

不同修剪处理对匍匐翦股颖币斑病的影响

范守成, 曾会明*

(北京林业大学, 北京 100083)

摘要:【目的】研究不同修剪处理对匍匐翦股颖币斑病发病的影响, 为草坪管理提供理论参考。【方法】分别将3种不同修剪频率1天1次(F1)、2天1次(F2)、4天1次(F3)和3种不同修剪高度1.0 cm (H1)、1.5 cm (H2)、2.0 cm (H3)组合作为处理, 通过病原菌侵染试验测定不同修剪组合下病斑直径大小以及匍匐翦股颖的生理响应。【结果】随着修剪频率和修剪高度的提高, 呈现出病斑直径、MDA含量逐渐变小, 相关抗氧化酶活性、可溶性蛋白含量逐渐升高的趋势, F1H3组具有最好的病情控制效果(病斑直径为0.43 cm)和最高的抗氧化酶活性, F3H1组病情最重(病斑直径为2.5 cm), 相关抗氧化酶活性、可溶性蛋白含量也最低。【结论】草坪在湿度较高的时期适当提高修剪频率和修剪高度可以在一定程度上减轻币斑病的病症。

关键词:修剪; 匍匐翦股颖; 币斑病; 生理响应

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)03-0035-08

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.03.005



匍匐翦股颖(*Agrostis stolonifera*)是一种优良的冷季型草坪草且进行正确的管理后可以形成质量极高的运动场草坪, 但是其抗病虫害能力较差, 其中币斑病是最具破坏力并且防治投入最大的病害之一^[1]。

币斑病的致病菌为 *Clariireedia* 属下的菌种(以前被认为是 *Sclerotinia homoeocarpa*), 可侵染多种草坪草^[2], 引起的币斑病(又称圆斑病或钱斑病)是常见的草坪茎叶部病害之一, 在湿度合适的条件下, 从春季到秋季均可发病^[3]。币斑病典型的症状为在草坪上形成圆形稻草色凹陷斑块, 直径一般为硬币大小病情严重时病斑会连成片形成更大的枯草斑, 严重降低草坪质量并影响其观赏使用价值, 故被认为是人工草坪上破坏性最强、造成经济损失最多的病害之一^[4]。2005年我国北方地区的草坪开始发生币斑病^[2], 此后北京地区的部分高尔夫球场、足球场草坪也都有该病发生^[5-6]。

目前币斑病的防治手段以化学防治为主, 虽然具

有较好的效果, 但是长时间、过量地施用会造成环境污染以及致病菌耐药性的产生^[7], 所以需要研究并引入生物防治、生态防治等措施进行辅助性防治, 如使用生物制剂^[8-10]以及对日常养护措施的调整^[11-12]均可以取得一定的效果。其中, 适当的修剪能够有效降低币斑病的发病概率^[11,13]已在大田试验中被证实。

国外已有的大田研究大都集中在修剪频率, 对修剪高度的研究相对较少, 国内的相关研究则更少。此外, 漆放云、孟雯雯等^[14-15]的研究显示适宜的修剪策略会提高草坪草抗氧化酶活性及可溶性蛋白的含量, 使得草坪草具有更高的抗性。

本研究通过室内人工控制条件下的盆栽试验, 探究不同修剪处理下匍匐翦股颖币斑病发病的情况及相关生理指标的差异, 为草坪草币斑病防治提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试草种为匍匐翦股颖品种克罗米(*Agrostis stolonifera* cv. 'Kromi'), 购于北京正道种业有限公司, 种子纯净度及发芽率分别为98%和85%; 用于接种侵染的币斑病菌株来源于北京林业大学草地保护实验

收稿日期:2023-04-03; 修回日期:2023-04-20

作者简介:范守成(1997-), 男, 安徽省淮南人, 硕士生研究生。E-mail:2300248478@qq.com

*通信作者。E-mail:sciinfo@163.com

室,菌株编号 112,为 *Clariireedia monteithiana*;马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)用 PDA 粉配置;栽培植物材料所用的基质是营养土:蛭石:沙比例为 1:1:1 的混合基质。

1.2 试验方法

1.2.1 植物材料的种植和处理 按照 20 g/m² 的播种量将种子播种到装满基质、直径 8 cm 的花盆,并覆细沙,在人工气候室内培养。修剪频率(F)和修剪高度(H)均设置 3 个梯度,待幼苗长到 7 cm 左右时开始进行修剪处理,具体修剪处理组合见表 1。按照各修剪处理组合修剪 36 d 后转入人工气候箱准备进行币斑病菌接种。

表 1 试验处理组设计

Table 1 Design of experimental treatment group

处理	留茬高度/cm		
修剪频率/(d·次 ⁻¹)	1.0(H1)	1.5(H2)	2.0(H3)
1(F1)	F1H1	F1H2	F1H3
2(F2)	F2H1	F2H2	F2H3
4(F3)	F3H1	F3H2	F3H3

1.2.2 菌株的活化和培养 取少许保存菌株的菌丝,将其接种到 PDA 培养基上,放至生化培养箱进行培养,温度设定为 27 ℃,湿度 60%,无光照。待培养基上长出茂密菌丝后,取少许菌丝重新接种到一个新的 PDA 培养基上,至此活化结束,之后将接种且菌丝活化的培养基继续放在生化培养箱内进行培养。

1.2.3 币斑病菌侵染及发病情况测定 每个处理组选取生长一致的匍匐翦股颖进行币斑病菌接种 3 个重复。币斑病菌培养 4 d 后用打孔器打取带有新鲜菌丝的 10 mm 菌饼接种到盆栽匍匐翦股颖的中心位置,接种后套袋处理(套袋后袋内湿度可以达到 95% 以上)以保证达到币斑并发病所需的湿度条件^[16]。

将盆栽置于人工气候箱内,恒温 25 ℃,光照 16 h,湿度 80%,培养接种后依旧维持各组的修剪处理,且每修剪完 1 盆即对修剪工具用酒精和酒精灯进行消毒杀菌,避免修剪工具传播菌丝。

培养 10 d 后统计发病情况并取样,因为长期修剪导致匍匐翦股颖分蘖较多且高度相对较低,传统的发

病率及病情指数不便于统计且误差较大,故选择通过测量形成的病斑直径作为病情指标的方法^[11,17],用带有刻度的透明方格塑料片测量病斑直径。

1.2.4 相关生理指标的测定 将样品用液氮磨碎后加 2 mL 酶提液研磨,4 ℃、15 000 r/min 离心 20 min,取上清液用岛津 UV-2600i 紫外分光光度计进行相关指标的测定。PAL 酶活性测定采用苯丙氨酸法^[18];SOD 酶活性测定采用氮蓝四唑法^[20];POD 酶活性测定采用愈创木酚法^[19];CAT 酶活性测定采用紫外吸收法^[19];MDA 含量测定采用 TBA 法^[18];可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法测定^[20]。

1.3 数据处理

测得的发病指标及各项生理指标用 Excel 和 SPSS 进行数据处理,用 Origin 和 Excel 做图及制表。

2 结果与分析

2.1 发病情况

接种币斑病菌饼 10 d 后各修剪处理下匍匐翦股颖币斑病病斑直径见表 2。3 个修剪高度组处理病斑直径都随着修剪频率的降低而增大,其中 H1F1、H1F3 和 H1F3 组 3 个不同修剪频率处理间均具有显著差异($P < 0.05$);H2F1、H2F2 和 H2F3 处理病斑直径同样均具有显著差异($P < 0.05$);H3F1、H3F2、H3F3 处理间有显著差异($P < 0.05$)。

从修剪高度看,F1 修剪频率下,病斑直径随着修剪高度的升高而减小(表 2),F1H1 和 F1H3 高度组的病斑直径具有显著差异($P < 0.05$),H2 组的病斑直径同另两个组相比均没有显著差异($P > 0.05$);F2 修剪频率下,病斑直径显示出随着修剪高度的升高先减小后增大的趋势,H2 和 H3 高度组的病斑直径具有显著差异,H1 组的病斑直径同另外两个组相比均没有显著差异($P > 0.05$);F3 修剪频率下,病斑直径同样显示出随着修剪高度的升高先减小后增大的趋势,H2 和 H3 高度组的病斑直径不具有显著差异($P > 0.05$),而 H1 组的病斑直径同另两个组相比均存在显著差异($P < 0.05$)(图 1)。

F1H3 处理组病斑直径最小且草的状态最好,F3H1 处理的病斑直径最大且草的状态最差,需要注意的是 F1H1 处理组虽然病斑直径并不大,但是整体状态并不好,草色也较暗(图 1)。

表 2 不同修剪处理下币斑病病斑直径

Table 2 The diameter of dollar spot foci under different mowing treatments

修剪频率/(d·次 ⁻¹)	病斑直径/cm		
	H1	H2	H3
F1	0.64(±0.19) ^{aC}	0.52(±0.11) ^{abC}	0.43(±0.09) ^{bB}
F2	1.16(±0.21) ^{abB}	0.92(±0.22) ^{bB}	1.47(±0.47) ^{aA}
F3	2.50(±0.61) ^{aA}	1.57(±0.52) ^{bA}	1.67(±0.44) ^{bA}

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度病斑直径差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率病斑直径差异显著($P < 0.05$)。

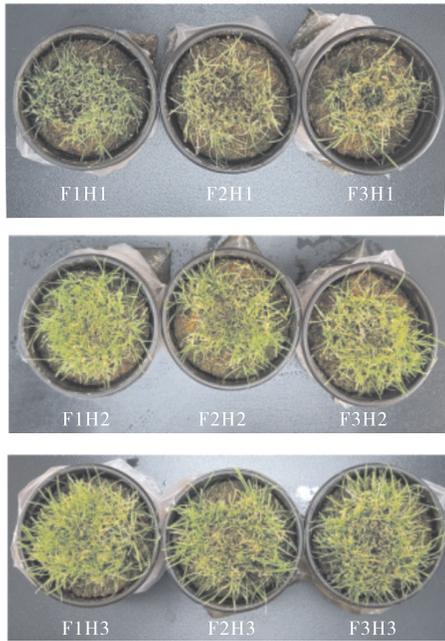


图 1 匍匐剪股颖各修剪处理下币斑病发病情况

Fig. 1 Incidence of dollar spot in creeping bentgrass under different mowing treatments

2.2 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的生理指标

2.2.1 PAL 酶 修剪频率、修剪高度均极显著($P < 0.01$)影响匍匐剪股颖被币斑病侵染后 PAL 酶活性,而两因素交互则不显著($P > 0.05$)(表 3)。

修剪频率分析(图 2),H1 高度组的 PAL 酶活性随着修剪频率的降低先增大后减小,其中 F3H1 频率同 F1H1 和 F2H1 处理下 PAL 酶活性的差异显著($P <$

0.05),F1H1 频率和 F2H1 频率之间次则差异不显著;H2 高度组的 PAL 酶活性随着修剪频率的降低而减小,其中 F3H2 频率同 F1H2 和 F2H2 处理下 PAL 酶活性差异显著($P < 0.05$),F1H2 频率和 F2H2 频率之间则差异不显著;H3 高度组的 PAL 酶活性随着修剪频率的降低则是表现出先减小后增大的趋势,3 个不同修剪频率间 PAL 酶活性均差异不显著。

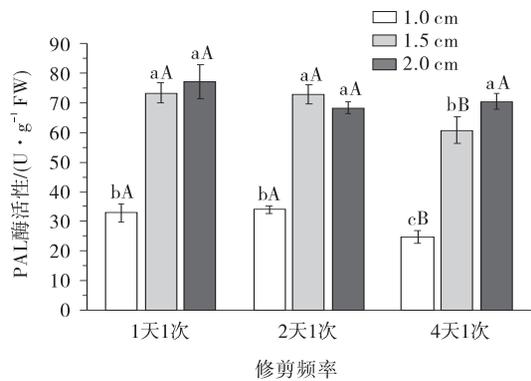


图 2 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的 PAL 酶活性

Fig. 2 PAL activity of creeping bentgrass infected by *Clariireedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度 PAL 酶活性差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率 PAL 酶活性差异显著($P < 0.05$)

从修剪高度分析(图 2),F1、F3 修剪频率下均表现出随着修剪高度的升高 PAL 酶活性也在逐渐升高,F2 修剪频率下 PAL 酶活性则随着修剪高度的升高先增大后减小。其中 F1、F2 修剪频率下,H1 高度组同

表 3 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后各项生理指标的方差分析表

Table 3 ANOVA for physiological indexes of creeping bentgrass infected by *Clariireedia monteithiana* under different mowing treatments

变异来源	PAL 酶活性		SOD 酶活性		POD 酶活性		CAT 酶活性		MDA 含量		可溶性蛋白	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
修剪频率	11.888	0.001	74.594	0.000	12.304	0.000	26.491	0.000	193.599	0.000	56.106	0.000
修剪高度	290.760	0.000	188.790	0.000	50.358	0.000	51.045	0.000	145.855	0.000	30.878	0.000
修剪频率*修剪高度	2.846	0.054	13.009	0.000	4.251	0.014	0.230	0.918	5.992	0.003	1.493	0.246

H2和H3高度组在PAL酶活性上均差异显著($P < 0.05$),H2和H3组之间则差异不显著。F3修剪频率下,随着修剪高度的升高PAL酶活性也在逐渐升高,3个不同修剪高度组PAL酶活性间均差异显著($P < 0.05$)。修剪频率与修剪高度越高,PAL酶活性也越高,其中F1H3处理的PAL酶活性最高,F3H1处理组的PAL酶活性最低。

2.2.2 SOD酶 修剪频率、修剪高度及两者交互均极显著($P < 0.01$)影响被侵染后匍匐剪股颖SOD酶的活性(表3)。

从修剪频率分析(图3),3个修剪高度组除了H1高度组的SOD酶活性随着修剪频率的降低而逐渐降低以外,修剪高度组H2和H3的SOD活性都随着修剪频率的降低先降低后升高。其中H1高度组3个修剪频率下SOD酶活性之间差异不显著;H2和H3高度组均表现出F1频率下的SOD酶活性同F2和F3处理相比都差异显著($P < 0.05$),而F2和F3之间差异不显著。

从修剪高度分析(图3),3个修剪频率下均表现出SOD酶活性随着修剪高度的升高而增大,呈现正相关,并且3个修剪频率下的H1高度组SOD酶活性同H2、H3高度组相比均差异显著($P < 0.05$),而H2、H3高度组之间则差异不显著。

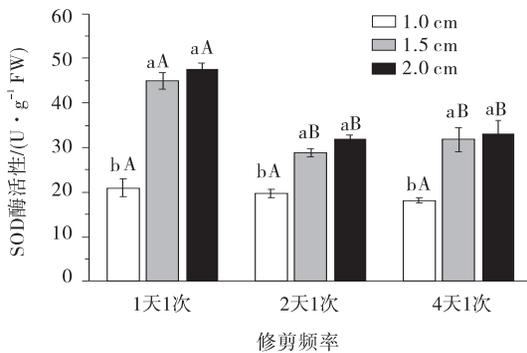


图3 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的SOD酶活性

Fig. 3 SOD activity of creeping bentgrass infected by *Clari- reedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度SOD酶活性差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率SOD酶活性差异显著($P < 0.05$)

修剪频率与修剪高度越高SOD酶活性也越高,F1H3处理组的SOD酶活性最高,F3H1处理组的SOD酶活性最低。

2.2.3 POD酶活性 修剪频率、修剪高度及两者交互均极显著($P < 0.01$)影响被侵染后匍匐剪股颖POD酶的活性(表3)。

从修剪频率分析(图4),H1高度组的POD酶活性随着修剪频率的降低呈现先减小后增大的趋势,H2和H3高度组的POD酶活性则都是随着修剪频率的降低而减小。其中,H1和H3高度组均表现出3个修剪频率下的POD酶活性间差异不显著;H2高度组F1频率处理的POD酶活性同F2H2、F3H2处理间均差异显著($P < 0.05$),F2H2、F3H2间则差异不显著。

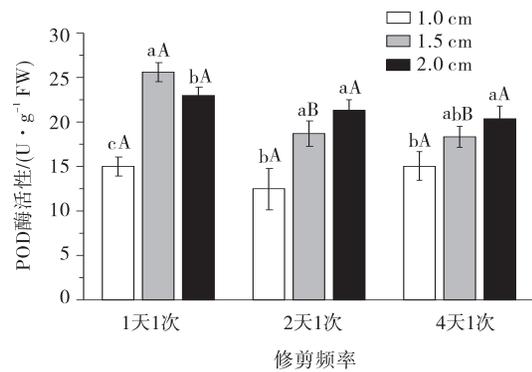


图4 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的POD酶活性

Fig. 4 POD activity of creeping bentgrass infected by *Clari- reedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度POD酶活性差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率POD酶活性差异显著($P < 0.05$)

从修剪高度分析(图4),F1修剪频率下POD酶活性随着修剪高度的升高先增大后减小,F2和F3修剪频率下POD酶活性均随着修剪高度的升高而增大。其中F1H1、F1H2和F1H3的POD酶活性间均差异显著($P < 0.05$);F2H1处理的POD酶活性同F2H2和F2H3高度组相比均差异显著($P < 0.05$),F2H2和F2H3高度组之间则差异不显著;F3H1和F3H3处理相比,POD酶活性差异显著($P < 0.05$),F3H2与F3H1和F3H3处理差异不显著。

修剪高度和修剪频率越高,POD酶活性也越高,F1H2处理具有最高的POD酶活性,F2H1处理的POD酶活性最低。

2.2.4 CAT酶活性 修剪频率、修剪高度均极显著($P < 0.01$)影响匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后CAT酶活性,而两因素交互则不显著。

从修剪频率分析(图5),3个修剪高度下的CAT

酶活性都显示出随着修剪频率的降低而降低的趋势。其中F1H1和F1H3, F3H1, F3H3的CAT酶活性之间差异显著($P < 0.05$)。F1H2处理修下的CAT酶活性同F2H2和F3H2处理相比差异显著($P < 0.05$), 而F2H2和F3H2处理之间则差异不显著。

从修剪高度分析(图5), 3个修剪频率下都显示出随着修剪高度的提高, CAT酶活性也在增加。其中, F1H1处理CAT酶活性同F1H2和F2H3处理均差异显著($P < 0.05$), F1H2和F1H3处理间则差异不显著; F2和F3修剪频率下都表现出3个不同高度组CAT酶活性间差异显著($P < 0.05$)。

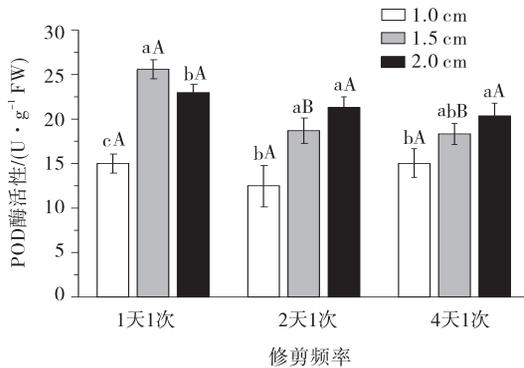


图5 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的CAT酶活性

Fig. 5 CAT activity of creeping bentgrass infected by *Clari- reedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度CAT酶活性差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率CAT酶活性差异显著($P < 0.05$)

CAT酶活性同样显示出与修剪频率和修剪高度均成正比, F1H3处理组具有最高的CAT酶活性, F3H1处理组的CAT酶活性最低。

2.2.5 MDA含量 修剪频率、修剪高度和两者交互都极显著($P < 0.01$)影响被侵染后匍匐剪股颖MDA的含量(表3)。

从修剪频率分析(图6), 3个修剪高度处理的MDA含量都呈现随着修剪频率的降低而增高的趋势。

从修剪高度分析(图6), F1修剪频率下MDA含量随着修剪高度的升高而升高, F2和F3修剪频率下MDA含量则是随着修剪高度的升高先降低后升高。其中, F1H1处理MDA含量同F1H2和F1H3处理间均差异显著($P < 0.05$), 而H2和H3处理MDA含量间

则差异不显著; F2和F3修剪频率下, 3个不同修剪高度间均有显著差异($P < 0.05$)。

MDA含量随着修剪频率和修剪高度的增高而减小, 除F2和F3的修剪频率下出现了1.5 cm修剪高度MDA含量低于2.0 cm的情况, F1H3处理的MDA含量最低, F3H1处理的MDA含量最高(图6)。

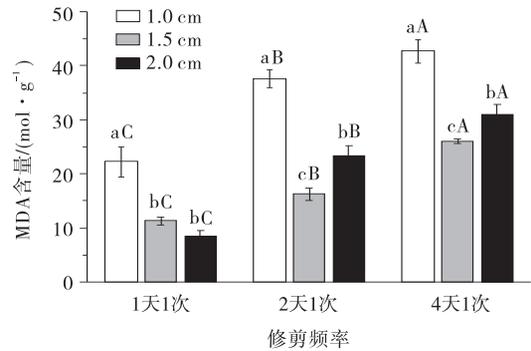


图6 不同修剪处理下匍匐剪股颖被币斑病菌侵染后的MDA含量

Fig. 6 MDA concentration of creeping bentgrass infected by *Clari- reedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度MDA含量性差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率MDA含量差异显著($P < 0.05$)。

2.2.6 可溶性蛋白含量 修剪频率、修剪高度都对匍匐剪股颖的可溶性蛋白含量有显著影响, 且两者没有交互作用(表3)。

从修剪频率分析(图7), 3个修剪高度组都表现出随着修剪频率的降低, 可溶性蛋白含量也随之降低的趋势。其中, H1和H2高度组表现为F1修剪频率下的可溶性蛋白含量同F2和F3频率下的含量间均差异显著($P < 0.05$), F2和F3频率间则差异不显著; F1H3和F3H3处理下的可溶性蛋白含量差异显著($P < 0.05$)。

从修剪高度分析(图7), 3个修剪频率下均表现出随着修剪高度的提高, 可溶性蛋白质含量也随之升高。其中, F1H1处理的可溶性蛋白含量同F1H2和F1H3处理的含量间均差异显著($P < 0.05$), F1H2和F1H3处理间则差异不显著; F2H3处理的可溶性蛋白含量同F2H1和F2H2处理的含量均差异显著($P < 0.05$), F2H1和F2H2处理之间则差异不显著。

整体表明, 修剪频率、修剪高度越高, 可溶性蛋白含量也越高, F1H3处理组可溶性蛋白含量最高, F3H1处理组可溶性蛋白含量最低。

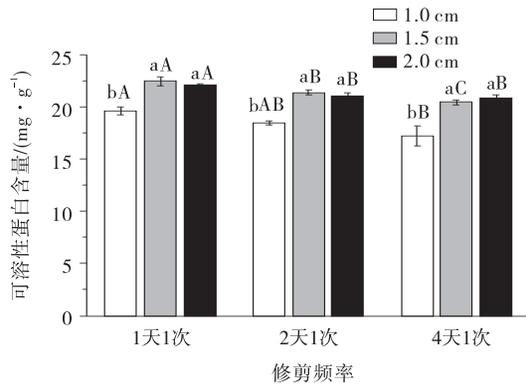


图7 不同修剪处理下匍匐翦股颖被币斑病菌侵染后的可溶性蛋白含量

Fig. 7 SP concentration of creeping bentgrass infected by *Clarireedia monteithiana* under different mowing treatments

注:不同小写字母表示同一修剪频率下不同修剪高度可溶性蛋白含量差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一修剪高度下不同修剪频率可溶性蛋白含量差异显著($P < 0.05$)。

2.3 修剪频率与修剪高度和病斑直径及相关生理指标相关性分析

修剪频率同病斑直径、CAT酶活性、MDA含量、可溶性蛋白含量的相关性呈现极显著($P < 0.01$),其中同病斑直径、MDA含量为负相关(表4)。

修剪高度与除了病斑直径以外的指标的相关性都呈极显著($P < 0.01$),其中同样与病斑直径、MDA含量为负相关,说明修剪高度越高,受损伤程度越小。

3 讨论

币斑病作为草坪上耗费财力、物力、人力较多的病害,一般针对其有效的防治方法就是使用杀菌剂^[21],而通过传统的养护水平来减轻币斑病的病情及发生概率则能在减少污染的同时达到良好的防治效果本研究通过结合三种不同修剪频率及三种不同修剪高度,探究在人工控制条件下修剪这种传统的养护手段对于匍匐翦股颖上币斑病发病的影响。

从修剪频率角度看,三个修剪高度整体上均表现

出修剪越频繁,币斑病病斑直径和MDA含量越小,PAL、POD、SOD、CAT酶活性及可溶性蛋白含量越高的规律。首先发病情况结果与Delvalle^[13]、Putman Alexander等^[22]的大田研究结果一致,Delvalle等^[23]认为频繁的修剪可以有效去除叶面液态水以及病残体,而液态水存在的时间一直被认为是币斑病发病的重要条件,所以这会在一定程度上抑制币斑病菌的侵染。而本试验是在套袋条件下进行的,高湿的环境同样使得草叶上会产生液态水,试验中较高的修剪频率会缩短液态水存在的时间且修剪处理无法避免地会带走部分被侵染的病残体以及菌丝,这与前人的结论也相似;其次,有研究显示植物在遭受机械损伤胁迫时,会产生茉莉酸、茉莉酸甲酯等Jas类化合物^[24,25],而这类化合物可以明显提高植物POD、SOD、CAT、PAL酶等抗氧化酶的活性^[26-28],相对频繁的修剪可以使得植物体维持相对较高的抗氧化酶活性,但是需要维持在一个相对适宜的修剪高度^[29],本试验1天修剪一次的处理整体上各种酶活性相对较高的结果也与先前研究一致。

从修剪高度的角度看,整体上随着修剪高度的提高,病斑直径和MDA含量越小,抗氧化酶活性及可溶性蛋白含量越高,其中1天修剪一次的低留茬组虽然病斑直径相对较小,但是整体的抗氧化酶活性、可溶性蛋白都相对较低,甚至低于病斑直径更大的低修剪频率下高留茬组,且整体草的状态较差,颜色暗淡,MDA含量相对较高。低修剪频率下的低留茬组则表现出病斑直径较大且各种抗氧化酶活性、可溶性蛋白的含量也都低于其他处理,出现这种结果的原因推测一方面是由于修剪频率下降利于币斑病菌侵入导致;另一方面修剪本身就是一种胁迫,单纯的修剪处理会增高各种抗性酶活性及可溶性蛋白质的含量^[15],但是陈煜、赵建华、谢瑞娟等人的研究发现较低的修剪处理在遭到高温逆境时抗氧化酶活性、可溶性蛋白质会

表4 修剪频率和修剪高度与各项指标的相关系数

Table 4 Correlation coefficient among mowing frequency, mowing height and Various indicators

	因子						
	病斑直径	PAL酶活性	SOD酶活性	POD酶活性	CAT酶活性	MDA含量	可溶性蛋白含量
修剪频率	-0.861**	0.193	0.355	0.265	0.530**	-0.700**	0.522**
留茬高度	-0.155	0.858**	0.731**	0.717**	0.763**	-0.492**	0.750**

注:**表示极显著相关($P < 0.01$)。

大幅度降低,较高的修剪高度则可以保持相对较高的抗氧化性^[30],吴晓玲等人的研究也发现低修剪会降低黑麦草的抗旱性^[31],这些研究结果说明在有其他胁迫存在时,低修剪会放大逆境、加重损伤,而随着损伤的加重和ROS的积累,各种可溶性蛋白和抗氧化酶的结构也被破坏^[32,33],反而降低抗氧化酶的活性和可溶性蛋白的含量。病害胁迫是否会如同其他逆境那样导致这个结果目前相关研究还较少,但本研究的结果确实表现出类似的规律。

4 结论

修剪频率高、修剪高度高的处理(F1H3)获得最优的病情控制效果并且具有相对高的抗氧化酶活性及可溶性蛋白含量,修剪频率低、留茬低的处理组(F3H1)则抗氧化酶活性及可溶性蛋白含量低;修剪频率低、修剪高度高的处理组(F3H3)虽然病斑直径相对较大,但是整体抗氧化酶活性以及可溶性蛋白含量相对较高,与F3H1组相比同样具有相对较好的病情控制效果及抗病潜力。

参考文献:

- [1] 孙吉雄,韩烈保. 草坪学[M]. 北京:中国农业出版社, 2015.
- [2] 吕晨辰,伊中友,罗来鑫,等. 草坪草币斑病研究进展[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 44—49.
- [3] 陈立坤,李学政,邓红华,等. 匍匐剪股颖币斑病的发生及综合防治[J]. 现代农业科技, 2018(24): 126—127.
- [4] Salgado—Salazar C, Beim L A, Ismaiel A, *et al.* Clarireedia: A new fungal genus comprising four pathogenic species responsible for dollar spot disease of turfgrass[J]. Fungal biology, 2018, 122(8): 761—773.
- [5] 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.
- [6] 李广硕. 北京和海南高尔夫球场草坪草病害初步调查及病原真菌分类学研究[D]. 保定:河北大学, 2019.
- [7] Hu J, Deng S, Gao T, *et al.* Thiophanate—methyl resistance in *Sclerotinia homoeocarpa* from golf courses in China[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2018, 152: 84—89.
- [8] 董纯辛,崔艺,牛启尘,等. 棘孢木霉特性及其对两种草坪病原菌的生防作用[J]. 草地学报, 2022, 30(5): 1102—1109.
- [9] 尹月兰,牛启尘,甘露. 绿木霉对币斑病菌的生长抑制作用及对镉的耐受性[J]. 草地学报, 2022, 30(10): 2802—2810.
- [10] Le K D, Yu N H, Park A R, *et al.* *Streptomyces* sp. AN090126 as a Biocontrol Agent against Bacterial and Fungal Plant Diseases [J]. Microorganisms, 2022, 10(4): 791—791.
- [11] Ellram A, Horgan B, Hulke B. Mowing Strategies and Dew Removal to Minimize Dollar Spot on Creeping Bentgrass[J]. Crop Science, 2007, 47(5): 2129—2137.
- [12] James B C, Anthony R J. Utilizing organic amendments for general suppression of dollar spot on creeping bentgrass turf [J]. International Turfgrass Society Research Journal, 2021, 14(1): 835—850.
- [13] Delvalle T C, Landschoot P J, Kaminski J E. Effects of Dew Removal and Mowing Frequency on Fungicide Performance for Dollar Spot Control [J]. Plant Dis, 2011, 95(11): 1427—1432.
- [14] 漆放云. 植物生长延缓剂和修剪对高羊茅生长和生理特性的影响[D]. 长沙:湖南农业大学, 2008.
- [15] 孟雯雯,柴睿,张旭虎,等. 修剪对高羊茅根系抗氧化酶和激素的调控机制[C]//第十八届中国科协年会——分14西北地区农牧结合发展草业研讨会论文集:西北农林科技大学动物科技学院草业科学系, 2016: 7.
- [16] 赵正阳,索欣,陈玲,等. 对啮酰菌胺敏感性不同的币斑病菌致病性分析[J]. 草地学报, 2021, 29(6): 1193—1199.
- [17] Walsh B. Epidemiology and disease forecasting system for dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* F. T. Bennett [D]. Guelph: University of Guelph, 2001.
- [18] 欧阳光察,应初衍,沃绍根,等. 植物苯丙氨酸解氨酶的研究——VI. 水稻、小麦 PAL 的纯化及基本特性[J]. 植物生理学报, 1985(2): 204—214.
- [19] 赵正阳. 京津地区币斑病菌对3种杀菌剂的敏感性检测及抗性风险评估[D]. 北京:北京林业大学, 2021.
- [20] 张露露,刘兴菊,马源,等. 7个常用草地早熟禾品种对立枯丝核菌侵染的生理响应[J]. 草原与草坪, 2022, 42(3): 81—90.
- [21] Kabbage M, Piotrowski J, Thill E, *et al.* Poacic acid suppresses dollar spot and snow mould in amenity turfgrass [J]. Plant Pathology, 2020, 69(1): 112—119.
- [22] Alexander I, John E. Mowing Frequency and Plant Growth Regulator Effects on Dollar Spot Severity and on Duration of Dollar Spot Control by Fungicides. [J]. Plant

- disease, 2011, 95(11):1433–1442.
- [23] Smith D L, Kerns J P, Walker N R, *et al.* Development and validation of a weather-based warning system to advise fungicide applications to control dollar spot on turfgrass. [J]. PloS one, 2018, 13(3):1–14.
- [24] 何旭升,徐志高,刘敏杰. 日本结缕草修剪后防御响应的分子机制[J]. 中南林业调查规划, 2020, 39(1):47–52.
- [25] 吴琼,方吴云,王文杰. 机械损伤诱导植物苯丙氨酸解氨酶活性研究进展[J]. 现代农业科技, 2016(1):157–158, 160.
- [26] 周文楠,郭志鹏,牛军鹏,等. 外源茉莉酸甲酯对紫花苜蓿尖孢镰刀菌根腐病抗病性的作用[J]. 植物病理学报, 2019, 49(3):379–390.
- [27] 赵泽花,马祥,董文科,等. 外源茉莉酸甲酯诱导草地早熟禾对白粉病抗性的研究[J]. 草原与草坪, 2020, 40(2):59–66.
- [28] 张彩霞,方香玲. 草类植物抗病机制研究进展[J]. 草业学报, 2023, 32(1):203–215.
- [29] 赵建华,梁娴,罗充. 贵阳市高羊茅草坪草对不同修剪方式的生理响应[J]. 江苏农业科学, 2010(5):265–268.
- [30] 陈煜. 高温胁迫下修剪对高羊茅草坪生长及生理特性的影响[D]. 南京:南京农业大学, 2006.
- [31] 吴晓玲,邵生荣,姚爱兴. 植物生长延缓剂和修剪对多年生黑麦草抗旱性的影响[J]. 四川草原, 2003(5):11–13.
- [32] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 衰老叶片和叶绿体中H₂O₂的累积与膜脂过氧化的关系[J]. 植物生理学报, 1988(1):16–22.
- [33] 林敏,王荣波,陈庆河,等. 亚磷酸钾对马铃薯晚疫病病原菌的作用机理[J]. 植物保护学报, 2018, 45(6):1389–1395.

Effects of different mowing treatments on the incidence of dollar spot in creeping bentgrass

FAN Shou-cheng, ZENG Hui-ming*

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: [Objective] To understand the influence of different mowing treatments on the incidence of creeping bentgrass dollar spot. [Method] We combined three different mowing frequencies (once a day, once in 2 days, once in 4 days) and three different mowing heights (1.0 cm, 1.5 cm, and 2.0 cm) as treatments, Through pathogen infection test to explore the diameter of dollar spot foci and the physiological response of creeping bentgrass under different mowing combinations. [Result] With the increase of mowing frequency and mowing height, the diameter of dollar spot foci and the content of MDA gradually decreased. The activity of related antioxidant enzymes and soluble protein gradually increased. The F1H3 group had the best disease control effect (0.43 cm diameter of spot foci) and the highest antioxidant enzyme activity. In contrast, the F3H1 group had the most severe disease condition (2.5 cm diameter of spot foci), and the related antioxidant enzyme activity and soluble protein content were lowest. [Conclusion] This experiment shows that appropriately increasing the mowing frequency and mowing height in the period of high humidity can alleviate the symptoms of coin spot disease to a certain extent.

Key words: mowing treatment; creeping bentgrass; dollar spot; physiological response

(责任编辑 靳奇峰)