

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2020)04-0238-07

绵马贯众素对马铃薯干腐病菌的抑菌活性研究

高云飞¹, 王文重^{1,2*}, 宿飞飞¹, 闵凡祥¹, 刘振宇¹, 魏琪¹, 万书明¹

(1. 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086;

2. 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 马铃薯干腐病是镰孢菌引起的贮藏期病害, 造成损失10%~35%。利用高效液相色谱法(HPLC)测定粗茎鳞毛蕨(*Dryopteris crassirhizoma*)提取液中绵马贯众素的含量, 采用生长速率法测定其对马铃薯干腐病4种主要致病镰孢菌(*Fusarium culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sambucinum*和*F. solani* var. *coeruleum*)的抑制效果, 并研究不同浓度的绵马贯众素对接骨木镰孢菌菌丝和孢子萌发率的影响。绵马贯众素对4种镰孢菌均有一定的抑制作用, 在1 mg/mL浓度下对接骨木镰孢菌抑制率高达95.2%, 显著高于其他三种镰孢菌。与对照组相比, 接骨木镰孢菌菌丝干重随着绵马贯众素浓度升高而下降。绵马贯众素在0.1 mg/mL时在一定程度上延缓接骨木镰孢菌孢子的萌发, 萌发率为26.97%, 而在0.5 mg/mL时可有效抑制孢子的萌发, 萌发率仅为5.48%。因此, 绵马贯众素具有研发植物源农药的潜力。

关键词: 绵马贯众素 ABBA; 接骨木镰孢菌; 抑菌率; 孢子萌发; 菌丝干重

Antifungal Activity of Dryocrassine on Potato Dry Rot

GAO Yunfei¹, WANG Wenzhong^{1,2*}, SU Feifei¹, MIN Fanxiang¹, LIU Zhenyu¹, WEI Qi¹, WAN Shuming¹

(1. Potato Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China;

2. Postdoctoral Research Station, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

Abstract: Potato dry rot, caused by *Fusarium* spp., is a main disease during storage, resulting in a loss of 10%-35%. The concentration of dryocrassine from *Dryopteris crassirhizoma* extract was determined by HPLC and the inhibitory effect of dryocrassine was measured through growth rate for four main pathogenic fungi of *Fusarium* spp. (*F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sambucinum* and *F. solani* var. *coeruleum*). The effects of different concentrations of dryocrassine on the mycelial growth and spore germination for *F. sambucinum* were studied. Dryocrassine had certain inhibitory effect on the four *Fusarium* spp., especially *F. sambucinum*, which reached 95.2% at 1 mg/mL concentration, significantly higher than that of others. Compared with the control, the dry weight of *F. sambucinum* mycelium decreased with the increase of the concentration of dryocrassine. Dryocrassine at 0.1 mg/mL inhibited to some extent spore germination of *F. sambucinum*, with a germination rate of 26.97%. However, at 0.5 mg/mL it effectively inhibited the spore germination of *F. sambucinum*, the germination rate being only 5.48%. Therefore, the dryocrassine might have potential to develop botanical fungicides.

Key Words: dryocrassine ABBA; *Fusarium sambucinum*; inhibitory rate; spore germination; mycelium dry weight

收稿日期: 2019-03-06

基金项目: 黑龙江省农业科学院科技创新工程(2014QN028); 黑龙江省政府博士后科研启动金项目(LRB10-624); 国家自然科学基金(31501358); 黑龙江省农业科学院示范项目(TGY-2018-14); 黑龙江省农业科学院博士后科研启动金项目(LBH-Z18267)。

作者简介: 高云飞(1984-), 男, 助理研究员, 从事马铃薯病害与栽培研究。

***通信作者(Corresponding author):** 王文重, 博士, 主要从事马铃薯病害研究, E-mail: wenwen0331@163.com。

马铃薯干腐病是由镰孢菌属(*Fusarium* spp.)引起的一种世界性范围的真菌病害,也是窖贮期间马铃薯主要病害之一。在窖藏过程中,由于干腐病造成的损失率一般为10%~35%,严重时高达60%^[1-4],给马铃薯产业造成巨大的经济损失^[5]。由于马铃薯没有抗镰孢菌干腐病品种,因此只能通过化学药剂进行防控,但长期大量施用化学药剂易造成严重的环境污染,还会导致镰孢菌产生抗药性,防治效果逐年降低。闵凡祥等^[6]和李凤兰等^[7]都曾报道,从有典型马铃薯干腐病症状的薯块中成功分离得到接骨木镰孢菌(*F. sambucinum*)、燕麦镰孢菌(*F. avenaceum*)和茄病镰孢菌蓝色变种(*F. solani* var. *coeruleum*),其致病率分别为87.5%、70.2%和40.25%;黄色镰孢菌(*F. culmorum*)和燕麦镰孢菌(*F. avenaceum*)对离体块茎的致病率分别为41.05%和72.20%。目前,利用植物源杀菌药防治马铃薯干腐病镰孢菌已成为研究热点,对镰孢菌的研究已有一些报道。王静等^[8]的研究表明,丹参、半夏、仙人掌等药用植物的丙酮粗提物对串珠镰孢菌(*F. moniliforme*)、禾谷镰孢菌(*F. graminearum*)、尖孢镰孢菌(*F. oxysporum*)有一定的抑制效果。但关于蕨类植物对镰孢菌抑制作用的研究尚且不多。粗茎鳞毛蕨(*Dryopteris crassirhizoma*)为鳞毛蕨科鳞毛蕨,属多年生草本植物,是中国药典收录的中药材贯众的原植物,主要分布于东北和河北的东北部地区^[9]。粗茎鳞毛蕨的干燥根茎又称为绵马贯众,绵马贯众含有多种间苯三酚类化合物、黄酮类化合物和萜类化合物^[10-12]。现已知间苯三酚单体成分为绵马酸ABA、绵马贯众素ABBA和白绵马素AA^[13,14]。研究表明,绵马贯众煎剂能有效的抑制伤寒杆菌(*Salmonella enterica*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)等。间苯三酚衍生物能抑制乳酸杆菌(*Lactobacillus*)生长^[15],对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、大肠杆菌有一定抑菌作用^[16]。因此开发高效、低毒植物源杀菌药是防治马铃薯干腐病的有效措施。

本研究通过生长速率法测定粗茎鳞毛蕨提取物绵马贯众素ABBA对马铃薯干腐病镰孢菌的抑制效果,进一步研究绵马贯众素ABBA对接骨木镰孢菌菌丝和孢子萌发抑制作用,为合理研发植物源农药

提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株

黄色镰孢菌、接骨木镰孢菌、燕麦镰孢菌、茄病镰孢菌蓝色变种。均由黑龙江省农业科学院马铃薯研究所提供。

1.1.2 植物材料

粗茎鳞毛蕨植株于2012年8月采自黑龙江省帽儿山,采收植物材料阴干后粉碎,过40目筛备用。粗茎鳞毛蕨植株标本保存于东北农业大学植物教研室。

1.1.3 主要试剂

绵马贯众素ABBA标准品(HPLC≥95%)购买于上海源叶生物科技有限公司;甲醇为美国DIKMA公司的色谱纯,其他试剂均为分析纯。

1.1.4 主要仪器

Waters 600型高效液相色谱仪(美国沃特世), Waters 2847型紫外检测器(美国沃特世), Waters 2707自动进样器(美国沃特世);RE-52B旋转蒸发器(巩义市英峪予华仪器厂);KQ2200B型数控超声波清洗器(昆山市舒美超声仪器有限公司);SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵(巩义市英峪予华仪器厂)。

1.2 试验设计

设计了双因素完全随机试验,3次重复。其中因素A为浓度,分别为0.5和1 mg/mL;因素B为菌种,分别为黄色镰孢菌,燕麦镰孢菌,接骨木镰孢菌和茄病镰孢菌蓝色变种。试验在黑龙江省农业科学院马铃薯研究所实验室完成。

1.3 试验方法

1.3.1 粗茎鳞毛蕨中绵马贯众素ABBA提取

称取500 g粗茎鳞毛蕨粉末,按料液比1:10加入到80%的乙醇溶液中,避光冷浸24 h,在功率800 W 30℃的超声波下浸提2次,30 min。浸提液以5 000 r/min离心,取上清,真空抽滤,合并滤液。用正己烷以1:1萃取滤液,混匀静置,取上层液体,40℃旋转蒸发,浓缩至膏。用15%乙醇以10倍量对浸膏进行溶解,用酸碱调至中性。DM-130大孔树脂预处理^[17]后将上述的液体样品加入到经处理

过的DM-130大孔吸附树脂吸附柱内,先用蒸馏水洗,再分别经过30%和50%甲醇清洗,弃滤液,用90%甲醇洗脱吸附柱,滤液为含有绵马贯众素ABBA成分的药液,备用。

1.3.2 HPLC法绵马贯众素ABBA的含量测定

精确称量10 mg绵马贯众素ABBA标准品,用甲醇定容为25 mL。再精密吸取1, 2, 3, 4和5 mL,用甲醇定容100 mL,得到质量浓度分别4, 8, 12, 16和20 ng/ μ L的绵马贯众素ABBA标准溶液。色谱条件参考金哲^[18]和肖国君等^[19]略有修改。色谱柱:Waters 600 C18柱(250 mm $\times$ 4.6 mm, 10 μ m);流动相:甲醇-0.5%磷酸水95%~100%甲醇梯度洗脱;流速:1.0 mL/min;柱温:20 $^{\circ}$ C;检测波长300 nm。定量测定方法采用外标法。配置不同浓度的提取液。

1.3.3 绵马贯众素ABBA提取液对镰孢菌抑菌活性测定

提取液对镰孢菌的影响采用生长速率法^[20],在配制不同浓度植物提取液时,采用超声波法助溶^[21]。一切操作均在无菌条件下进行,取9 mL上述植物提取液加入PDA培养基中,混匀,以等量无菌水为对照。将经活化的供试镰刀菌接种到PDA培养基中培养,取生长状况一致的供试菌饼(Φ = 6.0 mm),将有菌丝的一面贴在PDA培养基表面上,25 $^{\circ}$ C培养,等对照组菌落直径占培养基2/3时,采用十字交叉法测量,计算的菌落生长量,每个处理重复3次。按照下列公式计算抑制率:

纯生长量 = 菌落平均直径 - 菌饼直径

抑制率(%) = (对照菌落纯生长量 - 处理菌落纯生长量)/对照菌落纯生长量 $\times$ 100

1.3.4 绵马贯众素ABBA提取液对接骨木镰孢菌孢子萌发率的测定

取25 $^{\circ}$ C培养7 d含有接骨木镰孢菌的培养皿,加入少量无菌水,将其上的菌丝刮下,转入已灭菌的三角瓶中,振荡、过滤,最后通过血球计数板将孢子浓度稀释到 1×10^5 cfu/mL备用。

取等量的不同浓度的绵马贯众素ABBA溶液、无菌水、上述孢子菌液和PD液体培养基,加入无菌离心管中,混合均匀,25 $^{\circ}$ C培养。每1 h镜检记录1次孢子萌发数,共调查5次,每次镜检200个孢子,

每个处理3次重复。

孢子萌发率(%) = 孢子萌发数/调查孢子总数 $\times$ 100

1.3.5 绵马贯众素ABBA提取液对接骨木镰孢菌菌丝干重的测定

在50 mL PD液体培养基中接种接骨木镰孢菌的菌饼(Φ = 6 mm)5片,按体积比2%接种量分别接种0.1和0.5 mg/mL的绵马贯众素ABBA,加入等量的无菌水作为对照组。25 $^{\circ}$ C 100 r/min振荡,培养15 d,用纱布过滤收集菌丝,烘干并称重,每个处理3次重复。

1.3.6 数据处理

数据分析采用Excel 2010和DPS 15.10完成。采用完全随机双因素有重复方差分析方法,多重比较采用最小显著差数法(Least Significant Different)。

2 结果与分析

2.1 绵马贯众素ABBA提取液含量测定

绵马贯众素ABBA标准品的保留时间在7 min左右(图1),表明绵马贯众素ABBA标准品对应色谱峰的紫外吸收光谱有良好的分离效果,能够用来分离样品中的绵马贯众素ABBA。绵马贯众素ABBA含量测定标准曲线 $Y = 0.0528X - 0.1591$ (其中Y为绵马贯众素ABBA标准品含量(ng),X为绵马贯众素ABBA标准品峰面积(mAU*s), $R^2 = 0.9999$)。样品中绵马贯众素ABBA提取液浓度为15.30 mg/mL。

2.2 绵马贯众素ABBA提取液对镰孢菌的抑制率的影响

绵马贯众素ABBA的不同浓度提取液对镰孢菌的抑菌作用差异显著(表1)。当绵马贯众素ABBA浓度为0.5 mg/mL时,其对镰孢菌的平均抑菌率为71.19%,当浓度提高的1.0 mg/mL时,相应的平均抑菌率提高到91.49%。不同镰孢菌对绵马贯众素ABBA的敏感性有显著差异(表1),其中以接骨木镰孢菌对绵马贯众素ABBA敏感性最高,平均抑菌率为88.82%,其次为黄色镰孢菌,平均抑菌率为82%,茄病镰孢菌蓝色变种敏感性最低,平均抑菌率为73.98%。

方差分析(表1)亦表明,浓度 $\times$ 镰孢菌互作显著。当粗茎鳞毛蕨绵马贯众素ABBA提取液浓度在0.5 mg/mL水平时,对接骨木镰孢菌的抑制率显著高

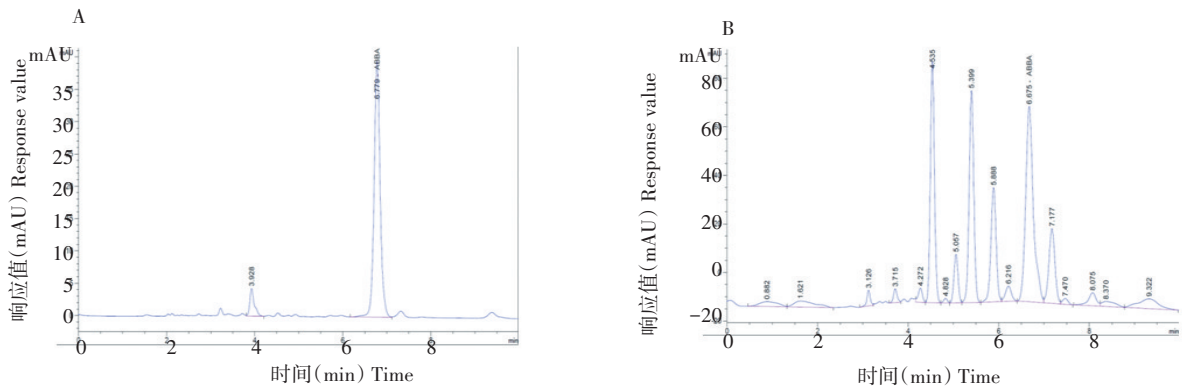


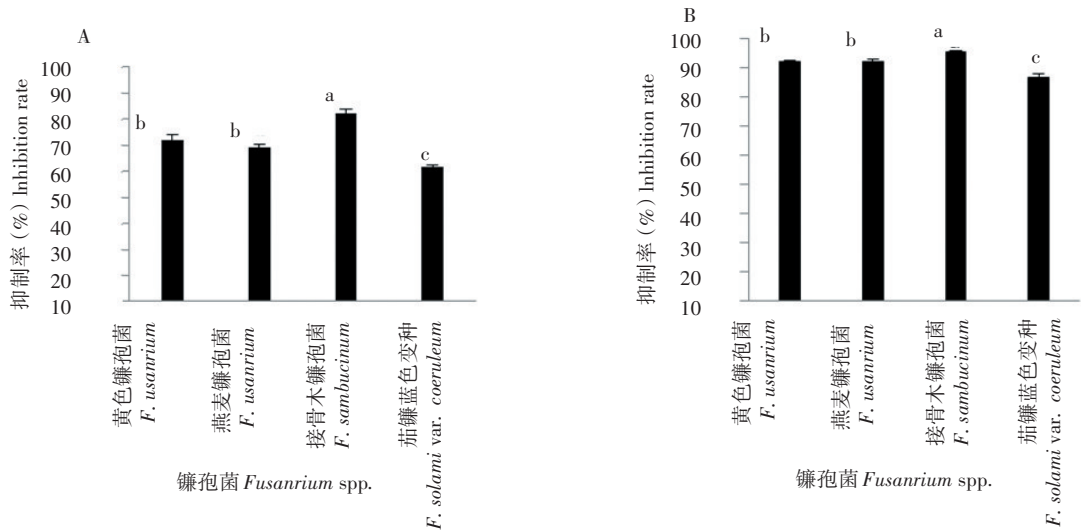
图1 绵马贯众素 ABBA 的标准品(A)和样品(B)HPLC 色谱图

Figure 1 HPLC chromatograms of dryocrassin ABBA of standard (A) and sample (B)

表1 不同浓度绵马贯众素 ABBA 和镰孢菌双因素方差分析

Table 1 Two-factor analysis of variance of *Fusarium* spp. and different concentrations

变异来源 Source of variation	DF	SS	MS	<i>F</i>	<i>P</i>
浓度 Concentration	1	2 472.54	2 472.54	629.68	1 × 10 ⁻⁷
镰孢菌 <i>Fusarium</i> spp.	3	666.33	222.11	56.56	1 × 10 ⁻⁷
浓度 × 镰孢菌 Concentration × <i>Fusarium</i> spp.	3	128.58	42.86	10.92	0.000 38
误差 Error	16	62.83	3.93		
总变异 Total variation	23	3 330.28			



误差线为标准差。不同小写字母表示差异达0.05显著水平。采用最小显著差法检验。下同。

Error bar represents standard deviation. Treatment means with different lowercase letter mean significance at 0.05 level as tested using LSD method.

The same below.

图2 绵马贯众素 ABBA 提取液 A(0.5 mg/mL)和 B(1.0 mg/mL)对镰孢菌的抑制率

Figure 2 Effects of dryocrassin ABBA extract A (0.5 mg/mL) and B (1.0 mg/mL) on inhibition of *Fusarium*

于另外3种镰孢菌抑制率,对黄色镰孢菌和燕麦镰孢菌的抑制率显著高于茄病镰孢菌蓝色变种抑制率,抑制率均在61%以上,其中对接骨木镰刀菌的抑制率最高,高达82.4%,对茄病镰孢菌蓝色变种的抑制率最低,为61.5%(图2A);在1 mg/mL时,抑制率均在86%以上,其中对接骨木镰刀菌的抑制率最高,高达95.2%,对茄病镰孢菌蓝色变种的抑制率最低,为86.4%(图2B)。由此可见,粗茎鳞毛蕨绵马贯众素 ABBA 对不同种镰刀菌有良好的抑制效果,且高浓度的抑菌效果显著高于低浓度的抑菌效果。

2.3 绵马贯众素 ABBA 提取液对接骨木镰孢菌孢子萌发率的影响

绵马贯众素 ABBA 溶液处理接骨木镰孢菌的孢子,孢子萌发受到一定抑制,处理组孢子萌发率显著低于无菌水处理的空白对照(图3)。在绵马贯众素 ABBA 处理5 h时,0.1和0.5 mg/mL水平的处理组接骨木镰孢菌的孢子萌发率分别为26.97%和5.48%,而此时对照组孢子萌发率为55.33%,对照组孢子

萌发率是0.1 mg/mL浓度处理组孢子萌发率2倍多,是0.5 mg/mL浓度处理组孢子萌发率10倍多。0.1 mg/mL的绵马贯众素 ABBA 溶液不能完全抑制孢子萌发,而0.5 mg/mL可以有效的抑制孢子萌发,为5%以下。0.1和0.5 mg/mL的处理组显示,随着处理时间的延长,孢子萌发率不断增加,但增加幅度小,0.1和0.5 mg/mL的处理组在0~3 h与对照组相比,抑制孢子萌发的效果显著,3 h时与对照组相比,孢子萌发率均低于10.0%,此时空白对照组孢子萌发率已达到24.1%。因此,0.1 mg/mL绵马贯众素 ABBA 溶液可在一定程度上延缓接骨木镰孢菌孢子的萌发,而0.5 mg/mL绵马贯众素 ABBA 溶液可有效抑制其孢子的萌发。

2.4 绵马贯众素 ABBA 提取液对接骨木镰孢菌菌丝干重的影响

绵马贯众素 ABBA 溶液处理可以显著抑制接骨木镰孢菌菌丝的生长(图4)。随着处理浓度的递增,菌丝干重降低,且均显著低于空白对照。当绵马贯

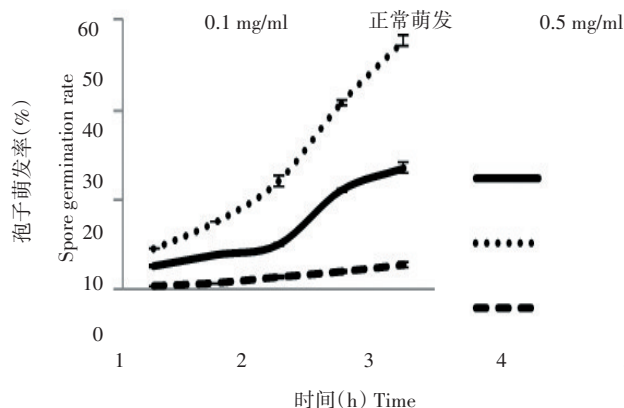


图3 绵马贯众素 ABBA 对接骨木镰孢菌孢子萌发的影响

Figure 3 Effect of dryocrassin ABBA on *F. sambucinum* germination

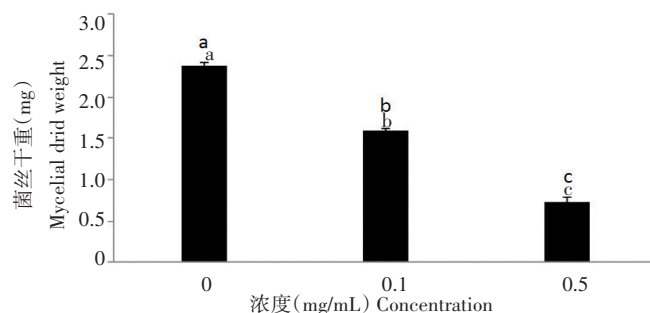


图4 绵马贯众素 ABBA 对接骨木镰孢菌菌丝干重的影响

Figure 4 Effect of dryocrassin ABBA on mycelium dry weight of *F. sambucinum*

众素 ABBA 浓度为 0.1 mg/mL 时, 菌丝体干重为对照的 67.23%, 当 0.5 mg/mL 时, 仅为对照的 31.09%。绵马贯众素 ABBA 是四环间苯三酚属多环间苯三酚, 其含有 2 个乙酰基和 2 个丁酰基, 可能绵马贯众素 ABBA 作用于镰孢菌细胞壁引起组分的变化, 进而使其细胞内容物有渗漏, 使细胞消融, 从而导致菌丝干重的降低。

3 讨 论

多种植物提取物具有抑制镰孢菌的效果, 潘翠翠等^[22]发现甘草提取物对尖孢镰刀菌有一定抑制效果。李孙洋等^[23]认为三叉苦(*Euodia lepta*)对腐皮镰刀菌(*F. solan*)的菌丝生长有一定抑制作用, 但蕨类植物对镰孢菌抑制作用研究鲜有报道。

鳞毛蕨属植物在全球有 450 多种植物, 其中在中国约有 300 多种, 而有药用价值有 20 多种, 粗茎鳞毛蕨是其中的一种, 粗茎鳞毛蕨含有多种化学成分, 这些成分具有多方面的药理作用。研究显示其主效成分主要是间苯三酚类化合物, 目前已分离间苯三酚类化合物有 80 多种^[24,25]。本文首次将粗茎鳞毛蕨中绵马贯众素 ABBA 应用到马铃薯干腐病防治方面, 为研发高效植物源杀菌剂提供了理论基础。

本研究结果表明, 在一定程度上粗茎鳞毛蕨中绵马贯众素 ABBA 对茄腐病镰孢菌蓝色变种、接骨木镰孢菌、燕麦镰孢菌和黄色镰孢菌起到一定抑制作用。在绵马贯众素 ABBA 同一浓度下, 对接骨木镰孢菌抑制率显著优于其他 3 种镰孢菌, 同时证明其对绵马贯众素 ABBA 相对敏感。同时据不同国家报道的病原菌的优势种在不同地方有所不同, 但报道接骨木镰刀菌为主要病原菌的文献较多^[26-28], 同时也是黑龙江省马铃薯干腐病主要致病菌之一。因此, 本研究对接骨木镰孢菌进行了孢子萌发和菌丝干重的初步研究, 结果表明孢子萌发随时间的延长, 孢子萌发率缓慢的上升; 菌丝干重随绵马贯众素 ABBA 溶液浓度的升高而降低。马贯众素 ABBA 溶液对接骨木镰孢菌的抑菌机理, 还需要后续通过电导率变化、内容物的渗漏情况、菌体细胞壁组分变化等方面具体研究。本研究结果显示, 粗茎鳞毛蕨中绵马贯众素 ABBA 对 4 种镰孢菌的抑制率有显著差异, 并证明粗茎鳞毛蕨具有开发植物源杀菌剂的潜

力, 为防治马铃薯干腐病植物源杀菌剂的研发提供更科学和具体的理论基础。

[参 考 文 献]

- [1] Li Y C, Bi Y, Ge Y H, *et al.* Antifungal activity of sodium silicate on *Fusarium sulphureum* and its effect on dry rot of potato tubers [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(5): 213-218.
- [2] 刘合光, 谢思娜. 中国马铃薯生产区域格局变化及其成因实证分析 [J]. *农业经济与管理*, 2013(1): 72-77.
- [3] 于俊琴. 马铃薯种薯贮藏期间干腐病的发生及防治措施 [J]. *天津农林科技*, 2002(4): 9.
- [4] Carnegie S F, Ruthven A D, Lindsay D A, *et al.* Effects of fungicides applied to seed potato at harvest or after grading on fungal storage diseases and plant development [J]. *Annals of Applied Biology*, 1990, 116: 61-72.
- [5] 李金花, 王蒂, 柴兆祥, 等. 甘肃省马铃薯镰刀菌干腐病优势病原的分离鉴定 [J]. *植物病理学报*, 2011, 41(5): 456-463.
- [6] 闵凡祥, 王晓丹, 胡林双, 等. 黑龙江省马铃薯干腐病菌种类鉴定及致病性 [J]. *植物保护*, 2010, 36(4): 112-115.
- [7] 李凤兰, 蒋先锋, 史丽娟, 等. 两株马铃薯干腐病病原菌的分离和鉴定 [J]. *作物杂志*, 2013(4): 125-128.
- [8] 王静, 呼丽萍, 王廷璞, 等. 几种药用植物浸提物抑制真菌活性的研究 [J]. *甘肃农业大学学报*, 2013, 48(6): 95-98.
- [9] 林红梅, 韩忠明, 吴劲松, 等. 粗茎鳞毛蕨种群形态性状及其生态可塑性的研究 [J]. *吉林农业大学学报*, 2006, 28(4): 398-406.
- [10] 周荣汉. 药用植物化学分类 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 221.
- [11] Widen C J, Fraser-Jenkins C R, Reichstein T, *et al.* A survey of phenolic compounds in *Dryopteris* and related fern genera [J]. *Annales Botanici Fennici*, 2001, 38(2): 99-138.
- [12] 常纁. 香鳞毛蕨国内外研究进展 [J]. *北方园艺*, 2009(4): 113-115.
- [13] 吴寿金, 杨秀贤, 张丽. 绵马贯众化学成分的研究 [J]. *中草药*, 1996, 27(8): 458-459.
- [14] Noro Y, Okuda K, Shimada H. Dryocrassin: A new acylphloroglucinol from *Dryopteris crassirhizoma* [J]. *Phytochemistry*, 1973, 12: 1491-1492.
- [15] 蒋亚生, 杨宁. 贯众的药理研究进展 [J]. *药学实践杂志*, 2000, 18(1): 17.
- [16] 赵晋彤, 付梓璇, 伊进杰, 等. 粗茎鳞毛蕨提取物的体外抑菌及

- 抗氧化活性分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(16): 5437-5443.
- [17] 刘广森, 常缨. AB-8大孔吸附树脂分离纯化香鳞毛蕨总黄酮的研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(16): 170-174.
- [18] 金哲. 粗茎鳞毛蕨绵马贯众素 ABBA 的提取及抗肿瘤活性研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [19] 肖国君, 叶利明, 吴纯洁, 等. HPLC法测定绵马贯众中绵马贯众素的含量[J]. 药物分析杂志, 2005, 25(5): 502-504.
- [20] 方中达. 植物研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989: 46-56.
- [21] 毕亚玲, 王波, 黄保宏, 等. 2种中药提取物对番茄灰霉病菌和番茄早疫病菌的抑制活性研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15309-15310, 15313.
- [22] 潘翠翠, 郭永霞, 王丽艳, 等. 甘草提取物对5种植物病原菌的抑菌作用[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2014, 26(3): 1-4.
- [23] 李孙洋, 邱其伟, 刘兴元, 等. 十三种植物粗提物对病原真菌的抑菌活性研究[J]. 北方园艺, 2013(24): 116-119.
- [24] Lounasmaa M, Karjalainen A, Widén C J, *et al.* Mass spectral studies on some naturally occurring phloroglucinol derivatives. Part I . The mass spectra of some mono and bicyclic phloroglucinol derivatives from rhizomes of different *Dryopteris* species [J]. Acta Chemica Scandinavica, 1972, 26(1): 89-101.
- [25] Fuchino H, Nakamura H, Wada H, *et al.* Two new acyl-phloroglucinols from *Dryopteris atrata* [J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 1997, 45(6): 1101-1102.
- [26] Boyd A W E. Potato storage diseases [J]. Review of Plant Pathology, 1972, 51: 298-321.
- [27] Hanson L E, Schwager S J, Loria R. Sensitivity to thiabendazole in *Fusarium* species associated with dry rot of potato [J]. Phytopathology, 1996, 86: 378-384.
- [28] Theron D J. *Fusarium* dry rot of potatoes: etiology, epidemiology, toxicity and control [D]. Bloemfontein: The University of the Orange Free State, 1999.

格瑞得集团简介

内蒙古格瑞得马铃薯种业(集团)有限公司是股份制民营企业,成立于2003年,注册资金12000万元,固定资产2.57亿元,公司总部设在内蒙古太仆寺旗高新技术园区,下设六个分公司、一个研究所和一所学校。

公司是国家级高新技术企业,内蒙古自治区农牧业产业化重点龙头企业,内蒙古自治区扶贫龙头企业。



年种植马铃薯种薯超过20000亩,年生产脱毒苗超过5000万株,生产微型薯超过10000万粒。年生产优质脱毒种薯超过70000吨,实现马铃薯种薯生产的全产业链。

作为马铃薯种业的专业公司,我们引进欧美种薯生产技术、设备及管理模式,实现了机械化、专业化、程序化、标准化、数字化的生产模式,为客户提供优质、高端的种薯,成为中国马铃薯种薯行业的领导者,市场化的先驱者和行业的标杆。