

黑麦草品种对灰梨孢灰斑病的室内抗性评价

陈虹¹,周俗¹,刘刚¹,王钰¹,康晓慧²

(1. 四川省草原科学研究院,青藏高原高寒草地生态修复工程技术研究中心,四川 成都 611731;

2. 西南科技大学,四川 绵阳 621000)

摘要:为研究不同品种黑麦草对灰梨孢灰斑病菌(*Pyricularia grisea*)的抵抗能力,用涂抹法将该病菌接种于四川主要栽培的10个黑麦草品种,依据病情指数评价抗病性。结果表明:一年生黑麦草(*Lolium multiflorum*)(6个品种)的发病率、平均严重度均显著高于多年生黑麦草(*Lolium multiflorum*)(4个品种)。10个黑麦草品种中,绅士、首相、纽怡、维多利亚4个多年生黑麦草品种均表现为高抗(HR),4个品种间无显著差异($P < 0.05$);一年生黑麦草品种均不同程度的表现为感病(HS,MS),其中川农1号、安格斯1号、安第斯、普通4个品种表现为高感(HS),杰威表现为中感(MS),长江2号表现为中抗(MR)。

关键词:黑麦草;灰梨孢灰斑病;抗性评价

中图分类号:S436.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)04-0096-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyp.2021.04.013



我国黑麦草种植面积大,以南方种植更为普遍^[1]。黑麦草属于禾本科黑麦属(*Lolium*),多年生或一年生草本植物,耐寒性较强,生长发育速度快,品质优良,在轮作系统中,黑麦草常与青贮玉米进行轮作。在秋冬季种植黑麦草,不仅能够减少土地资源的浪费,还能在冬春季节为畜牧业提供优质的青绿饲料,解决冬季畜牧业缺少青绿饲料和冬季田地荒废的问题,进而提高农牧民的收益,促进畜牧业的发展^[2]。黑麦草真菌性病害病原菌主要有锈菌(*Puccinia striiformis*)、镰刀菌(*Fusarium poae*)、禾草离孺孢(*Bipolaris sorokiniana*)和灰梨孢(*Pyricularia grisea*)等^[3-7],该病害常常会造成黑麦草减产并影响黑麦草营养品质。灰梨孢

造成的灰斑病受温度和湿度影响最大,高温高湿、雨、雾、露存在的天气均有利于发病。气温在20~30℃,阴雨天多,相对湿度保持在90%以上,容易引起该病严重发生。黑麦草感病初期,叶片呈水浸状的微伤,而后变成坏死状斑点,并且叶片上的斑点会迅速扩大,发展成灰褐色、纺锤形病斑。病斑中部灰色或灰褐色,边缘紫褐色,病斑周围一圈呈黄色枯萎状^[8-14]。调查发现,黑麦草灰梨孢灰斑病在四川发生较为普遍,严重时导致黑麦草整株枯萎死亡。薛福祥^[8]、张家齐等^[9]研究表明,黑麦草在高温高湿条件下,可导致90%以上植株死亡,而国内外灰梨孢灰斑病相关文献较少,对于不同品种的黑麦草种质评价方面的研究不多。本研究通过研究盆栽条件下接种灰梨孢灰斑病菌^[15]后的发病情况,分析四川主要栽培的黑麦草不同品种的抗病性并进行评价^[16-18],为选育抗病品种及绿色防控提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

病叶采集:2018年10月于成都市大邑县韩场镇采集处于分蘖期的黑麦草灰梨孢灰斑病病叶,装入密封袋编号保存。

收稿日期:2020-07-16; **修回日期:**2020-11-06

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0504803;国家现代农业产业技术体系四川饲草创新团队项目(sccxt-d-2020-16)

作者简介:陈虹(1997-),女,四川宜宾人,学士,主要从事饲草病害防控研究。

E-mail:2551895822@qq.com

周俗为通讯作者。

E-mail:zhousu666@163.com

试验采用塑料花盆(底部开孔,盆底直径 175 mm,盆口直径 235 mm,盆高 200 mm),盆栽用土为通用型有机营养土(已经过高温杀菌)。

供试黑麦草品种中多年生黑麦草(*Lolium perenne*)4个品种,分别为维多利亚、绅士、首相、纽怡;一年生黑麦草(*Lolium multiflorum*)6个品种,分别为安第斯、长江2号、杰威、普通、安格斯1号、川农1号。播种前进行发芽率测试,10个品种种子质量符合试验

要求,详见表1。

1.2 试验设计

1.2.1 病原菌制备 根据柯赫氏法则,分离纯化采集到的疑似黑麦草灰梨孢灰斑病病叶上的病原物,鉴定病原菌为灰梨孢灰斑病菌。将得到的病原菌接种至正常黑麦草植株上,发病后表现出同样的水渍状病斑,将发病叶片重新分离获得与之前接种一致的病原菌。将纯化后的灰梨孢灰斑病病原菌保存于-4℃低温培养

表1 参试品种及来源

Table 1 Tested varieties and sources

草品种	草种	供应单位	发芽率/%
维多利亚	多年生黑麦草	四川农业大学动物科学技术学院	89.33
绅士		四川省川草生态草业科技开发有限责任公司	76.00
首相		四川省川草生态草业科技开发有限责任公司	94.67
纽怡		四川省川草生态草业科技开发有限责任公司	92.00
安第斯	一年生黑麦草	四川农业大学动物科学技术学院	96.00
长江2号		四川农业大学动物科学技术学院	82.67
杰威		四川农业大学动物科学技术学院	97.33
普通		四川省川草生态草业科技开发有限责任公司	96.00
安格斯1号		四川农业大学动物科学技术学院	80.00
川农1号		四川农业大学动物科学技术学院	82.67

箱中备用。

1.2.2 土壤最大持水量测定 将装有灭菌土壤(每个塑料盆装取灭菌土壤 2 500 g)的花盆放置于托盘中,反复均匀地向花盆中浇水,直至花盆底部流出的水与托盘口同高。然后将花盆口用塑料薄膜封住,共设置3个重复。放置 24 h后,将花盆从托盘中取出,擦去花盆表面的水分后称重,得到总重(W_1)。再将花盆放置于 80℃烘箱中烘干 24 h,反复称量至重量不再变化时记录干重(W_2)。根据公式 $W = W_1 - W_2$ 计算土壤最大持水量,本试验中每盆土壤平均最大持水量为 980 g。

1.2.3 盆栽植苗 参照《一年生黑麦草主要病害绿色防控技术规程 DB51/T 2452-2018》和《多年生黑麦草牧草生产技术规程 DB51/T 399-2004》,将黑麦草种子均匀撒播在准备好的塑料花盆里,设置接菌和不接菌处理,接菌处理设置 3 个重复,共设置盆栽(3+1)×10个。待黑麦草种子萌发一周后,将每盆黑麦草处理至株数均匀、间距合理,每盆黑麦草数量大约为 50 株,整个培养期间保持无杂草生长,调节土壤中含水量为土壤最大持水量的 70%。

1.2.4 接种方法 9月22日下种,黑麦草植株自然生长至第5周(10月28日)开始接菌。接菌采用孢子



图1 盆栽环境

Fig. 1 The environment of pot cultivation

悬浮液涂抹法,将灰梨孢灰斑病菌用 PDA 培养基密封培养 3 周,刮下孢子制成孢子悬浮液,用纱布涂抹于叶片表面。之后,将透明塑料薄膜覆盖于盆栽上 1 周,从接种灰梨孢灰斑病菌开始,测定记录环境中温湿度(USB 型温湿记录仪,型号为 Cos-3),控制接种后 1 周内的相对湿度为 75% 以上。每天定期观察、浇水,保持盆栽内环境湿度(图 1)。

1.2.5 发病情况调查 接种后出现病情即开始调查,此后每 3 天调查一次,共调查 4 次。每盆随机抽取 10 株,记录发病株数和严重度,计算发病率、平均严重度和病情指数,计算公式如下:

$$\text{发病率} = [\text{病株(器官、叶)数} / \text{调查总株(器官、叶)数}] \times 100\%$$

$$\text{平均严重度} = [\sum(\text{分级数值} \times \text{病叶数}) / \text{总病叶数}] \times 100\%$$

$$\text{病情指数} = \text{发病率} \times \text{平均严重度} \times 100$$

1.2.6 病情分级 采用病级分类和系统聚类分析方法对黑麦草进行抗病性评价,参照南志标^[17]、陈秀蓉^[18](2003)的标准对其严重度进行分级。0 级,无症状;1 级,病斑面积 $\leq 5\%$;2 级,病斑面积 $6\% \sim 20\%$;3 级,病斑面积 $21\% \sim 40\%$;4 级,病斑面积 $41\% \sim 70\%$;5 级,病斑面积 $\geq 71\%$ 。待获得若干样本的严重度数值后,采用加权平均法计算出平均严重度。

参照文克俭^[19]的标准,根据各品种病情指数对其抗病性进行分级。抗性评价分为 4 级:高抗(HR):病情指数为 $0 \sim 5$;中抗(MR):病情指数为 $5.01 \sim 25$;中感(MS):病情指数为 $25.01 \sim 40$;高感(HS):病情指数为 $40.01 \sim 100$ 。

1.2.7 数据处理 用 EXCEL 2016 对发病率、平均严重度和病情指数数据进行系统处理,用 SPSS 25.0 对黑麦草灰梨孢灰斑病病情指数数据进行方差分析,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和邓肯(Duncan)法多重比较检验各处理间的差异显著性($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 发病过程

接种病原菌后,环境温度最高为 33.2°C ,最低为 12°C ,并且前 3 d 变化较为明显,之后趋于缓和(图 2)。接种环境相对湿度满足病原菌萌发条件,从第 3 d 起,一年生黑麦草安第斯、普通、安格斯 1 号、川农 1 号出

现叶部病斑,发病率均为 10% 以上,而长江 2 号、杰威未出现病斑;多年生黑麦草首相、维多利亚、绅士、纽怡发病率仅为 1%。一年生黑麦草安第斯、普通、安格斯 1 号、川农 1 号病斑面积迅速扩大,全株染病。发病后期,川农 1 号、安格斯 1 号和安第斯受灰梨孢灰斑病影响导致整株枯萎状死亡(图 3)。

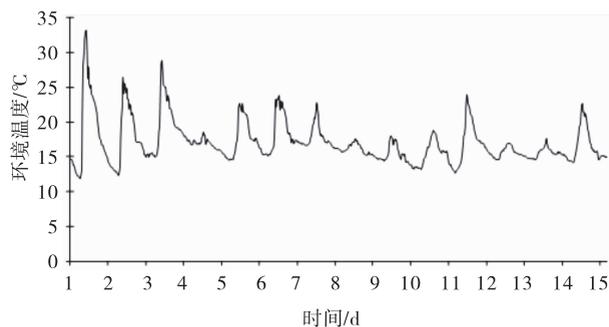


图 2 盆栽外环境温度

Fig. 2 Ambient temperatures for plant growth

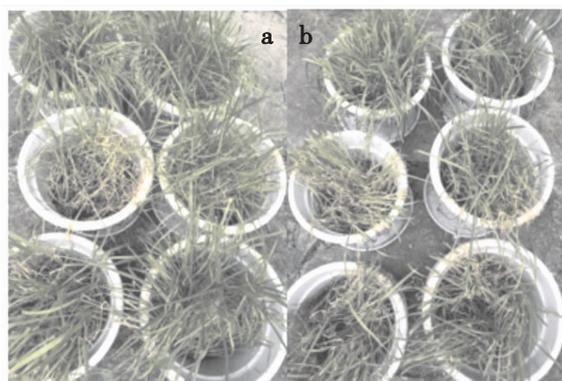


图 3 植株受侵染后枯萎状死亡

Fig. 3 The plants withered and died after being infected

注:图为品种安格斯(a)和普通(b)

2.2 病原菌鉴定

对接种的灰梨孢灰斑病进行病原菌分离纯化后,挑取部分菌丝于显微镜下观察鉴定,分生孢子梗单生或丛生,多不分枝,顶部屈膝,淡褐色,表面光滑, $(60 \sim 200) \mu\text{m} \times (3.5 \sim 5.5) \mu\text{m}$;产孢细胞多芽生,圆柱状,合壁芽生产孢,合轴式延伸;分生孢子单生,洋梨形,无色至灰绿色,两个隔膜,成熟时 $(21 \sim 31.5) \mu\text{m} \times (7 \sim 10.5) \mu\text{m}$,根据形态学特征确定其为灰梨孢灰斑病菌(图 4)。

2.3 发病率

接种后,10 个黑麦草品种先后出现不同程度的发病。发病初期(接种后第 6 d),一年生黑麦草川农 1 号、安格斯 1 号、普通、安第斯发病率最为严重,显著($P < 0.05$)高于其他黑麦草品种。多年生品种发病

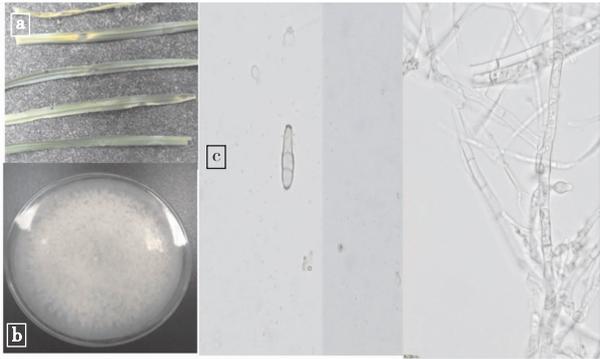


图 4 灰梨孢灰斑病原菌分离鉴定

Fig. 4 Isolation and identification of *Pyricularia grisea*

注: a: 病斑; b: 菌落; c: 菌丝及孢子

率较轻,其中,首相黑麦草发病率最轻,为 11.7%。随调查次数增加,每个品种的发病率均不断增加,而川农 1 号的发病率一直维持在较高水平。接菌后 15 d 时,

川农 1 号发病率最高,显著高于其他品种黑麦草($P < 0.05$)。总体来看,多花黑麦草整体发病率较高,平均发病率为 81.4%,从高到低依次是川农 1 号 96.7% > 安格斯 1 号 88.3% > 安第斯 86.7% > 普通 78.3% > 长江 2 号 71.7% > 杰威 66.7%; 多年生黑麦草(维多利亚、绅士、首相、纽怡)整体发病率较低,平均发病率为 24.6%,最高不超过 30%(表 2)。

2.4 严重度

通过对接菌后的黑麦草发病面积调查,可以得出,10 个黑麦草品种发病初期的平均严重度均不高,但一年生黑麦草病情平均严重度较多年生黑麦草大(表 3)。

一年生黑麦草中,安格斯 1 号各阶段平均严重度一直处于最高水平;多年生黑麦草整体病情严重度较低,各阶段平均严重度均显著($P < 0.05$)低于一年生

表 2 黑麦草品种发病率

Table 2 Disease incidence of ryegrass varieties

%

品种	第 6 d 发病率	第 9 d 发病率	第 12 d 发病率	第 15 d 发病率
维多利亚	13.3 ± 4.71 ^c	21.7 ± 2.36 ^d	23.3 ± 2.36 ^{de}	28.3 ± 2.36 ^e
绅士	13.3 ± 4.71 ^c	16.7 ± 4.71 ^{de}	16.7 ± 4.71 ^{ef}	18.3 ± 2.36 ^f
首相	11.7 ± 2.36 ^c	11.7 ± 2.36 ^c	13.3 ± 4.71 ^f	23.3 ± 4.71 ^{ef}
纽怡	16.7 ± 4.71 ^c	18.3 ± 2.36 ^{de}	26.7 ± 2.36 ^d	28.3 ± 2.36 ^e
安第斯	63.3 ± 4.71 ^a	76.7 ± 4.71 ^a	83.3 ± 4.71 ^a	86.7 ± 4.71 ^b
长江 2 号	53.3 ± 4.71 ^{ab}	53.3 ± 4.71 ^c	66.7 ± 4.71 ^b	71.7 ± 2.36 ^{cd}
杰威	46.7 ± 4.71 ^b	53.3 ± 4.71 ^c	56.7 ± 4.71 ^c	66.7 ± 4.71 ^d
普通	63.3 ± 4.71 ^a	65.0 ± 4.08 ^b	75.0 ± 4.08 ^{ab}	78.3 ± 2.36 ^c
安格斯 1 号	63.3 ± 4.71 ^a	76.7 ± 4.71 ^a	86.7 ± 4.71 ^a	88.3 ± 2.36 ^b
川农 1 号	63.3 ± 4.71 ^a	76.7 ± 4.71 ^a	83.3 ± 4.71 ^a	96.7 ± 4.71 ^a

注: 同列中的不同小写字母表示存在显著差异($P < 0.05$)

表 3 黑麦草品种对灰梨孢灰斑病的平均严重度分析

Table 3 Analysis of the mean severity of ryegrass varieties after infected with gray leaf spot disease

品种名称	第 6 d 平均严重度/%	第 9 d 平均严重度/%	第 12 d 平均严重度/%	第 15 d 平均严重度/%	严重度级别
维多利亚	4.0 ± 0.82 ^f	4.3 ± 0.94 ^f	4.3 ± 0.47 ^f	4.3 ± 0.47 ^e	1
绅士	5.8 ± 0.62 ^d	6.7 ± 0.47 ^e	5.3 ± 0.47 ^f	4.0 ± 0.81 ^e	1
首相	3.3 ± 0.47 ^f	4.0 ± 0.82 ^f	4.3 ± 0.47 ^f	4.3 ± 0.47 ^e	1
纽怡	4.3 ± 0.47 ^{ef}	5.3 ± 0.49 ^{ef}	6.4 ± 0.68 ^f	7.3 ± 0.74 ^e	2
安第斯	16.1 ± 0.66 ^b	44.0 ± 1.20 ^b	67.2 ± 1.07 ^b	84.0 ± 1.41 ^a	5
长江 2 号	5.3 ± 0.25 ^{de}	11.6 ± 0.65 ^d	30.3 ± 1.05 ^c	32.4 ± 1.99 ^d	3
杰威	10.8 ± 0.33 ^c	24.4 ± 1.23 ^c	32.1 ± 1.27 ^e	48.2 ± 1.89 ^c	4
普通	24.0 ± 0.50 ^a	28.2 ± 1.27 ^c	51.7 ± 1.19 ^d	58.8 ± 1.78 ^b	4
安格斯 1 号	21.1 ± 0.24 ^a	65.0 ± 0.79 ^a	78.4 ± 0.46 ^a	85.2 ± 2.65 ^a	5
川农 1 号	10.9 ± 0.22 ^c	39.4 ± 0.79 ^b	59.9 ± 1.25 ^c	82.3 ± 2.33 ^a	5

黑麦草。综合来看,一年生黑麦草安格斯1号、安第斯、川农1号3个品种平均严重度无显著差异($P < 0.05$),但显著($P < 0.05$)高于其他一年生黑麦草。从严重度级别来看,一年生黑麦草品种级别均在3级以上,且安格斯1号、安第斯、川农1号为5级,发病面积最为严重;多年生黑麦草均为2级严重度以下,受病害影响较小。

2.5 病情指数分析与抗性表现

发病初期,普通品种黑麦草的病情指数最高,为15.2,显著高于其他9个黑麦草品种($P < 0.05$);随调查次数增加,一年生黑麦草各阶段病情指数均显著($P < 0.05$)高于多年生黑麦草(表4)。其中,一年生黑麦

草随调查次数增加,川农1号病情指数增长速度较其他5个品种快,在第15d到达峰值,为79.7,显著($P < 0.05$)高于其他5个多年黑麦草;多年生黑麦草品种中,随发病时间延长,病情指数上升缓慢。

按照抗性分级标准分析,川农1号、安格斯1号、安第斯、普通4个一年生黑麦草品种对灰梨孢灰斑病表现为高感(HS),从发病初期到发病后期,4个品种的病情指数上升最快;杰威为中感(MS),长江2号为中抗(MR);绅士、首相、纽怡、维多利亚4个品种病情指数各阶段均在5以下,达到高抗(HR)水平,病情指数随调查时间的增加变化幅度小,4个品种之前的病情指数无显著差异($P < 0.05$)。

表4 黑麦草品种病情指数与抗性分析

Table 4 Disease index and resistance analysis of ryegrass varieties

品种	第6d病情指数	第9d病情指数	第12d病情指数	第15d病情指数	抗病类型
维多利亚	0.5±0.21 ^e	1.0±0.27 ^f	1.0±0.18 ^f	1.2±0.02 ^f	HR
绅士	0.8±0.36 ^e	1.1±0.38 ^f	0.9±0.29 ^f	0.7±0.08 ^f	HR
首相	0.4±0.06 ^e	0.5±0.12 ^f	0.6±0.17 ^f	1.0±0.33 ^f	HR
纽怡	0.7±0.25 ^e	1.0±0.17 ^f	1.7±0.04 ^f	2.1±0.29 ^f	HR
安第斯	10.2±0.91 ^c	33.8±2.94 ^b	56.0±3.40 ^b	72.7±3.16 ^b	HS
长江2号	2.8±0.12 ^f	6.1±0.30 ^e	20.2±1.45 ^e	23.2±0.72 ^e	MR
杰威	5.0±0.53 ^e	13.1±1.75 ^d	18.2±1.68 ^e	32.2±3.44 ^d	MS
普通	15.2±1.45 ^a	18.3±1.12 ^c	38.8±3.00 ^d	46.0±1.82 ^c	HS
安格斯1号	13.4±1.14 ^b	49.9±3.52 ^a	67.9±3.81 ^a	75.3±2.06 ^{ab}	HS
川农1号	6.9±0.48 ^d	30.3±2.33 ^b	50.0±3.62 ^c	79.7±5.91 ^a	HS

注:同列不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$),HR表示高抗,MR表示中抗,MS表示中感,HS表示高感

3 讨论

黑麦草灰梨孢灰斑病为近年来流行较广的真菌性病害^[20-21],水稻稻瘟病原菌同灰梨孢灰斑病原菌同属梨孢霉属,两者发病条件相似,均在高温高湿环境下利于发病,各个部位均可发病^[22-25]。薛福祥等^[8]的研究表明,在湿度较高的环境下,植株被侵染后48h便会迅速枯萎,3~5d就可以导致易感黑麦草大田被毁灭殆尽,与本研究的情况一致。据调查,成都、绵阳、眉山、遂宁、资阳、南充等地区该病均有发生,一般是在播种后1个月时间内严重发生,造成的损失非常巨大。因此,加强黑麦草灰梨孢灰斑病早期(一般是分蘖初期最佳)防控十分必要。多年生黑麦草的抗性较强,但多

花黑麦草对灰梨孢灰斑病的抗性较差,原因可能是多花黑麦草前期的生长速度较快,营养体比较丰富,叶面积大,易于受到病害侵染,二者表现出明显的抗性差异,应在其致病机理上进一步探讨。

本次试验用平均严重度和病情指数两个指标对黑麦草灰梨孢灰斑病分别进行抗性分级,其大多数结果大体一致,但对杰威、长江2号和普通3个品种有一些差异。灰梨孢灰斑病传播迅速,危害重,目前没有针对性的评价方法和判断指标,而不同方法对黑麦草灰梨孢灰斑病抗性评价可能会出现偏差,会影响结果判断,因此,在对梨孢霉属真菌的抗性分级方法上应做进一步的有针对性的研讨,为抗性选育和防治提供更为科学的依据。

本次试验为盆栽模拟性试验,可以为大田试验提供一定依据,其结果对生产上的防治具有积极的指导意义,在防治上应优先选用抗病品种,并加强做好早期防控。

本次试验为接菌试验,盆栽植物生长环境与大田有一定大的差异,其发病与大田植物自然发病情况应有所不同,应结合大田试验对结果进一步进行效验完善。

4 结论

参试品种中多年生黑麦草维多利亚、绅士、首相、纽怡对灰梨孢灰斑病显示出高抗(R),且4个品种间无显著差异,而多花黑麦草川农1号、安格斯1号、安第斯对灰梨孢灰斑病显示出高感(S),3个品种差异不显著。

参考文献:

[1] 李新一,尹晓飞,杜桂林,等. 饲草重大生物灾害防控形势与对策[J]. 中国饲料,2019(13):104-108.

[2] 张学会. 黑麦草在畜牧产业发展中的地位和作用[J]. 新农业,2019(17):39-41.

[3] 马敏芝. 多年生黑麦草—内生真菌共生体抗病性及其对根腐离蠕孢(*Bipolaris sorokiniana*)抗病机制的研究[D]. 兰州:兰州大学,2015.

[4] 闫智臣,李应德,程维佳,等. 不同盐浓度下AM真菌对多年生黑麦草生长的影响[J]. 草原与草坪,2018,38(1):63-70.

[5] 丁成龙. 多花黑麦草遗传连锁图的构建及抗灰叶斑病基因的分子标记[D]. 南京:南京农业大学,2005.

[6] 高志乾,许君山. 黑麦草的高产栽培技术[J]. 福建农业,1998(11):16.

[7] 周俗,刘勇,陈虹,等. 四川人工栽培饲草主要真菌病害调查报告[J]. 草学,2019(5):35-43.

[8] 薛福祥. 应引起高度重视的草坪草病害——灰斑病[J]. 草原与草坪,2003(1):11-14.

[9] 张家齐,赵云梦,韩志勇,等. 草坪灰斑病的田间诊断与控制[J]. 草地学报,2017,25(2):442-444.

[10] 李梅蓉. 黑麦草主要病害的发生与防治[J]. 现代农业科技,2018(18):108-110.

[11] 薛福祥. 草地保护学:(三)牧草病理学[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2009:120-152.

[12] 陆家云. 植物病原真菌学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:400-425.

[13] 刘勇,周俗,刘刚,等. 不同黑麦草品种抗病性评价[J]. 草学,2018(5):30-39.

[14] 张利,康晓慧,周俗,等. 四川地区禾本科牧草真菌病害调查及综合防治研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(29):17899-17901.

[15] 吴涛,冯歌林,曾珍,等. 生物质炭对盆栽黑麦草生长的影响及机理[J]. 土壤学报,2017,54(2):525-534.

[16] 王艳,陈秀蓉,南志标,等. 甘肃环县草地白草病害的调查研究[J]. 云南农业大学学报,2004,19(6):643-647.

[17] 南志标. 陇东黄土高原栽培牧草真菌病害调查与分析[J]. 草业科学,1990,7(4):30-34.

[18] 陈秀蓉,南志标,杨成德等. 3种牧草根际平脐蠕孢形态和生物学特性[J]. 草业学报,2003(6):86-92.

[19] 文克俭,唐成斌,吴佳海. 贵州地方优良禾本科牧草抗病性初步研究[J]. 草业与畜牧,2008(1):17-19.

[20] Wong F P, de la Cerda K A. First Report of *Pyricularia grisea* (Gray Leaf Spot) on Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*) in Nevada[J]. Plant disease, 2006, 90(5): 683-683

[21] Farman Mark L. *Pyricularia grisea* Isolates Causing Gray Leaf Spot on Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*) in the United States: Relationship to *P. grisea* Isolates from Other Host Plants [J]. Phytopathology, 2002, 92(3): 245-253.

[22] 杜新法,孙漱沅,郑重. 稻梨孢菌与其他寄主梨孢菌在水稻植株上的交互作用[J]. 植物保护学报,1996,23(2):97-101.

[23] 冯梓洪. 水稻稻瘟病的发生及防治关键技术分析[J]. 农业开发与装备,2020(1):166-170.

[24] 植文观,文浩,聂晓年. 水稻稻瘟病发病原因及防治对策探究[J]. 南方农业,2019,13(27):14-15.

[25] 赵夏夏,王旭明,许飘,等. 水稻稻瘟病抗性研究与展望[J]. 湖北农业科学,2019,58(11):5-9.