

荸荠枯萎病发生动态及防治技术

朱志贤^{1,2} 胡兴明² 于 翠² 邓 文² 黄俊斌^{1*}

(1. 华中农业大学植物科学技术学院, 湖北省作物病害监测和安全控制重点实验室, 武汉 430070;

2. 湖北省农业科学院经济作物研究所, 武汉 430064)

摘要: 荸荠枯萎病在我国各个荸荠 *Eleocharis dulcis* 产区普遍发生, 是影响荸荠产量的重要病害。为有效防治该病害, 于 2010—2012 年调查了湖北省荸荠枯萎病的田间发生动态, 并进行了荸荠品种抗病性评价、室内药剂筛选及药剂处理球茎盆栽和田间试验。3 年田间病情调查结果表明, 荸荠枯萎病于 8 月中旬开始发生, 8 下旬—9 月上旬温度适宜, 病害开始缓慢增长; 9 月下旬—10 月中旬为该病发生的高峰期; 病情指数均与温度呈显著负相关, 但各年份的病情指数与相对湿度和降雨量均无显著相关性。沙洋荠、肇庆荠、韶关马坝荠、桂林荠-1 品种对荸荠枯萎病有较强的抗性。10% 苯醚甲环唑、25% 多菌灵、40% 氟硅唑和 25% 啞菌酯 4 种药剂处理球茎均有利于荸荠出苗。经多菌灵和氟硅唑处理的球茎假植到大田 2 个月后对荸荠枯萎病仍有一定的防治效果, 防治效果分别为 22.3% 和 27.0%, 而啞菌酯和苯醚甲环唑对该病基本无防治效果。

关键词: 荸荠枯萎病; 发生动态; 球茎; 抗病品种

Occurrence and control of *Fusarium* wilt of Chinese water chestnut

Zhu Zhixian^{1,2} Hu Xingming² Yu Cui² Deng Wen² Huang Junbin^{1*}

(1. Key Laboratory of Crop Disease Monitoring and Safety Control in Hubei Province, Huazhong Agricultural

University, Wuhan 430070, Hubei Province, China; 2. Institute of Economic Crop, Hubei

Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei Province, China)

Abstract: *Fusarium* wilt of Chinese water chestnut, *Eleocharis dulcis*, is widely distributed throughout *E. dulcis* producing areas, and it is one of the most important diseases, which has become a major limiting factor for *E. dulcis* production. In order to control *Fusarium* wilt of Chinese water chestnut, the disease occurrence from 2010 to 2012 growing seasons, evaluation of *E. dulcis* cultivars resistance, comparison of the inhibition of different fungicides, and pot and field trials of corm fungicide treatments were studied. The results showed that symptoms of the disease were initially occurred in the middle August. Because of the appropriate temperature, late August to early September was suitable for the disease, and it began to grow slowly. Late September to middle October was the peak stage of the disease. The disease index of the three years was significantly negative correlated with temperature, but has no significant correlation with relative humidity and rainfall. Shayangqi, Zhaoqingqi, Shaoguanmabaqi and Guilinqi-1 had a relative strong resistance to *Fusarium* wilt in two year field trials. The four fungicides, 10% difenoconazole, 25% carbendazim, 40% flusilazole and 25% azoxystrobin, were benefit for *E. dulcis* corms to germinate. Two months after provisional planting, corms treated by carbendazim and flusilazole still had control efficiency of 22.3% and 27.0%, respectively, however, both azoxystrobin and difenoconazole had no control efficiency to this disease.

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903017-08), 国家“十二五”科技支撑计划(2012BAD27B00)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: junbinhuang@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2016-06-16

Key words: *Fusarium* wilt of Chinese water chestnut; occurrence; corm; resistant cultivar

荸荠是一种莎草科多年生草本植物,原产于中国南方和印度(李峰等,2006),现已在中国、印度、日本、美国和意大利等国家商业化种植(Lentz, 1962; Arima et al., 1999)。在我国荸荠主要种植于浙江、广西、广东、福建、安徽、湖北、湖南、江西等省区(Zhu et al., 2014)。其球茎可当作蔬菜或水果食用,且有一定的药用价值(You et al., 2007)。近几年随着荸荠种植面积扩大和连作,荸荠枯萎病在种植区广泛流行,成为限制荸荠生产的重要因素。该病首次在浙江省余杭县发现(蒋冬花等,1988),随后在湖北、安徽、福建等省荸荠主产区均有报道(李本金等,1999;刘爱媛,1999)。在湖北省团风县,2009年该病害发病率为20%~35%,2012年发生面积扩大,发病程度加重,有些田块发病率达到70%(Zhu et al., 2014)。

荸荠枯萎病主要危害荸荠植株茎基部,发病前期少数叶状茎秆尖端变黄,然后缓慢向茎基部扩展,茎秆逐渐变黄;后期母株整株发黄,植株生长衰弱、矮化,此后少数分蘖开始枯萎;此时根变黑褐色腐烂,几乎没有新根,导致植株枯死或倒伏,有些植株基部长满粉红色粘状物(潘丽等,2010)。病株地下部不结球茎或结出发育差的浅白色球茎,或者球茎变成黑褐色腐烂。蒋冬花等(1988)通过常规组织分离法获得4种引起荸荠枯萎病的病原菌,分离频率从高到低依次为尖孢镰刀菌 *Fusarium oxysporum*、锐顶镰刀菌 *F. acuminatum*、半裸镰刀菌 *F. semitectum* 和串珠镰刀菌中间变种 *F. moniliforme* var. *intermedium*,其中尖孢镰刀菌是引起荸荠枯萎病的主要病原菌。在福建省等荸荠主要产区也有由尖孢镰刀菌导致荸荠枯萎病的报道(李本金等,2005;鲁红学等,2006),但Zhu et al.(2014)对6个省份荸荠枯萎病病原菌进行鉴定,认为短梗镰刀菌 *F. commune* 是引起荸荠枯萎病的主要病原菌。

荸荠是一种水生植物,且枯萎病是一种土传病害,通过喷施化学药剂的方法进行防治,不但效果不理想,还易造成水和土壤污染,因此荸荠枯萎病的防治极具挑战性。Zhu et al.(2014)认为筛选抗病品种是防治荸荠枯萎病最环保、经济、有效的措施,但是目前对该病的防治通常采取农业防治与化学防治相结合的措施。农业防治主要是合理轮作,精选种荠,适时适度晒田,加强肥水管理,提高植株抗病力。化学防治主要是喷施70%甲基硫菌灵和25%多菌灵。迄今国内外对该病防治技术的研究较少,因此,本研

究拟通过对湖北省团风县荸荠枯萎病的发生动态进行调查,结合荸荠品种抗病性评价、室内药剂筛选及球茎药剂处理试验,采用多种措施相结合的方法,以期摸索出一套切实可行的荸荠枯萎病绿色、综合防治技术措施,为其生产防治提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株及植物:供试单孢纯化的荸荠枯萎病菌菌株TF5于2009年从湖北省团风县方高坪彭家墩村自然发病的荸荠枯萎病株的茎基部分离获得。该菌株保存于中国典型培养物保藏中心,编号为AF 2013028(Zhu et al., 2014)。36个荸荠供试品种由武汉市农业科学院蔬菜研究所提供,分别为东乡洋荠、新滢荠-2、三江荠-99、宜昌当阳荠、万家村荠、连江大荠、江西家荠、资阳荠、芦山荠、蕲洲荠、广西泥潭荠、三江荠-98、台湾荠、安徽荠、潮州荠、余干怪荠、江西九江荠、益阳荠、湘潭荠、常德荠、宝应荠、浏阳荠、苏荠、团风荠、桂林荠-2、杨店荠、金山荠-1、合肥荠、孝选荠、萍乡荠、河中荠、余干荸荠、桂林荠-1、韶关马坝荠、肇庆荠、沙洋荠。

供试药剂:40%氟硅唑(flusilazole)乳油、20.67%恶酮·氟硅唑(flusilazole·famoxadone)乳油、55%硅唑·多菌灵(silicon azole·carbendazim)可湿性粉剂,美国杜邦公司;25%多菌灵(carbendazim)可湿性粉剂、20%三唑酮(triadimefon)可湿性粉剂,运城绿康实业有限公司;10%苯醚甲环唑(difenoconazole)水分散粒剂、25%啞菌酯(azoxystrobin)悬浮剂,先正达中国投资有限公司;70%甲基硫菌灵(thiophanate-methyl)可湿性粉剂,日本曹达株氏会社;30%苯醚甲环唑·丙环唑(difenoconazole·propi-conazole)乳油,江苏丰登农药有限公司;43%戊唑醇(tebuconazole)乳油,拜耳作物科学公司;50%咪唑啉酮(imidazole quinoline ketone)可湿性粉剂,河南科诺基农农化有限公司;4%四氟咪唑(tetraconazole)乳油,意大利赛格公司。

培养基:马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar, PDA)培养基;马铃薯200g、葡萄糖20g、琼脂20g,蒸馏水定容至1L,121℃下灭菌25min。

仪器:HP400G-C型光照培养箱,武汉瑞华仪器有限公司;SW-CJ-2FD型超净工作台,苏州苏洁净化设备公司。

1.2 方法

1.2.1 荸荠枯萎病田间流行因素分析

2010—2012年在荸荠移植大田后,每年在湖北省团风县荸荠种植基地选取5块荸荠枯萎病发病田块,每个田块采用对角线五点取样法,每个点标记100株荸荠,自发病初期对其进行枯萎病发病情况调查,每隔10~15 d调查1次,直到荸荠茎秆自然枯黄。记录调查日期相应的病株数和病级,根据发病茎秆数占整个植株茎秆数的百分比来划分病级:0级:无可见病症;1级:发病茎秆数占整个植株茎秆数1%~10%;2级:发病茎秆数占整个植株茎秆数11%~30%;3级:发病茎秆数占整个植株茎秆数31%~60%;4级:发病茎秆数占整个植株茎秆数61%~90%;5级:发病茎秆数占整个植株茎秆数91%~100%。病情指数= $\sum(\text{各级病株数} \times \text{发病级别}) / (\text{调查总株数} \times \text{最高分级级别}) \times 100$ 。气象资料由湖北省团风县农业局提供,包括日平均气温、日降雨量和日平均降雨量,根据一日之中2时、8时、14时、20时测定的数据算术平均值求得。

1.2.2 不同荸荠品种对枯萎病的抗病性评价

2011年和2012年在湖北省团风县何家敦村选取前2年荸荠枯萎病发生严重的田块进行荸荠品种抗病性评价试验,设36个处理,每个品种为1个处理,每处理3次重复,共108个小区,随机区组排列,每个小区8 m²,且每小区间留1 m的空白区,每年3月中下旬在室内催芽,4月上旬旱地育壮苗,5月中旬大田假植后,于6月底将各品种的荸荠苗移植在相应小区中,不定时拔除间隔带上的荸荠分蘖,9月上旬采用三点取样法,每点调查60株荸荠,记录每个小区荸荠枯萎病发病株数、病级数,并计算病情指数。荸荠品种枯萎病抗病性分级标准:高抗(high resistance, HR):病情指数0~5;抗病(resistance, R):病情指数5.1~15;中抗(moderate resistance, MR):病情指数15.1~20;中感(moderate susceptibility, MS):病情指数20.1~25;感病(susceptibility, S):病情指数25.1~30;高感(high susceptibility, HS):病情指数>30。

1.2.3 供试药剂对病原菌TF5的菌丝抑制作用

采用菌丝生长速率法进行测定(Freeman et al., 1997),用无菌水将12种供试药剂配制成5个不同浓度的含药PDA平板,即氟硅唑、恶酮·氟硅唑、啞菌酯、三唑酮浓度为100、10、1、0.1和0.01 μg/mL,苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、苯醚甲环唑·丙环唑、四氟咪唑浓度为100、50、10、1和0.1 μg/mL,多菌灵浓度为1 000、100、10、1和0.1 μg/mL,硅唑·多菌灵浓度为

0.6、0.4、0.2、0.1和0.05 μg/mL,戊唑醇浓度为20、10、1、0.1和0.01 μg/mL,咪唑啉酮浓度为8、6、4、2和0.1 μg/mL的PDA平板上,将活化5 d的直径6 mm菌丝块接种到平板中央,每个浓度重复5次,于25℃恒温培养箱培养,7 d后用十字交叉法测量菌落直径,计算相对抑菌率。相对抑菌率= $[(\text{对照菌落直径} - \text{菌丝块直径}) - (\text{处理菌落直径} - \text{菌丝块直径})] / (\text{对照菌落直径} - \text{菌丝块直径}) \times 100\%$ 。取药剂浓度的对数值为 x ,菌丝生长相对抑制率的概率值为 y ,求得各杀菌剂的毒力回归方程、相关系数 r 及 EC_{50} (50% effective concentration,半数有效浓度),抑制率为50%时对应的概率值。

1.2.4 药剂处理球茎盆栽试验

盆栽试验选用25%多菌灵500倍液、10%苯醚甲环唑1 000倍液、40%氟硅唑8 000倍液和25%啞菌酯1 000倍液4种药剂分别处理团风县和沙洋县发病田块采集的20个荸荠球茎,浸种12 h后,晾干过夜,以清水处理作对照,每个处理设3次重复。将黄棕壤置于121℃灭菌2 h,施适量复合肥,在每个38 cm×30 cm×13 cm塑料盆中播种同一药剂处理的5个荸荠球茎,适时浇水。按随机区组排列,2个月后调查荸荠球茎出苗率。

1.2.5 药剂处理球茎田间试验

选用上述4种药剂,每种药剂随机处理大小、重量基本一致的30个荸荠球茎,浸种12 h后晾干,3月中旬在室内沙中催芽,用清水浸种作对照,每个处理3次重复。4月上旬在旱地育苗,5月中旬育苗结束后调查其出苗率及发病情况。由于育苗结束后基本无枯萎病发生,所以于5月中旬将荸荠苗在田间假植,调查不同药剂处理对荸荠枯萎病的防治效果,小区面积30 m²,共15个小区,随机区组排列,荸荠分蘖后将小区间多余的分蘖拔出。假植后2个月,采用五点取样法,每点调查60株荸荠枯萎病发生情况,评价各药剂处理的相对防治效果,相对防治效果= $(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100\%$ 。

1.3 数据分析

采用DPS 3.01软件对数据进行方差分析,用LSD法进行不同处理间的差异显著性检验。用SPSS 19.0软件Pearson相关系数分析荸荠枯萎病田间发生动态与气象因子(温度、相对湿度、降雨量)间的关系。

2 结果与分析

2.1 荸荠枯萎病田间流行因素分析

2010—2012年荸荠枯萎病田间流行调查结果

表明,3年间田间病害发展趋势基本一致,多于8月中旬开始发生,由于温度较高(30℃左右),一直处于零星发生阶段,少数植株茎秆尖端变黄或青枯;8月下旬—9月上旬,温度适宜(25℃左右),病害开始缓慢增长,并逐步向植株茎基部扩展,茎秆逐渐变黄;

9月下旬—10月中旬为该病发生的高峰期,植株整株发黄,且生长衰弱、矮化,少数分蘖开始枯萎,此时根变黑褐色腐烂,几乎没有新根,导致植株枯死或倒伏,有些植株基部长满粉红色粘状物。此后,病害发生呈不断增长趋势至最后一次调查(图1)。

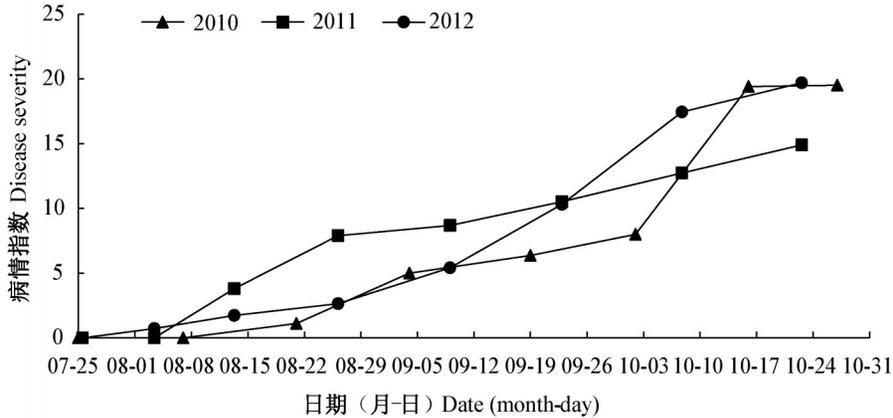


图1 2010—2012年湖北省团风县荸荠枯萎病田间发生动态

Fig. 1 Disease index of Fusarium wilt of *Eleocharis dulcis* in Tuanfeng County, Hubei Province in 2010—2012

对3年间病害田间发生动态进行比较,2011年病害在发病初期病情指数为3.8,比2010年(0.72)和2012年(1.11)发病严重,但后期病害发展速度比2010年和2012年慢(图1)。对病害田间发生动态与气象因素(温度、湿度、降雨量)进行初步分析:3年调查数据显示,2011年8月上旬平均温度为26.96℃,比2010年的31.47℃和2012年的29.20℃低,更适宜病菌生长,因此病害初期发展较快。9月上旬,3年平均温度均为25℃左右,但2012年平均降雨量为86.10 mm,远高于2011年的0.65 mm和2010年的6.90 mm,因此9月中下旬后,2012年病害发展速度明显快于2010年和2011年。10月初,3年平均温度均为20℃左右,平均降雨量相近,但2010年平均相对湿度为82.50%,高于2011年的73.10%和2012年的55.00%,因此10月中下旬后2010年病害发展速度较2011年和2012年快(图2)。病情指数和气象因子的相关性分析结果表明,3年的病情指数均与温度呈显著负相关关系($r_{2010} = -0.927$, $r_{2011} = -0.936$, $r_{2012} = -0.918$, $P < 0.01$),但各年份的病情指数与相对湿度和降雨量无显著相关性。

2.2 不同荸荠品种对枯萎病的抗性评价

2011年和2012年对荸荠枯萎病的抗性评价结果表明,不同荸荠品种对枯萎病的抗性存在差异。不同年份荸荠品种对枯萎病抗性不稳定,2011年供试的36个荸荠品种中,三江荠-99、资阳荠、芦山荠和三江荠-98病情指数分别为8.0、6.8、8.2和7.0,均

为抗病品种,但在2012年这4个品种的病情指数分别为37.5、31.6、29.2和27.9,均为感病品种。仅桂林荠-1、韶关马坝荠、肇庆荠和沙洋荠在2年的田间试验中均表现出对枯萎病有较强的抗性,为抗病品种(表1)。

2.3 不同杀菌剂对菌丝生长的抑制作用

12种杀菌剂对荸荠枯萎病菌TF5均有不同程度的抑制作用,杀菌剂的相对抑制率与其浓度对数之间呈显著正相关($P < 0.01$)。10%苯醚甲环唑水分散粒剂抑菌效果最好,EC₅₀为0.22 μg/mL,其次是55%硅唑·多菌灵可湿性粉剂、25%多菌灵可湿性粉剂、40%氟硅唑乳油、30%苯醚甲环唑·丙环唑乳油、43%戊唑醇乳油和20.67%恶酮·氟硅唑乳油,抑菌效果较好,EC₅₀分别为0.24、0.25、0.26、0.63、0.64、0.84 μg/mL,50%咪唑啉酮可湿性粉剂、70%甲基硫菌灵可湿性粉剂和25%嘧菌酯悬浮剂抑菌效果则较差,EC₅₀分别为2.99、3.88、3.98 μg/mL,4%四氟咪唑乳油和20%三唑酮可湿性粉剂抑菌效果最差,EC₅₀分别为7.86 μg/mL和11.68 μg/mL(表2)。

2.4 药剂处理球茎盆栽和田间试验

药剂处理球茎盆栽试验表明,用25%多菌灵500倍液、10%苯醚甲环唑1000倍液、40%氟硅唑8000倍液和25%嘧菌酯1000倍液4种药剂处理不同品种荸荠球茎后,团风荠球茎的出苗率分别为90.00%、86.75%、80.00%和83.33%,经清水对照处理的出苗率仅为61.70%;沙洋荠球茎的出苗率,分

别为 93.33%、91.67%、91.67% 和 96.67%，经清水对照处理的出苗率为 85.00% (表 3)。表明上述 4 种药剂处理均有利于团风荸荠和沙洋荸荠的出苗。

药剂处理球茎田间试验表明, 25% 多菌灵、10% 苯醚甲环唑、40% 氟硅唑和 25% 嘧菌酯 4 种药剂处

理均有利于荸荠出苗, 出苗率分别为 100.00%、98.89%、95.56% 和 98.89%。在假植 2 个月后, 多菌灵和氟硅唑对荸荠枯萎病的防治效果较好, 分别为 22.32% 和 27.02%, 而 25% 嘧菌酯和 10% 苯醚甲环唑的防治效果则较差 (表 3)。

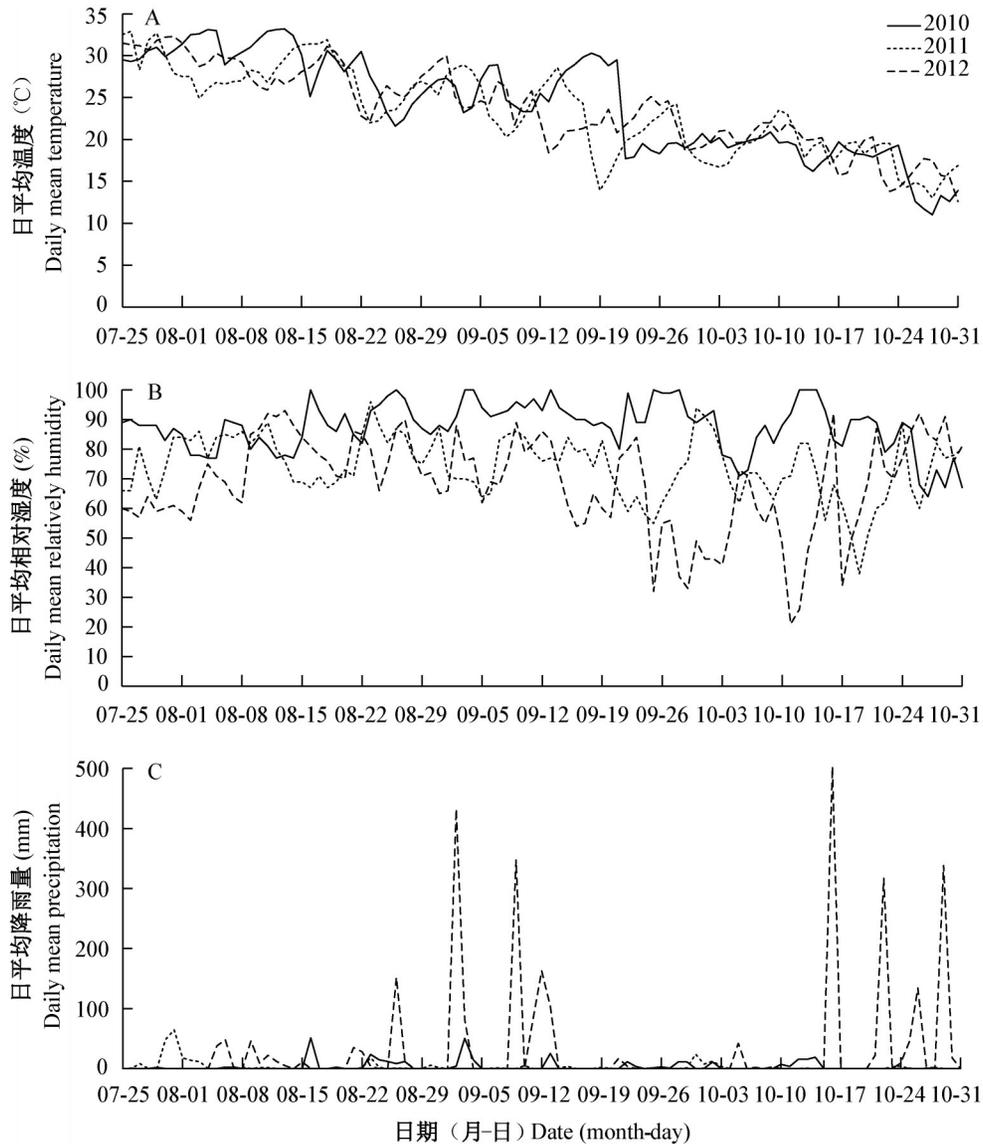


图 2 2010—2012 年湖北省团风县荸荠枯萎病田间调查期间的气象因子

Fig. 2 Meteorological factors in Tuanfeng County, Hubei Province in 2010—2012 during the investigation stage of *Fusarium* wilt of *Eleocharis dulcis*

A: 气温; B: 相对湿度; C: 降雨量。A: Temperature; B: relative humidity; C: precipitation.

3 讨论

荸荠枯萎病在湖北省团风县流行范围广, 近几年来该病发生呈逐年加重趋势。本试验结果表明 2010—2012 年荸荠枯萎病田间病害发展趋势基本一致, 于八月中旬开始发生, 由于温度较高, 一直处于零星发生阶段。8 月下旬—9 月上旬, 温度适宜,

病害开始缓慢增长。9 月下旬—10 月中旬为该病的高峰期, 之后病害发生呈不断增长趋势。潘丽等 (2010) 报道在福建省, 荸荠 8 月上旬移栽大田后, 9 月上旬开始零星发病, 病菌由老叶向新叶、母株向分蘖蔓延, 9 月上旬至 10 月下旬该病盛发, 可一直延续到 11 月中旬。由于湖北省荸荠一般在 7 月下旬移栽大田, 所以病害发生比福建省早, 但是病害发生

趋势及症状与已报道的福建省荸荠枯萎病发生情况 基本一致。

表1 2011年和2012年不同荸荠品种对荸荠枯萎病的抗性评价

Table 1 Evaluation of resistance of different cultivars to *Fusarium* wilt of *Eleocharis dulcis* in 2011 and 2012 growing seasons

品种 Cultivar	2011		2012		品种 Cultivar	2011		2012	
	病情指数 Disease index	抗病反应 Resistance reaction	病情指数 Disease index	抗病反应 Resistance reaction		病情指数 Disease index	抗病反应 Resistance reaction	病情指数 Disease index	抗病反应 Resistance reaction
东乡洋荠 Dongxiangqi	25.8±6.1 bcd	感病 S	40.0±4.6 a	高感 HS	湘潭荠 Xiangtanqi	16.4±1.2 bcd	中抗 HR	24.2±0.0 abcdefghi	中感 HS
新溜荠-2 Xinjiaoqi-2	17.4±5.6 bcd	中抗 MR	39.7±0.0 a	高感 HS	常德荠 Changdeqi	29.8±2.9 abcd	感病 S	24.0±3.5 abcdefghi	中感 HS
三江荠-99 Sanjiangqi-99	8.0±0.8 d	抗病 R	37.5±2.5 a	高感 HS	宝应荠 Baoyinqi	18.9±4.2 bcd	中抗 HR	23.4±3.4 abcdefghi	中感 HS
宜昌当阳荠 Dangyangqi	21.0±3.2 bcd	中感 MS	35.6±0.0 ab	高感 HS	浏阳荠 Liuyangqi	16.0±1.2 bcd	中抗 HR	23.4±0.3 abcdefghi	中感 HS
万家村荠 Wanjiacunqi	55.2±1.6 a	高感 HS	33.3±1.3 abc	高感 HS	苏荠 Suqi	15.2±4.9 bcd	中抗 HR	23.3±3.3 abcdefghi	中感 HS
连江大荠 Lianjiangqi	40.8±3.1 ab	高感 HS	32.8±9.1 abcd	高感 HS	团风荠 Tuanfengqi	15.0±1.3 bcd	抗病 R	-	-
江西家荠 Jiangxijiaqi	17.6±7.2 bcd	中抗 HR	32.0±1.3 abcde	高感 HS	桂林荠-2 Gulinqi-2	18.2±4.8 bcd	中抗 HR	21.5±1.1 cdefghi	中感 HS
资阳荠 Ziyangqi	6.8±2.8 d	抗病 R	31.6±7.9 abcde	高感 HS	杨店荠 Yangdianqi	19.6±3.8 bcd	中抗 HR	21.1±0.7 cdefghi	中感 HS
芦山荠 Lushanqi	8.2±3.1 d	抗病 R	29.2±0.0 abcdef	感病 S	金山荠-1 Jinshanqi-1	17.0±7.3 bcd	中抗 HR	21.1±8.5 cdefghi	中感 HS
蕲洲荠 Qizhouqi	33.8±9.3 abcd	高感 HS	29.1±0.0 abcdef	感病 S	合肥荠 Hefeiqi	21.6±7.8 bcd	中感 HS	19.3±2.5 defghi	中抗 HR
广西泥潭荠 Guanxiqi	10.6±2.5 bcd	抗病 R	28.9±0.0 abcdef	感病 S	孝选荠 Xiaoxuanqi	17.6±4.7 bcd	中抗 MR	17.8±0.9 defghi	中抗 MR
三江荠-98 Sanjiangqi-98	7.0±3.2 d	抗病 R	27.9±0.0 abcdef	感病 S	萍乡荠 Pingxiangqi	38.6±11.6 abc	高感 HR	17.8±4.2 defghi	中抗 MR
台湾荠 Taiwanqi	13.0±1.7 bcd	抗病 R	27.5±6.6 abcdefg	感病 S	河中荠 Hezhongqi	23.0±2.7 bcd	中感 MS	16.7±2.0 defghi	中抗 MR
安徽荠 Anhuiqi	13.4±3.2 bcd	抗病 R	26.9±3.6 abcdefgh	感病 S	余干荠 Yuganqi	13.0±2.5 bcd	抗病 R	16.0±5.2 defghi	中抗 MR
潮州荠 Caozhouqi	16.4±1.2 bcd	中抗 MR	26.8±11.2 abcdefghi	感病 S	桂林荠-1 Guilinqi-1	10.2±2.9 cd	抗病 R	15.0±2.3 efghi	抗病 R
余干怪荠 Yuganguaiqi	20.4±7.1 bcd	中感 MS	25.6±5.2 abcdefghi	感病 S	韶关马坝荠 Shaoguanqi	14.6±4.8 bcd	抗病 R	14.4±8.8 efghi	抗病 R
江西九江荠 Jiangxiqi	13.0±0.8 bcd	抗病 R	25.5±2.8 abcdefghi	感病 S	肇庆荠 Zaoqingqi	10.0±2.0 cd	抗病 R	14.4±2.1 efghi	抗病 R
益阳荠 Yiyangqi	35.8±13.9 abcd	高感 HR	24.2±0.0 abcdefghi	中感 MS	沙洋荠 Shayangqi	11.8±4.4 bcd	抗病 R	12.8±0.0 fgi	抗病 R

表中数据为平均数±标准误。同列不同字母表示经LSD法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。-: 品种未参与抗病性评价试验。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by LSD test. HR: High resistance; R: resistance; MR: moderate resistance; MS: moderate susceptibility; S: susceptibility; HS: high susceptibility. -: the cultivar isn't included in the evaluation of resistance trial.

表2 12种供试药剂对荸荠枯萎病菌TF5的抑制作用

Table 2 Comparative the inhibition of 12 fungicides to *Eleocharis dulcis* TF5

供试药剂 Fungicide	毒力回归方程 Toxic regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	EC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)
10%苯醚甲环唑 10% difenoconazole	$y=5.24+0.36x$	0.9998	0.22
55%硅唑·多菌灵 55% silicon azole carbendazim	$y=5.86+0.46x$	0.9549	0.24
25%多菌灵 25% carbendazim	$y=6.74+2.88x$	0.9432	0.25
40%氟硅唑 40% flusilazole	$y=5.44+0.74x$	0.9811	0.26
30%苯醚甲环唑·丙环唑 30% difenoconazole·propiconazole	$y=5.10+0.48x$	0.9925	0.63
43%戊唑醇 43% tebuconazole	$y=5.09+0.44x$	0.9991	0.64
20.67%恶酮·氟硅唑 20.67% flusilazole·famoxadone	$y=5.06+0.80x$	0.9824	0.84
50%咪唑唑啉酮 50% imidazole quinoline ketone	$y=4.13+1.84x$	0.9954	2.99
70%甲基硫菌灵 70% thiophanate-methyl	$y=4.20+1.36x$	0.9977	3.88
25%啞菌酯 25% azoxystrobin	$y=4.70+0.49x$	0.9554	3.98
4%四氟咪唑 4% tetraconazole	$y=4.15+0.95x$	0.9598	7.86
20%三唑酮 20% triadimefon	$y=4.49+0.48x$	0.9023	11.68

表3 不同药剂处理荸荠球茎盆栽和田间试验

Table 3 Pot and field trials of different fungicide treatments on *Eleocharis dulcis* corms

%

药剂 Fungicide	盆栽试验 Pot trials		大田试验 Field trials		
	团风荸荠球茎 出苗率 The corm emergence rate of Tuanfengqi	沙洋荸荠球茎 出苗率 The corm emergence rate of Shayangqi	出苗率 Emergence rate	发病率 Disease incidence	防治效果 Control efficiency
	25%多菌灵 500 倍液 500 fold dilution of 25% carbendazim	90.00± 0.02 a	93.33± 0.04 a	100.00± 0.00 a	25.33± 6.35 a
10%苯醚甲环唑 1 000 倍液 1 000 fold dilution of 10% difenoconazole	86.75± 0.02 a	91.67± 0.04 a	98.89± 1.11 ab	33.61± 5.00 a	-
40%氟硅唑 8 000 倍液 8 000 fold dilution of 40% flusilazole	80.00± 0.04 a	91.67± 0.04 a	95.56± 2.94 ab	23.84± 3.47 a	27.02± 5.76 a
25%啞菌酯 1 000 倍液 1 000 fold dilution of 25% azoxystrobin	83.33± 0.04 a	96.67± 0.03 a	98.89± 1.11 ab	25.87± 4.26 a	4.33± 29.35 a
清水对照 CK	61.70± 0.06 b	85.00± 0.06 a	94.44± 1.11 b	30.97± 3.53 a	-

表中数据为平均数±标准误。同列不同字母表示经LSD法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。-: 无防治效果。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by LSD test. -: No control efficiency.

2011年病害在发病初期病情指数比2010年和2012年高,可能是由于2011年病害发生前期(8月上旬平均温度为 26.96°C)温度比2010年(8月上旬平均温度为 31.47°C)和2012年(8月上旬平均温度为 29.20°C)低,更适宜病害发生。分析发现荸荠枯萎病3年的病情指数均与温度呈显著负相关,各年份的病情指数与相对湿度和降雨量无显著相关性,但是对3年病害发生前期的病害发生情况和气象因子比较研究发现,温度、相对湿度和降雨量对病害的发生均有一定程度影响,说明病害发生动态是一个复杂的过程,受到多重因素的影响,温度是影响荸荠枯

萎病发生、发展的重要因素。

防治枯萎病最经济有效的措施是抗性品种的使用,本文荸荠枯萎病抗性评价研究表明,沙洋荠、肇庆荠、韶关马坝荠、桂林荠-1在2年的田间试验中均表现出对枯萎病有较强的抗性。不同年份荸荠品种对枯萎病抗性不稳定。李峰等(2013)对荸荠种质资源进行鉴定时也发现不同时期荸荠品种对荸荠秆枯病的抗性差异较大,认为其抗性可能与气候条件、病原菌密度等因素有关。因此,田间自然抗性评价的方法虽然具有简单、高效等优点,但其抗性评价效果易受播种时间、栽培管理措施、病原菌密度及

气象因子等环境因素的影响,所以需要室内接种对荸荠品种的抗性进行进一步验证。

球茎药剂处理盆栽试验结果表明,25%多菌灵500倍液、10%苯醚甲环唑1000倍液、40%氟硅唑8000倍液和25%嘧菌酯1000倍液均有利于团风荠和沙洋荠出苗;假植到大田2个月后经多菌灵和氟硅唑处理的球茎对荸荠枯萎病仍有一定防治效果,分别为22.3%和27.0%,但室内抑菌效果最好的苯醚甲环唑处理的球茎移栽大田2个月对枯萎病无防治效果,可能是由于苯醚甲环唑易溶于有机溶剂,在土壤中会被缓慢溶解,因此球茎移栽大田后药效持续时间不长。而多菌灵不溶于水,微溶于有机溶剂,氟硅唑在水和有机溶剂中溶解性较小,所以在后期仍对荸荠枯萎病有一定防治效果。在种植前用药剂处理荸荠球茎,不但可以降低发病率,也可以减少球茎腐烂,增加出苗率,从而增加荸荠产量。Özer & Köycü(1998)研究发现用咪酰胺处理洋葱的球茎是防治尖孢镰刀菌引起的枯萎病最有效的措施;Ram et al.(2004)报道克菌丹、苯菌灵和噻苯咪唑处理唐菖蒲球茎对枯萎病有一定防治效果,但由于病原菌常存在于靠近球茎的维管束组织中,加上球茎木栓层的存在,药剂通常不能到达球茎内部起到杀菌作用,防治效果不理想。当将球茎放入低pH溶解的药剂中1h,能显著提高这些药剂的防治效果。因此,如何提高球茎药剂处理的防治效果,还需要对该方法进行优化。枯萎病是一种土传病害,同时荸荠属于水生作物,其种植过程存在育苗、移栽环节,药剂处理球茎可减轻病害的发生,但移栽田块的带菌量也直接影响病害发生;单纯使用化学药剂防治枯萎病效果不甚显著,应结合选用抗病品种、采用晒田或轮作的栽培措施进行综合控制(Zhu et al.,2016)。

参 考 文 献 (References)

- Arima S, Hoque A, Sakae A. 1999. Comparison of growth and yield performance of several water chestnut species collected from southwestern Japan and middle China. *Plant Production Science*, 2(4): 273-278
- Freeman S, Nizani Y, Dotan S, Even S, Sando T. 1997. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse, and field conditions. *Plant Disease*, 81(7): 749-752
- Jiang DH, Chen HK, Wang GC. 1988. Chinese water chestnut wilt — a new disease in Zhejiang. *Acta Phytopathologica Sinica*, 18(4): 197-202 (in Chinese) [蒋冬花, 陈鸿逵, 王拱辰. 1988. 荸荠枯萎病—浙江省一种荸荠新病害. *植物病理学报*, 18(4): 197-202]
- Lentz P. 1962. New records of fungi on Chinese water chestnut. *American Midland Naturalist*, 67(1): 184-193
- Li BJ, Tong CL, Luo WB, Xie SY, Lu T. 2005. Study on the biology characteristics and chemical control of pathogen causing wilt of *Eleocharis dulcis*. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 20(1): 23-25 (in Chinese) [李本金, 童川拉, 罗文彬, 谢世勇, 卢同. 2005. 荸荠枯萎病菌生物学特性及药剂防治研究. *福建农业学报*, 20(1): 23-25]
- Li BJ, Tong CL, Zheng YM, Guo YM, Cai YQ, Lian BD. 1999. Identification of the pathogen causing Chinese water chestnut wilt in Fujian. *Jiangxi Plant Protection*, 22(1): 18-20 (in Chinese) [李本金, 童川拉, 郑元梅, 郭亚木, 蔡跃庆, 连白冬. 1999. 防治荸荠枯萎病药剂的室内筛选及毒力测定. *江西植保*, 22(1): 18-20]
- Li F, Ke WD, Li SM, Peng J, Li MH, Sun YL. 2013. Identification of field resistance to stem blight in Chinese water chestnut resources. *China Vegetables*, (4): 82-85 (in Chinese) [李峰, 柯卫东, 李双梅, 彭静, 李明华, 孙亚林. 2013. 荸荠种质资源对秆枯病的田间抗性鉴定. *中国蔬菜*, (4): 82-85]
- Li F, Ke WD, Liu YM. 2006. Advances in research of *Eleocharis dulcis*. *Journal of Changjiang Vegetables*, (8): 39-43 (in Chinese) [李峰, 柯卫东, 刘义满. 2006. 荸荠研究进展. *长江蔬菜*, (8): 39-43]
- Liu AY. 1999. Identification pathogen associated with wilt of *Eleocharis dulcis* and research of the pathogen biological characteristics. *Journal of Plant Protection*, 26(3): 255-259 (in Chinese) [刘爱媛. 1999. 荸荠枯萎病病原菌及其生物学研究. *植物保护学报*, 26(3): 255-259]
- Lu HX, Zhou Y, Zhao MM, Wang L, Xu WC. 2006. Identification pathogen associated with wilt of *Eleocharis dulcis* and research of the pathogen biological characteristics. *Hubei Agricultural Sciences*, 45(6): 753-754 (in Chinese) [鲁红学, 周焱, 赵明敏, 王莉, 徐万才. 2006. 荸荠枯萎病病原鉴定及生物学特性. *湖北农业科学*, 45(6): 753-754]
- Özer N, Köycü ND. 1998. Evaluation of seed treatments for controlling *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum* on onion seed. *Phytopathologia Mediterranea*, 37(1): 33-40
- Pan L, Zhu ZX, Zheng L, Huang JB. 2010. Research progress on the main disease of *Eleocharis dulcis*. *Journal of Changjiang Vegetables*, (14): 10-14 (in Chinese) [潘丽, 朱志贤, 郑露, 黄俊斌. 2010. 荸荠主要病害的研究进展. *长江蔬菜*, (14): 10-14]
- Ram R, Manuja S, Dhyani D, Mukherjee D. 2004. Evaluations of fortified fungicide solutions in managing corm rot disease of gladiolus caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Protection*, 23(9): 783-788
- You YL, Duan XW, Wei XY, Su XG, Zhao MM, Sun J, Ruenroengklin N, Jiang YM. 2007. Identification of major phenolic compounds of Chinese water chestnut and their antioxidant activity. *Molecules*, 12(4): 842-852
- Zhu ZX, Zheng L, Hsiang T, Yang GL, Zhao DL, Lü B, Chen YF, Huang JB. 2016. Detection and quantification of *Fusarium commune* in host tissue and infested soil using real-time PCR. *Plant Pathology*, 65(2): 218-226
- Zhu ZX, Zheng L, Pan L, Hsiang T, Huang J. 2014. Identification and characterization of *Fusarium* species associated with wilt of *Eleocharis dulcis* (Chinese water chestnut) in China. *Plant Disease*, 98(7): 977-987