿的光照玻璃栽培实验室中进行, 均采用单因素的对比试验设计。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、发病率及诱抗效果。同时, 分别以 15 μg/mL 井冈霉素为阳性对照和蒸馏水为阴性对照作同样处理。

1.2.5.1 农抗 702 诱导水稻抗瘟性作用浓度的筛选 为了筛选农抗 702 诱导水稻抗瘟性较佳喷施浓度, 在水稻幼苗长至 3 叶 1 心期, 分别用 5、10、15、20、30、40 μg/mL 农抗 702 进行秧苗喷雾处理。

1.2.5.2 农抗 702 诱导水稻抗瘟性较佳作用时期研究 为了研究农抗 702 诱导水稻抗瘟性较佳作用时期。试验采用筛选出的农抗 702 诱导抗瘟性的较佳作用浓度, 分别在种子幼芽期、幼苗期(3 叶期)、成苗期(4 叶期)、返青期、分蘖期、孕

穗期和结实期等 7 个不同生长发育期进行喷药处理。

1.2.5.3 农抗 702 诱导水稻抗瘟性持续作用时间研究 为了研究农抗 702 诱导水稻抗瘟性持续作用时间, 采用 15 μg/mL 农抗 702 药液在水稻幼苗期(3 叶期)进行喷施后, 分别在 24、48、72、96、120、144 h 时接种稻瘟病菌孢子液。

1.2.6 稻瘟病菌接种方法 将稻瘟病菌孢子悬浮液加入喷雾器中, 对水稻叶片喷雾接种稻瘟病菌孢子悬浮液, 直到叶面有小水珠, 叶面边缘有液滴滴下为止; 水稻孕穗期用注射器注射稻瘟孢子悬浮液至水稻孕穗或半抽穗的苞内, 每穗注射 1 mL; 水稻结实期使用喷雾器将稻瘟孢子悬浮液均匀喷洒于水稻穗, 直到水稻穗上有水雾但不形成水滴^[11]。接种后水稻叶片保持湿润遮光 24 h, 水稻房保持 28 °C, 湿度不低于 95%, 7 d 后分别调查各处理的病情指数、发病率及诱抗相对效果。

1.2.7 水稻病情调查按 GB/T 15970—2009《稻瘟病测报调查规范》进行病株率、病情指数^[12]和诱抗相对效果统计^[13]。相关公式:

$$\text{病株率} = \text{病株数} \div \text{总株数} \times 100\%;$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{病情株数} \times \text{代表级别})}{\text{调查总株数} \times \text{最高代表级}} \times 100;$$

$$\text{诱抗相对效果} = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100\%。$$

2 结果与分析

2.1 农抗 702 诱导水稻的抗瘟性作用浓度的筛选

表 1 表明, 不同浓度农抗 702 和 15 μg/mL 井冈霉素都能诱导陆两优 996 水稻产生抗瘟性; 随着农抗 702 浓度的增高, 发病率、病情指数先降后升, 诱抗相对效果先升后降; 当农抗 702 的浓度为 15 μg/mL 时, 其发病率最低, 为 61.66%, 病情指数仅为 16.33, 诱导相对效果高达 56.56%, 均明显优于 15 μg/mL 井冈霉素的诱抗效果。

表 1 不同浓度的农抗 702 诱导陆两优 996 水稻苗期抗瘟性试验结果

处理	浓度 (μg/mL)	调查总 数(株)	染病数 (株)	各级病情调查结果						发病率 (%)	病情指数	诱抗相对效果 (%)
				0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级			
农抗 702	5	59	47	12	20	18	8	1	0	79.66	28.47	24.26
	10	60	43	17	22	15	6	0	0	71.67	23.33	37.94
	15	60	37	23	25	12	0	0	0	61.66	16.33	56.56
	20	60	43	17	28	12	3	0	0	71.67	20.33	52.11
	30	60	44	16	15	21	8	0	0	73.33	27.00	28.17
	40	60	46	14	17	13	16	0	0	76.66	30.33	19.31
井冈霉素	15	58	44	14	29	12	3	0	0	75.86	21.38	43.12
蒸馏水	0	58	54	4	15	26	10	3	0	93.10	37.59	

2.2 农抗 702 对水稻不同生长发育时期的诱导抗瘟作用

采用 15 μg/mL 农抗 702 分别对种子幼芽期、3 叶期、成苗期、返青期、分蘖期、孕穗期和结实期等 7 个不同生长发育期水稻进行喷药试验, 结果见表 2、图 1。

由表 2、图 1 可知, 在陆两优 996 水稻 7 个不同生长发育期分别采用 15 μg/mL 农抗 702 和井冈霉素进行喷施, 均能诱导水稻抗瘟性, 且农抗 702 诱导抗瘟性的效果优于井冈霉素; 农抗 702 诱导抗瘟性较佳生长期为水稻成苗期, 其诱抗效果

达到 56.56%。

2.3 农抗 702 对水稻诱导抗瘟性持续作用时间试验结果

采用 15 μg/mL 农抗 702 在陆两优 996 水稻 3 叶 1 心期喷施并分别在 24、48、72、96、120、144 h 时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, 详见表 3、图 2。

由表 3、图 2 可知: 在陆两优 996 水稻成苗期(3 叶 1 心期)分别喷施 15 μg/mL 农抗 702 和井冈霉素, 诱导水稻抗瘟

表2 农抗702对陆两优996水稻不同生长发育时期的诱导抗瘟性试验结果

水稻不同生长发育期	试验处理	调查总数(株)	染病数(株)	各级病情调查结果						染病率(%)	病情指数	诱抗相对效果(%)
				0级	1级	2级	3级	4级	5级			
种子幼芽期	农抗702	48	34	14	28	6	0	0	0	70.83	16.67	27.27
	井冈霉素	48	37	11	32	4	1	0	0	77.08	17.92	21.82
	蒸馏水	48	40	8	27	11	2	0	0	83.33	22.92	
水稻幼苗期	农抗702	48	37	11	31	5	1	0	0	77.08	18.33	13.74
	井冈霉素	48	39	9	31	7	1	0	0	81.25	20.00	5.88
	蒸馏水	48	41	7	32	8	1	0	0	85.42	21.25	
水稻成苗期(3叶1心期)	农抗702	60	37	23	25	12	0	0	0	61.66	16.33	56.56
	井冈霉素	58	44	14	29	12	3	0	0	75.86	21.38	43.12
	蒸馏水	58	54	4	15	26	10	3	0	93.10	37.59	
水稻返青期	农抗702	48	32	16	18	12	2	0	0	66.67	20.00	40.74
	井冈霉素	48	36	12	20	11	3	2	0	75.00	24.58	27.17
	蒸馏水	48	46	2	20	19	5	2	0	95.83	33.75	
水稻分蘖期	农抗702	48	33	15	32	1	0	0	0	68.75	14.17	37.02
	井冈霉素	48	35	13	33	2	0	0	0	72.92	15.42	31.47
	蒸馏水	48	44	4	34	10	0	0	0	91.67	22.50	
水稻孕穗期	农抗702	67	50	17	33	11	6	0	0	74.63	21.79	15.73
	井冈霉素	68	53	15	32	14	7	0	0	77.94	23.82	11.94
	蒸馏水	68	59	9	36	13	10	0	0	86.76	27.06	
水稻结实期	农抗702	230	105	125	83	15	2	0	0	45.65	10.35	38.70
	井冈霉素	227	114	113	80	30	3	1	0	50.22	13.48	20.14
	蒸馏水	218	146	72	114	26	6	0	0	66.97	16.88	

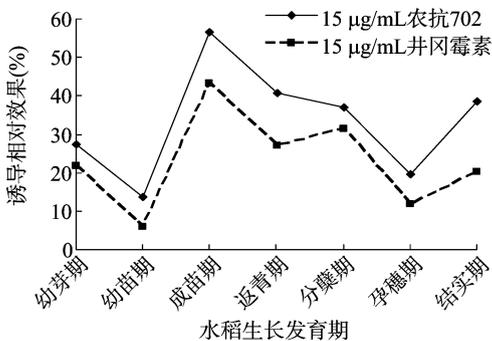


图1 农抗702对陆两优996水稻不同生长发育期诱导抗瘟性

性均能持续6 d(144 h)以上,且15 µg/mL农抗702诱导水稻抗瘟性的诱抗相对效果从24~144 h均强于相同浓度的井冈霉素;15 µg/mL农抗702诱导水稻抗瘟性作用最佳时期为喷施药液后48~96 h,96 h后抗瘟性逐渐递减。

3 讨论与小结

魏赛金等研究表明,新型多烯大环内酯抗生素农抗702在防治水稻纹枯病、稻瘟病和稻曲病试验中,农抗702对水稻防御纹枯病、稻瘟病和稻曲病的保护效果大于其防治效果,农抗702对水稻具有诱导抗病性^[14-15]。本试验分别采用稻瘟病易感品种陆两优996水稻和农抗702为试验材料,在水稻

表3 农抗702对陆两优996水稻诱导抗瘟性持续作用时间试验结果

诱导抗瘟性持续时间(h)	试验处理	调查总数(株)	染病数(株)	各级病情调查结果						染病率(%)	病情指数	诱抗相对效果(%)
				0级	1级	2级	3级	4级	5级			
24	农抗702	50	39	11	28	10	1	0	0	78.00	20.40	45.16
	井冈霉素	50	41	9	27	12	1	1	0	82.00	23.20	37.63
	蒸馏水	50	46	4	16	15	13	2	0	92.00	37.20	
48	农抗702	94	55	39	38	17	0	0	0	58.51	15.32	60.31
	井冈霉素	88	65	23	41	23	1	0	0	73.86	20.45	47.02
	蒸馏水	86	82	4	28	27	24	3	0	95.35	38.60	
72	农抗702	82	51	31	36	12	3	0	0	62.20	16.83	55.85
	井冈霉素	80	62	18	34	24	3	1	0	77.50	23.75	37.70
	蒸馏水	85	80	5	29	22	27	2	0	94.12	38.12	
96	农抗702	94	54	40	31	23	0	0	0	57.45	16.38	57.43
	井冈霉素	97	68	29	37	28	3	0	0	70.10	21.03	45.35
	蒸馏水	105	101	4	27	50	21	3	0	96.19	38.48	
120	农抗702	93	73	20	49	23	1	0	0	78.49	21.08	45.39
	井冈霉素	84	68	16	39	22	7	0	0	80.95	24.76	35.85
	蒸馏水	86	81	5	20	40	18	3	0	94.19	38.60	
144	农抗702	113	94	19	56	37	2	0	0	83.19	24.07	40.95
	井冈霉素	98	87	11	36	45	6	0	0	88.78	29.39	27.89
	蒸馏水	105	99	6	21	45	29	4	0	94.29	40.76	

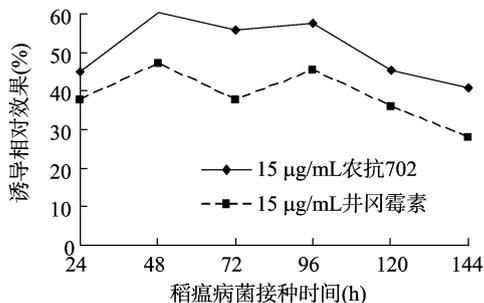


图2 农抗 702 对陆两优 996 水稻诱导抗瘟性的持续作用时间

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, 孙激沅. 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.
- 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, 杜筱玲, 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, 2009, 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, 聂亚锋, 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.