

陆佳馨, 王一婧, 张 赞, 等. 杀菌剂 M-565 对草地早熟禾夏季斑枯病的防效[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(1): 88-96.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.01.016

杀菌剂 M-565 对草地早熟禾夏季斑枯病的防效

陆佳馨¹, 王一婧², 张 赞², 杨志民¹, 李志华¹

[1. 南京农业大学草业学院, 江苏南京 210095; 2. 拜耳作物科学(中国)有限公司, 北京 100020]

摘要:夏季斑枯病是在高温高湿条件下发生于冷季型草坪草上的一种严重病害。为探讨 M-565 对冷季型草坪草夏季斑枯病的防治效果, 本试验以草地早熟禾为研究对象, 探讨 M-565 不同药剂浓度、不同施药时间和不同施药次数对夏季斑枯病发病情况以及草坪草健康状况指标的影响。结果表明, 800 mL/hm² M-565 对草地早熟禾夏季斑枯病的防治效果优于 600 mL/hm² 啞菌酯, 表现为发病率低、草坪草质量高、叶片及根系可溶性糖含量高、根系干物质较重; 600 mL/hm² 啞菌酯与 600 mL/hm² M-565 对夏季斑枯病的防治效果无显著性差异。在所有喷施药剂方式中, 病原菌接种前 14 d 第 1 次喷药, 接种后 1 d 进行第 2 次喷药的喷施方式对夏季斑枯病的防治效果及草坪健康状况显著优于其他药剂喷施方式。在所有处理中, 800 mL/hm² M-565 于接种前 14 d 第 1 次喷药, 并在接种后 1 d 进行第 2 次喷药的处理优于其他处理。

关键词: 草坪草; 草地早熟禾; 夏季斑枯病; 病害防治; 杀菌剂; M-565

中图分类号: S436.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)01-0088-09

夏季斑枯病是冷季型草坪夏季高发的一种严重病害, 主要侵染植物根部和茎基部, 病原菌产生黑色或褐色匍匐型外生菌丝侵入根部维管束, 导致根部组织腐烂。由最初的根部感染、坏死, 导致全株枯死, 形成草坪上大小不一的不规则形枯斑^[1]。夏季斑枯病主要由真菌 *Magnaporthe poae* 引起^[2], 侵染早熟禾属 (*Poa* spp.)、羊茅属 (*Festuca* spp.)、翦股颖属 (*Agrostis* spp.) 草坪草^[3]。发病初期草坪草地上部分和地下部分生长缓慢, 草坪质量严重下降, 叶片瘦小萎蔫, 表现出干旱症状^[4]。夏季斑枯病难以控制, 夏季高温时经过一段时间大量降水后, 容易在短时间内大面积暴发^[5]。有研究表明, 夏季斑枯病受环境中温度、湿度和土壤 pH 值的影响^[6], 高温、高湿、高 pH 值更利于夏季斑枯病的暴发^[7], 过量氮肥也可以显著加重病情^[8]。邓芳芳研究表明, 每日浅灌的水管理方式, 对草地早熟禾起到一定的预防夏季斑枯病的作用, 对病害的发生有延缓作用, 但并不能防治草坪夏季斑枯病^[9]。除了施肥、灌水、调节土壤 pH 值等养护措施外, 化学

药剂仍是防治夏季斑枯病最有效的途径^[2]。Dernoeden 等研究了不同药剂对夏季斑枯病的防治效果, 肟菌脂、啞菌酯等可用于春季至初夏前对该病的预防^[10]。目前认为, 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂 (QoIs) 啞菌酯 (azoxystrobin) 的防效较好^[11-12]。但近年来有研究测定 114 株不同地理和寄主来源草坪草夏季斑枯病病菌对啞菌酯的敏感性, 发现夏季斑枯病病菌群体已出现对啞菌酯抗药性增强的现象^[13], 因此研发新药有助于改善夏季斑枯病易感染易发病地区的草坪质量。

M-565 是拜耳作物科学(中国)有限公司研发的一种新型杀菌剂, 剂型为悬浮剂, 含有 21.5% 的氟吡菌酰胺 (fluopyram) 和 21.5% 的肟菌酯 (trifloxystrobin)。前期在马铃薯葡萄糖琼脂 (PDA) 培养基中进行的敏感性试验证明, M-565 对真菌 *Magnaporthe poae* 抑菌效果明显。M-565 对草坪草夏季斑枯病的防治效果目前尚未见报道。本试验拟以草地早熟禾为研究材料, 以 M-565 为测试药剂, 以啞菌酯为对照药剂, 探讨 M-565 不同浓度、不同施药时间、不同施药次数对草地早熟禾夏季斑枯病的抑制效果及对草地早熟禾生长和生理指标的影响, 旨在筛选出 M-565 适宜的使用浓度和使用方法, 为冷季型草坪草夏季斑枯病的有效防治提供技术支持。

收稿日期: 2020-05-12

基金项目: 拜耳作物科学(中国)有限公司委托项目(编号: HY0008)。

作者简介: 陆佳馨(1995—), 女, 江苏淮安人, 硕士研究生, 研究方向为草坪养护管理。E-mail: 2017120003@njau.edu.cn。

通信作者: 李志华, 博士, 硕士生导师, 从事牧草与草坪草生理生态、草地资源利用与管理等研究。E-mail: lizhihua@njau.edu.cn。

1 材料与方法

1.1 试验材料与生长条件

本试验于 2018 年 5—11 月在南京农业大学白马教学科研基地温室内进行,采用盆栽试验。植物材料为草地早熟禾(*P. pratensis* cv. Blue Sapphire),由北京绿冠草业公司提供;测试药剂为 M-565,由拜耳作物科学(中国)有限公司提供;对照药剂采用 50% 啉菌酯水分散粒剂,由当地农资商店购买。试验接种用的夏季斑枯病病原菌菌种 *Magnaporthe poae* LT96 采集于北京京辉高尔夫球场。

盆栽草坪于 2018 年 5 月 28 日开始播种;盆钵规格为 20 cm(上口径)×15 cm(下口径)×26 cm(高),播种量为 10 g/m²,盆栽土壤为长江水洗细沙,播种前混施有机肥 30 g/m² 作基肥,混施前有机肥和土壤均消毒处理。草坪草预培养阶段,除适时进行灌溉外,每隔 2 d 修剪 1 次,保持草坪高度 5~6 cm;处理后,每隔 2 d 修剪并根部灌溉 1 次;每月喷施 1 次杀虫剂(40% 啉虫脒悬浮剂)0.5~0.7 mg/m²,预防虫害。待植物生长均匀一致后,开始试验处理。试验处理阶段,温室内空气温度设置为 35℃/28℃(日/夜),空气相对湿度为 85%~95%。

1.2 试验设计

根据前期预试验结果,测试药剂 M-565 设 600、800 mL/hm² 2 个喷施剂量,对应有效成分用量分别为 300、400 g a. i./hm²;对照药剂根据使用说明设 600 mL/hm² 1 个喷施浓度,有效成分用量为 300 g a. i./hm²;同时,设 1 个清水空白对照。

药剂处理方式:(1)先施药,1 d 后接种病原菌;(2)先施药,14 d 后接种病原菌;(3)先接种病原菌,3 d 后施药。施药次数设喷施 1 次和喷施 2 次。

药剂处理方法:对于先施药的处理,分别在施药 1、14 d 后进行病原菌接种,并在接种病原菌后每周进行测定观察;其中,需施药 2 次的处理在第 1 次施药 15 d 后进行第 2 次施药。对于先接种的处理,在接种 3 d 后进行施药,并在接种病原菌后每周进行测定观察;其中需要施药 2 次的处理在第 1 次施药 15 d 后进行第 2 次施药。试验共设 24 个处理,每个处理重复 3 次,试验处理的设置及操作说明如表 1 所示。

1.3 测定指标与方法

因 14 d-1、14 d-2 组 14 d 后接种病原菌,因

此这 2 组所有指标均于 21 d 后开始测量。

草坪草质量:根据盖度、密度、质地、色泽、均一性、死枯比率、发病程度等采用 9 分制综合评分。其中 0 分表示完全枯死;1 分表示基本枯死;9 分表示盖度、密度正常,质地一致,绿色均匀,基本无枯死,无病害危害^[14]。

相对生长速率:所测定的每盆草地早熟禾绝对株高的差值与时间的比值,以 2 d 为时间间隔。

不同处理对草地早熟禾发病率及防治效果的影响:定期测量每盆草地早熟禾病斑面积,计算发病率与防治效果^[15]。发病率 = 病斑面积/盆栽总面积×100%。防治效果 = (空白发病率 - 处理发病率)/空白发病率×100%。

根系干质量:试验结束后,洗净每盆根部沙土,置于 65℃烘箱中烘干,测量根部质量。

可溶性糖含量测定:叶片可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖)含量接菌后每周进行取样测定,根部可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖)含量在试验结束后清洗根部进行取样测定。称取 50 mg 样品,在液氮中充分研磨,进行第一轮提取时加入 5 mL 80% 乙醇,30℃水浴 30 min,离心(20℃,4 500 r/min,10 min),收集上清液。第二轮提取,在提取出的上清液中加入 2 500 μL 80% 乙醇,30℃水浴 30 min,离心(20℃,4 500 r/min,10 min),收集上清液。第三轮提取,将收集的上清液中加入 2 500 μL 80% 乙醇,30℃水浴 30 min,离心(20℃,4 500 r/min,10 min),收集上清液。将第三轮提取出的上清液定容至 25 mL,提取 1 mL 定容好的糖溶液,加入 1 mL 23% 的苯酚溶液,摇匀,加入 5 mL 98% 的浓硫酸溶液,静置冷却 15 min,在 30℃条件下水浴 30 min,最后用分光光度计测定,提取液在波长为 490 nm 下测定吸光度^[16]。

1.4 统计分析方法

利用 SPSS 20.0 和 Sigmaplot 12.5 处理数据与作图,不同处理平均数之间使用 Duncan's 进行差异显著性检验($\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对草坪草质量的影响

由表 2 可知,21 d 后,对照-IF-1 草坪质量最差,对照-1d-2、对照-IF-2 与其差异均不显著。HIF-2 草坪质量最好,处理 HIF-1、MIF-2、MIF-1、M14d-2、D1d-2、D1d-1 与其差异均不显著。

表 1 试验处理的设置及操作说明

组别	处理	药剂名称	施药浓度 (mL/hm ²)	喷施次数 (次)	药剂处理时期和方式
1 d - 1	M1d - 1	M - 565	600	1	先施药(或清水),1 d 后接种病原菌
	H1d - 1	M - 565	800	1	
	D1d - 1	啮菌酯	600	1	
	对照 - 1d - 1	清水		1	
1 d - 2	M1d - 2	M - 565	600	2	先施药(或清水),1d 后接种病原菌;第 1 次施药 15 d 后进行第 2 次施药
	H1d - 2	M - 565	800	2	
	D1d - 2	啮菌酯	600	2	
	对照 - 1d - 2	清水		2	
14 d - 1	M14d - 1	M - 565	600	1	先施药(或清水),14 d 后接种病原菌
	H14d - 1	M - 565	800	1	
	D14d - 1	啮菌酯	600	1	
	对照 - 14d - 1	清水		1	
14 d - 2	M14d - 2	M - 565	600	2	先施药(或清水),14 d 后接种病原菌;第 1 次施药后 15 d 进行第 2 次施药
	H14d - 2	M - 565	800	2	
	D14d - 2	啮菌酯	600	2	
	对照 - 14d - 2	清水		2	
IF - 1	MIF - 1	M - 565	600	1	先接种病原菌,3 d 后施药(或清水)
	HIF - 1	M - 565	800	1	
	DIF - 1	啮菌酯	600	1	
	对照 - IF - 1	清水		1	
IF - 2	MIF - 2	M - 565	600	2	先接种病原菌,3 d 后施药(或清水),第 1 次施药后 15 d 进行第 2 次施药
	HIF - 2	M - 565	800	2	
	DIF - 2	啮菌酯	600	2	
	对照 - IF - 2	清水		2	

28 d 后,对照 - IF - 1 草坪质量最差,对照 - IF - 2、对照 - 14d - 2、对照 - 1d - 1 与其差异均不显著;处理 H14d - 2、HIF - 2、DIF - 2 草坪质量最好,与处理 H1d - 1、M1d - 2、H1d - 2、D1d - 2、M14d - 1、H14d - 1、M14d - 2、D14d - 2、MIF - 2、MIF - 1、HIF - 1 差异均不显著。35 d 后,对照 - IF - 1、对照 - IF - 2、对照 - 1d - 1 草坪质量最差,且与其他处理存在显著性差异;处理 HIF - 2 草坪质量最好,处理 H1d - 1、H1d - 2、D1d - 2、H14d - 1、H14d - 2、M14d - 2、D14d - 2、HIF - 1、MIF - 2、DIF - 2 与其差异均不显著。42 d 后,对照 - IF - 2、对照 - 14d - 1 草坪质量最差,对照 - 14d - 2、对照 - 1d - 1 与其差异均不显著;处理 HIF - 2、DIF - 2、H1d - 2、H14d - 2 草坪质量最好,与处理 H1d - 1、H14d - 1、M14d - 2、D14d - 2、HIF - 1、MIF - 2 差异均不显著。49 d 后,各组空白对照的草坪质量均显著差于其他处理;H14d - 2 草坪质量最好,与 H1d - 2、H14d - 1、

HIF - 2 差异均不显著,明显好于其他药剂处理。结果表明,在所有处理中,草坪草质量最好的是处理 HIF - 2 和处理 H14d - 2;在每一组中,草坪草质量最差的是对照,最好的为高剂量 M - 565 或啮菌酯。

2.2 不同处理对相对生长速率的影响

在 14 d 后时,1 d - 1 组对照 - 1d - 1 的相对生长速率显著低于其他处理,H1d - 1 与 D1d - 1 之间差异不显著,但显著高于 M1d - 1 与对照;在接下来各个观测日期中,对照组均显著低于其他处理;49 d 后,H1d - 1 与 D1d - 1 之间差异不显著,但显著高于 M1d - 1(图 1 - a)。1 d - 2 组在各个观测日期中,对照 - 1d - 2 的草坪草相对生长速率均显著低于其他所有处理;49 d 后,D1d - 2 显著高于 H1d - 2、M1d - 2 显著低于 D1d - 2 和 H1d - 2(图 1 - b)。14 d - 1 组在各个观测日期中,对照均显著低于其他处理;21 d 后,M14d - 1 的相对生长速率显著低于 D14d - 1 和 H14d - 1;49 d 后,M14d - 1 显著高

表 2 不同处理下草地早熟禾的草坪质量

处理	处理天数叶的草坪质量(分)					
	初始	21 d 后	28 d 后	35 d 后	42 d 后	49 d 后
M1d-1	7.50±0.00a	6.83±0.17cdef	6.33±0.17de	6.33±0.17de	6.00±0.00de	5.00±0.29e
H1d-1	7.50±0.00a	7.17±0.17bcd	7.17±0.17ab	7.17±0.17abc	7.50±0.00ab	7.17±0.17b
D1d-1	7.50±0.00a	7.33±0.17abc	6.83±0.17bc	6.33±0.17de	6.17±0.17de	5.83±0.44d
对照-1d-1	7.50±0.00a	6.67±0.33def	6.00±0.00ef	3.67±0.17i	2.83±0.17gh	2.19±0.19g
M1d-2	7.50±0.00a	7.17±0.33bcd	7.00±0.29ab	6.50±0.29cde	6.33±0.17de	6.50±0.29c
H1d-2	7.50±0.00a	7.50±0.00bc	7.33±0.17ab	7.33±0.17ab	7.67±0.17a	7.83±0.17ab
D1d-2	7.50±0.00a	7.33±0.17abc	7.33±0.17ab	7.33±0.17ab	7.00±0.00bc	7.33±0.17b
对照-1d-2	7.50±0.00a	6.50±0.29efg	6.33±0.17de	4.50±0.58h	3.17±0.17gf	2.17±0.17g
M14d-1	7.50±0.00a	7.17±0.17bcd	7.00±0.00ab	6.50±0.00cde	5.83±0.17e	4.83±0.17e
H14d-1	7.50±0.00a	7.17±0.17bcd	7.33±0.17ab	7.50±0.00ab	7.33±0.17ab	7.67±0.17ab
D14d-1	7.50±0.00a	6.33±0.17fg	6.33±0.17de	5.33±0.17fg	5.00±0.00f	4.83±0.17e
对照-14d-1	7.50±0.00a	6.67±0.33def	6.33±0.17de	4.50±0.58h	2.33±0.33h	2.17±0.17g
M14d-2	7.50±0.00a	7.33±0.17abc	7.17±0.17ab	7.17±0.17abc	7.33±0.17ab	7.17±0.17b
H14d-2	7.50±0.00a	7.50±0.00bc	7.50±0.00a	7.67±0.17ab	7.67±0.17a	8.17±0.17a
D14d-2	7.50±0.00a	7.00±0.00bcde	7.17±0.17ab	7.17±0.17abc	7.17±0.17ab	7.50±0.00b
对照-14d-2	7.50±0.00a	6.83±0.17cdef	6.00±0.00ef	5.00±0.00gh	2.67±0.17gh	2.00±0.29g
MIF-1	7.50±0.00a	7.50±0.00ab	7.00±0.00ab	7.00±0.00bcd	6.50±0.29cd	5.83±0.17d
HIF-1	7.50±0.00a	7.50±0.00ab	7.00±0.00ab	7.17±0.17abc	7.50±0.00ab	7.50±0.00b
DIF-1	7.50±0.00a	7.00±0.00bcde	6.50±0.00cd	6.00±0.29ef	5.17±0.17f	4.67±0.17e
对照-IF-1	7.50±0.00a	6.00±0.00g	5.67±0.17f	3.50±0.29i	3.17±0.17gf	2.17±0.17g
MIF-2	7.50±0.00a	7.50±0.00ab	7.33±0.17ab	7.33±0.17ab	7.33±0.17ab	7.17±0.17b
HIF-2	7.50±0.00a	7.83±0.17a	7.50±0.29a	7.83±0.17a	7.67±0.17a	7.83±0.17ab
DIF-2	7.50±0.00a	7.17±0.17bcd	7.50±0.00a	7.67±0.17ab	7.67±0.33a	7.50±0.00b
对照-IF-2	7.50±0.00a	6.33±0.17fg	6.00±0.00ef	3.50±0.29i	2.33±0.17h	2.00±0.29g

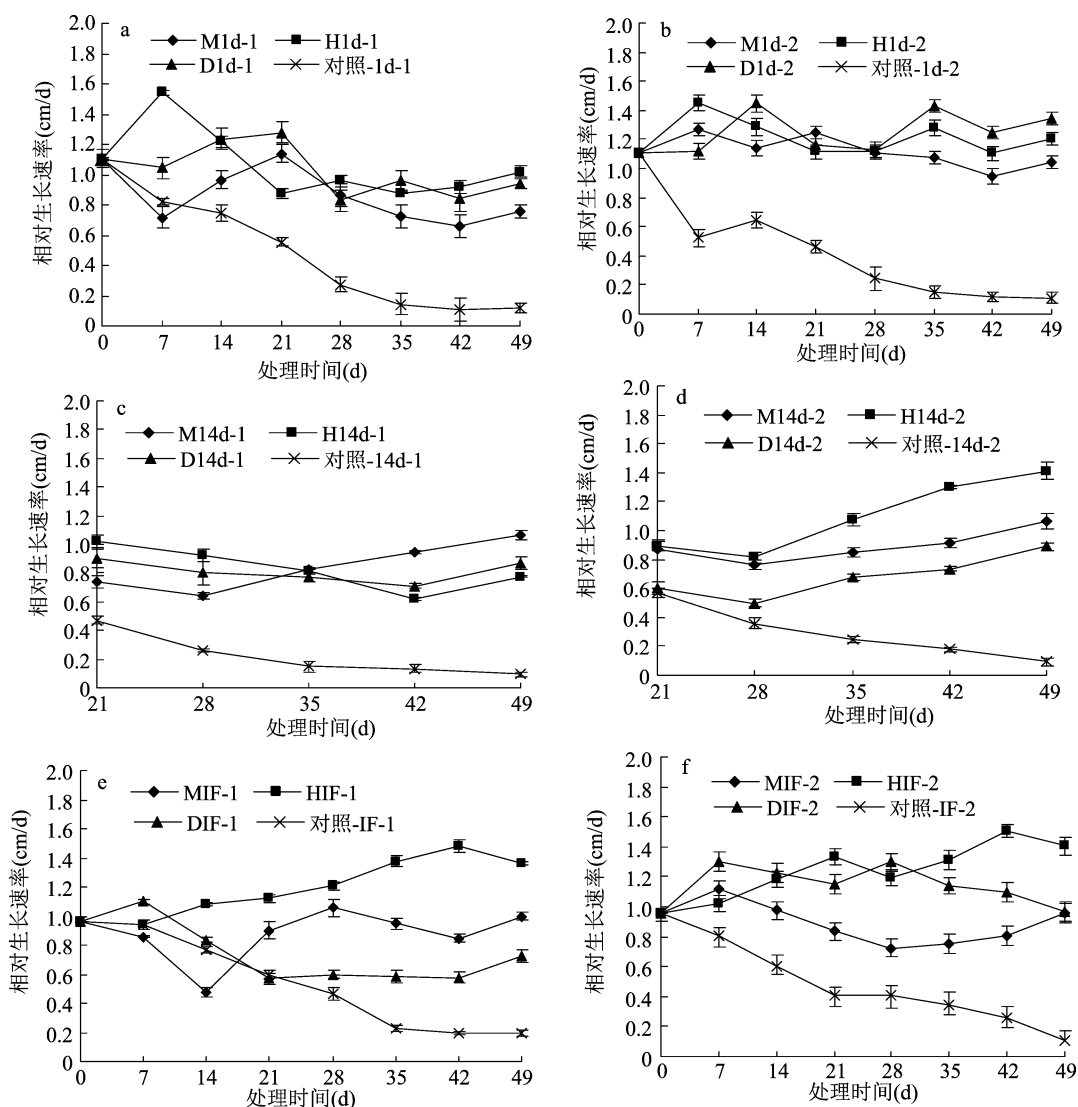
注:同列数据后不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检验在 0.05 水平差异显著。下表同。

于其他处理(图 1-c)。14 d-2 组在各个观测日期中,H14d-2 的相对生长速率显著高于 D14d-2;35、42、49 d 后,各个药剂处理均显著高于对照;21、28、35、42 d 后,D14d-2 显著低于其他药剂处理(图 1-d)。IF-1 组在 14 d 后,MIF-1 的相对生长速率显著低于其他处理;35、42、49 d 后,HIF-1 显著高于 DIF-1,DIF-1 显著高于 MIF-1,对照显著低于药剂处理(图 1-e)。IF-2 组各个观测日期中,对照均显著低于药剂处理;21、35、42、49 d 后,HIF-2 显著高于 DIF-2;49 d 后,DIF-2 与 MIF-2 之间差异不显著(图 1-f)。结果表明,在组内比较中,高浓度 M-565 的相对生长速率表现最好;在所有处理中,H14d-2 和 HIF-2 的相对生长率最高。

2.3 不同处理对叶片可溶性糖含量的影响

1 d-1 组 14、21、28、42 d 后,3 个药剂处理的组

叶片可溶性糖含量均显著高于对照;从 7 d 后开始,H1d-1、D1d-1、M1d-1 的叶片可溶性糖含量依次降低,在 21、42、49 d 后,三者之间存在显著性差异(图 2-a)。1 d-2 组在 14、21、28、42、49 d 后,3 个药剂处理组叶片可溶性糖含量均显著高于对照,7、35 d 后,仅 H1d-2 的叶片可溶性糖含量显著高于对照;从 7 d 后开始,H1d-2、D1d-2、M1d-2 叶片可溶性糖含量依次降低,在 21 d 后,三者之间存在显著性差异;从 28 d 后开始,H1d-2 和 D1d-2 的叶片可溶性糖含量显著高于 M1d-2(图 2-b)。14 d-1 组在 21 d 后,H14d-1、D14d-1、M14d-1 的叶片可溶性糖含量依次降低,三者之间存在显著性差异,H14d-1 和 D14d-1 的叶片可溶性糖含量显著高于对照;从 28 d 后开始,H14d-1 叶片可溶性糖含量显著高于其他所有处理(图 2-c)。14 d-2 组从 21 d 后开始,H14d-2 的叶片可溶性



a 为先施药, 1 d 后接种病原菌, 施 1 次药处理组的相对生长速率结果; b 为先施药, 1 d 后接种病原菌, 施 2 次药处理组的相对生长速率结果; c 为先施药, 14 d 后接种病原菌, 施 1 次药处理组的相对生长速率结果; d 为先施药, 14 d 后接种病原菌, 施 2 次药处理组的相对生长速率结果; e 为先接种病原菌, 3 d 后施药, 施 1 次药处理组的相对生长速率结果; f 为先接种病原菌, 3 d 后施药, 施 2 次药处理组的相对生长速率结果。所有指标均在接种后开始测量。图 2 同

图 1 不同处理对草地早熟禾相对生长速率的影响

糖含量显著高于其他所有处理(图 2 - d)。IF - 1 组从 21 d 后开始, 处理 HIF - 1 和 DIF - 1 的叶片可溶性糖含量均显著高于 MIF - 1 和对照(图 2 - e)。IF - 2 组在 7、14 d 后, HIF - 2 和 DIF - 2 的叶片可溶性糖含量均显著高于 MIF - 2 和对照, 14 d 后, MIF - 2 的叶片可溶性糖含量显著高于对照; 从 7 d 后开始, HIF - 2 和 DIF - 2 的叶片可溶性糖含量显著高于对照; 14 d 后至 42 d 后, MIF - 2 的叶片可溶性糖含量显著高于对照; 从 21 d 后开始, HIF - 2、DIF - 2、MIF - 2 的叶片可溶性糖含量依次降低, 三者之间存在显著性差异(图 2 - f)。结果表明, 喷施高浓度 M - 565 处理组草地早熟禾叶片可溶性糖含

量较高, 较为健康。

2.4 不同处理对根系干质量的影响

由表 3 可知, H14d - 2 的根系干质量显著高于其他所有药剂处理; H1d - 1 和 H1d - 2 的根系干质量仅次于 H14d - 2; D1d - 2 的根系干质量与 H1d - 1 和 H1d - 2 差异不显著; 所有药剂处理中 DIF - 1 的根系干质量最低, 除 H14d - 2、D1d - 2、H1d - 1 和 H1d - 2 外所有其他药剂处理均与 DIF - 1 差异不显著; 各对照根系干质量均低于药剂处理。

2.5 不同处理对根部可溶性糖含量的影响

在各组中, 采用高浓度 M - 565 处理的草坪草根可溶性糖含量均高于其他 2 个药剂处理。各对

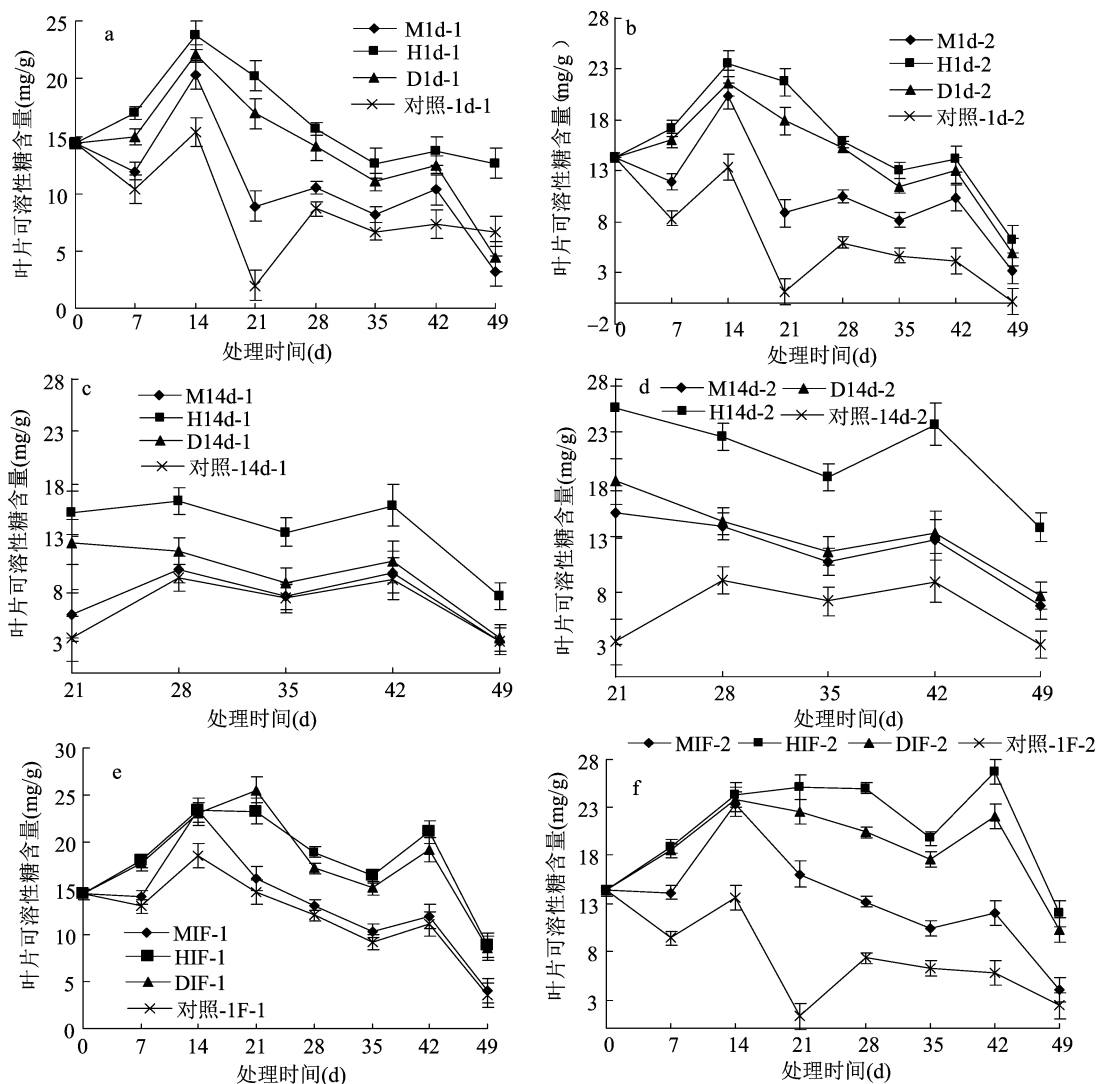


图2 不同处理对草地早熟禾叶片可溶性糖含量的影响

照根部可溶性糖含量均显著低于除 M1d-1 和 D14d-1 外的其他所有药剂处理。在所有处理中, HIF-2 的根部可溶性糖含量最高, 且显著高于其他处理; HI4d-2 和 H1d-2 的根部可溶性糖含量仅次于 HIF-2, HIF-1 的根部可溶性糖含量与 HI4d-2 和 H1d-2 差异不显著; H1d-1 的根部可溶性糖显著低于 HI4d-2 和 H1d-2, 但与 HIF-1 差异不显著(图3)。结果表明, 喷施 2 次高浓度 M-565 处理组草地早熟禾根部可溶性糖较高, 根部较为健康。

2.6 不同处理对夏季斑枯病发病率及防治效果的影响

由表 4 可知, 28 d 后, 对照-1F-1 的发病率最高, 显著高于其他处理, 其他处理之间的发病率差异不显著; 处理 HIF-2 的防治效果最好, 显著高于除 MIF-2 和 DIF-2 外所有其他药剂处理; 在所有

药剂处理中, M1d-1、D1d-1 和 M1d-2 的防治效果显著差于其他药剂处理; 各对照的防治效果均显著差于所有药剂处理。49 d 后, 各对照处理的发病率均显著高于所有药剂处理; H1d-1、H1d-2、H14d-2 和 HIF-2 的发病率较低, DIF-2 的发病率与其差异不显著; H1d-1、H1d-2、H14d-2 和 HIF-2 的防治效果较好, DIF-2、HIF-1、D14d-2、H14d-1、M14d-2 的防治效果与其差异不显著; 所有药剂处理中, DIF-1 的防治效果最差, MIF-1 与其差异不显著; 对照处理防治效果均显著差于所有药剂处理。试验数据表明, 高浓度 M-565 处理组的发病率和防治效果均好于其他 2 个药剂处理, 对照组的发病率和防治效果最差; 在所有处理中, HIF-2 的发病率和防治效果表现最好, H14d-2 和 DIF-2 表现也很好。

表 3 不同处理对草地早熟禾根系干质量的影响

处理	根系干质量 (g)
M1d-1	0.71 ± 0.09def
H1d-1	2.03 ± 0.52b
D1d-1	0.70 ± 0.11def
对照-1d-1	0.59 ± 0.11def
M1d-2	0.73 ± 0.07def
H1d-2	1.97 ± 0.78b
D1d-2	1.60 ± 0.21bc
对照-1d-2	0.58 ± 0.13def
M14d-1	0.70 ± 0.15def
H14d-1	0.88 ± 0.21def
D14d-1	0.70 ± 0.01def
对照-14d-1	0.45 ± 0.04f
M14d-2	0.81 ± 0.02def
H14d-2	3.02 ± 0.54a
D14d-2	1.04 ± 0.15d
对照-14d-2	0.50 ± 0.05ef
MIF-1	0.65 ± 0.14def
HIF-1	0.96 ± 0.18de
DIF-1	0.61 ± 0.04def
对照-IF-1	0.42 ± 0.10f
MIF-2	0.72 ± 0.06def
HIF-2	1.51 ± 0.28c
DIF-2	1.03 ± 0.11d
对照-IF-2	0.49 ± 0.08ef

3 讨论与结论

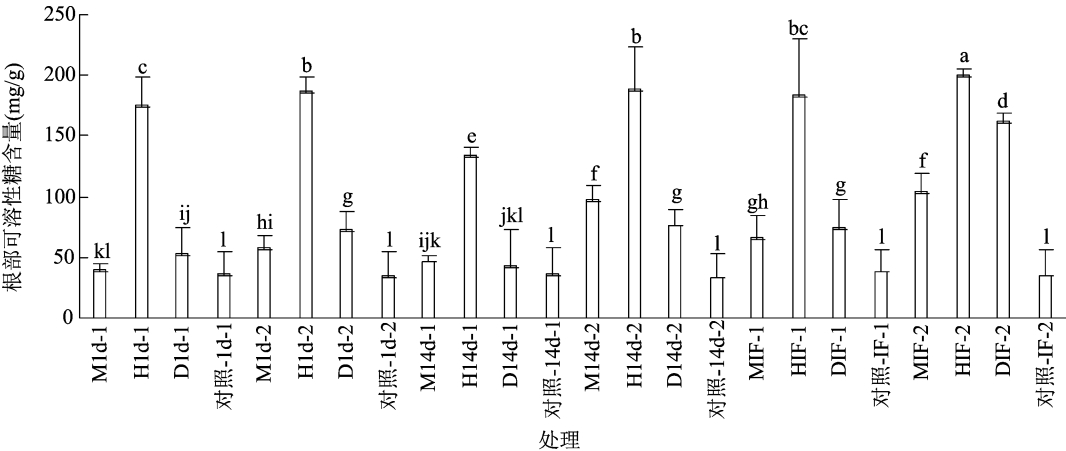
3.1 不同处理对夏季斑枯病发病率及防治效果的影响

M-565 由含量为 21.5% 的甲氧基丙烯酸酯类

杀菌剂肟菌酯和含量为 21.5% 的吡啶乙基苯甲酰胺类杀菌剂氟吡菌酰胺复配而成。嘧菌酯与肟菌酯均是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,作用于细胞线粒体上的细胞色素 C1 和细胞色素 b,抑制线粒体电子传递,抑制病菌细胞生长^[17-18]。朱洁等研究表明,75% 肟菌·戊唑醇水分散粒剂(拿敌稳)对早稻纹枯病的防病增产效果显著高于 32.5% 嘧菌酯·苯醚甲环唑悬浮剂(阿米妙收)和 48% 嘧菌酯·苯醚甲环唑悬浮剂(农精灵)^[19]。吡啶乙基苯甲酰胺类杀菌剂氟吡菌酰胺作用于病原菌细胞线粒体呼吸电子传递链上的复合体Ⅱ[即琥珀酸脱氢酶(succinate dehydrogenase,简称 SDH)或琥珀酸辅酶 Q 还原酶(succinate-coenzyme Q reductase,简称 SQR)],抑制病菌生长。有研究发现,氟吡菌酰胺对菌核病菌的菌核产量、菌核形态以及菌核菌丝型萌发具有较高的抑制活性^[20]。

本次试验结果表明,2 种药剂对草地早熟禾上夏季斑枯病的发生均有抑制作用。M-565 以 800 mL/hm² 浓度喷施于草地早熟禾很大程度抑制了病害的发生和蔓延,对早熟禾本身健康生长的影响及夏季斑枯病的防治效果显著好于 600 mL/hm² 嘧菌酯,且有研究证明,171.4 g/hm² M-565 喷施于黄瓜后无病害发生,效果显著优于嘧菌酯^[21]。杨德毅等同样证明,4 000 倍液和 2 000 倍液的 M-565 对葡萄果梗和果实的变褐率的抑制效果显著优于 352 g/L 苯甲·嘧菌酯 1 500 倍液^[22-23]。

本研究表明,施用同一种药剂在不同管理方式中,喷 2 次药的效果均显著优于喷 1 次药,高浓度药剂的效果显著优于低浓度药剂,高浓度 M-565 药剂的效果最好;先施药再接菌效果好于先接菌再施



图中不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)

图3 不同处理对早熟禾根部可溶性糖含量的影响

表 4 不同处理对夏季斑枯病发病率和防治效果的影响

处理	第 0 天		第 28 天		第 49 天	
	发病率(%)	防治效果(%)	发病率(%)	防治效果(%)	发病率(%)	防治效果(%)
M1d-1	0±0.00a	100a	2.67±0.33cd	27h	10.00±0.00fg	78cd
H1d-1	0±0.00a	100a	1.33±0.00d	64def	1.00±0.00j	98a
D1d-1	0±0.00a	100a	3.00±0.66cd	18h	16.33±1.33e	64ef
对照-1d-1	0±0.00a	100a	3.67±0.66bcd	0i	45.00±1.53b	0h
M1d-2	0±0.00a	100a	2.00±0.33cd	45h	7.33±1.33gh	84bcd
H1d-2	0±0.00a	100a	1.00±0.00d	73cde	1.00±0.00j	98a
D1d-2	0±0.00a	100a	1.67±0.33cd	55fg	7.33±0.33gh	84bcd
对照-1d-2	0±0.00a	100a	3.67±0.66bcd	0i	46.33±0.88ab	0h
M14d-1	0±0.00a	100a	2.67±0.33cd	62def	11.00±0.57fg	78cd
H14d-1	0±0.00a	100a	1.67±0.00cd	77bcd	5.33±0.33hi	89abc
D14d-1	0±0.00a	100a	3.00±0.66cd	62def	13.33±0.88ef	73de
对照-14d-1	0±0.00a	100a	6.67±0.88bc	0i	49.33±0.66a	0h
M14d-2	0±0.00a	100a	2.67±0.00cd	60efg	6.00±0.00h	88abc
H14d-2	0±0.00a	100a	1.67±0.00cd	75bcde	0.66±0.33j	99a
D14d-2	0±0.00a	100a	3.00±0.33cd	55fg	5.33±0.33hi	89abc
对照-14d-2	0±0.00a	100a	6.67±0.88bc	0i	49.33±0.88a	0h
MIF-1	0±0.00a	100a	3.00±0.00cd	53fg	20.00±0.00d	60fg
HIF-1	0±0.00a	100a	1.67±0.00cd	67def	5.00±0.00hi	90abc
DIF-1	0±0.00a	100a	3.33±0.33cd	67def	25.00±5.00c	50g
对照-IF-1	0±0.00a	100a	26.67±1.53a	0i	50.00±1.53a	0h
MIF-2	0±0.00a	100a	2.33±0.33cd	89ab	8.66±0.66gh	82cd
HIF-2	0±0.00a	100a	1.67±0.00cd	94a	1.00±0.00j	98a
DIF-2	0±0.00a	100a	1.67±0.33cd	88abc	2.00±0.00ij	96ab
对照-IF-2	0±0.00a	100a	5.00±0.67bc	0i	49.33±0.33a	0h

药,且接菌前 14 d 第 1 次施高浓度 M-565,接菌 3 d 后第 2 次施药的防治效果在试验中期表现很好,在试验后期表现最好,即对夏季斑枯病发病期提前半个月进行第 1 次施药防治,待进入夏季斑枯病暴发月进行第 2 次施药,可以长期有效控制夏季斑枯病病情。Smiley 等研究同样表明,夏季斑枯病应以预防为主,并在暴发前进行合理喷施杀菌剂及适当配合草坪管理措施^[4]。本研究还表明,先接种病原菌,3 d 后施药,第 1 次施药后 15 d 进行第 2 次施药在试验中期表现最好,但在试验后期表现有所下降,即在夏季斑枯病发病初期进行第 1 次施药,半个月后进行第 2 次施药可在施药后 1 个月内有效控制夏季斑枯病病情。

3.2 不同处理对草地早熟禾草坪健康状况的影响

植物生长速率是反映植物生长速度的单位,草坪草质量是其生长和使用期内功能的综合表现,夏季斑枯病病菌对植物正常生长发育造成的最直接

影响就是生长受阻和草坪质量变差。因此,草坪草质量和相对生长速率可以作为衡量植物受病害感染程度的指标。本次试验表明,800 mL/hm² 的 M-565 对草坪草质量和相对生长速率的促进效果均显著优于 600 mL/hm² 的啞菌酯。

夏季斑枯病可以危害植物正常生长发育,包括叶片和根部的可溶性糖含量下降,本试验结果表明,在未喷施 800 mL/hm² M-565 的处理中叶片、根部可溶性糖含量随试验时间延长,与喷施 800 mL/hm² M-565 的处理相比,均显著下降。

有关夏季斑枯病的研究表明,夏季斑枯病病菌在根部大量繁殖,破坏根部维管束,导致草坪草根部分止生长,甚至腐烂^[1-5]。本试验对根系干质量的测定结果也验证了这一点,本试验结果同样表明,高浓度 M-565 可以帮助保护草坪根系,减轻病害。今后将进一步从夏季斑枯病病菌对 M-565 敏感性测定、抗药性遗传多样性和抗药性及其抗性机

质方面进行研究。

综合对草地早熟禾上发病率、防治效果及草坪草各项生理指标结果和实际情况, 800 mL/hm² M-565 对夏季斑枯病防治效果及草坪健康状况最好, 发病前 14 d 第 1 次喷药, 发病后 1 d 进行第 2 次喷药对夏季斑枯病防治效果最好, 在实际操作中, 夏季斑枯病通常在 6 月中旬伴随暴雨高温暴发, 可在 6 月初进行第 1 次喷施 800 mL/hm² M-565, 暴雨过后的第 2 天进行第 2 次喷施。

参考文献:

- [1] 车少臣, 白淑媛, 李鸿翔. 草地早熟禾夏季斑枯病 (Summer Patch) 研究初报[J]. 北京园林, 2001, 17(3): 26-27.
- [2] Landschoot P J, Jackson N. *Magnaporthe poae* sp. nov. a hyphopodiate fungus with a *Phialophora* anamorph from grass roots in the United States[J]. Mycological Research, 1989, 93(1): 59-62.
- [3] Tredway L P. First report of summer patch of creeping bentgrass caused by *Magnaporthe poae* in North Carolina[J]. Plant Disease, 2005, 89(2): 204.
- [4] Smiley R W. Compendium of turfgrass diseases[M]. Minnesota: the American Phytopathological Society, 2005.
- [5] 么文超, 蒋勤军, 韩烈保. 植物生长调节剂与杀菌剂互作对早熟禾夏季斑的防治[J]. 草地学报, 2009, 17(3): 371-376.
- [6] Kackley K E. Growth of *Magnaporthe poae* and *Gaeumannomyces incrustans* as affected by temperature - osmotic potential interactions[J]. Phytopathology, 1990, 80(7): 646-650.
- [7] 么文超, 蒋勤军, 韩烈保. 草坪夏季斑病害的研究进展[J]. 草业科学, 2009, 26(5): 179-184.
- [8] Heckman J R. Summer patch disease severity on Kentucky bluegrass in response to fertilizer source[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(7): 1499-1512.
- [9] 郑芳芳. 水分管理对草地早熟禾夏季斑枯病的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.

- [10] Dernoeden P H, Nash A S. Evaluation of fungicides for curative control of Fusarium blight on Kentucky bluegrass[J]. Fungic, 1982, 37: 151.
- [11] Zhao S, Clarke B B, Shen Q, et al. Development and application of a TaqMan real-time PCR assay for rapid detection of *Magnaporthe poae*[J]. Mycologia, 2012, 104(5): 1250-1259.
- [12] 张耀月. 北京地区高尔夫球场夏季病害调查及病原的初步鉴定[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [13] 胡健, 杨静雅, 李婕, 等. 北京地区草坪草夏季斑枯病菌对啞菌酯的敏感性及其 Cytb 序列分析[J]. 农药学报, 2018, 20(1): 33-40.
- [14] 陈传明, 林之林, 王彬彬, 等. 光照强度对 19 份高羊茅材料坪用性状的影响[C]//中国草学会 2013 学术年会. 天津, 2013.
- [15] 刘佳佳, 周瑜, 张盼盼, 等. 防治糜子丝黑穗病的杀菌剂筛选及田间防治效果研究[J]. 草业学报, 2016, 25(9): 132-141.
- [16] Turgeon A J, Meyer W A. Effects of mowing height and fertilization level on disease incidence in five Kentucky bluegrasses[J]. Plant Disease Reporter, 1974.
- [17] 赵平, 严秋旭, 李新, 等. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的开发及抗性发展现状[J]. 农药, 2011, 50(8): 547-551, 572.
- [18] 刘长令, 关爱莹, 张明星. 广谱高效杀菌剂啞菌酯[J]. 世界农药, 2002, 24(1): 46-49.
- [19] 朱洁, 付福全, 江化琴, 等. 脲菌·戊唑醇·啞菌酯·苯醚甲环唑等几种不同药剂对早稻纹枯病的防病增产效果研究[J]. 农业科技通讯, 2016(7): 87-89.
- [20] 黄学屏, 宋昱菲, 罗健, 等. 蔬菜菌核病菌对氟吡菌酰胺的敏感性及其防病应用潜力评估[J]. 中国农业科学, 2018, 51(14): 2711-2718.
- [21] 潘好芹, 夏海波, 王守明, 等. 3 种药剂对黄瓜靶斑病的田间防效试验[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 137-138.
- [22] 杨德毅, 吾建祥, 戚小萍, 等. 氟菌·脲菌酯对比昂扣葡萄采后保鲜效果的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1574-1576, 1580.
- [23] 刘一贤, 蔡志英, 施玉萍, 等. 辣木果腐病病原菌兰生炭疽菌 (*Colletotrichum chlorophyti*) 生物学特性及其防治药剂室内毒力测定[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(20): 133-137.