

李 雯,王天君,台莲梅,等. 拟康宁木霉 78 对马铃薯黑痣病防效及土壤酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(3):159-163.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.03.024

# 拟康宁木霉 78 对马铃薯黑痣病防效 及土壤酶活性的影响

李 雯,王天君,台莲梅,王 悦

(黑龙江八一农垦大学/黑龙江省作物有害生物互作生物学及生态防控重点实验室,黑龙江大庆 163319)

**摘要:**由立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)引起的马铃薯黑痣病是一种严重危害马铃薯的土传病害。农业防治作为传统防治措施并不能有效防控马铃薯黑痣病。化学防治会对环境造成不可逆的破坏,也严重威胁了人们的生命安全。生物防治因其安全绿色便捷开始成为人们研究的热点。为明确拟康宁木霉 78 对马铃薯黑痣病的防治效果和对土壤酶活性的影响。通过盆栽试验结果表明,拟康宁木霉 78 可有效防治马铃薯黑痣病,其防效最高可达 65.41%;该菌还可提高马铃薯植株块茎质量,与对照相比增加了 12.57%~24.74%。通过分光光度计测定,结果表明施入拟康宁木霉 78 可显著提高土壤脲酶、磷酸酶、蔗糖酶及过氧化氢酶活性,促进马铃薯植株的生长发育;其中木霉与腐殖酸复配处理效果最好,在苗期与对照相比该处理的脲酶、磷酸酶、蔗糖酶及过氧化氢酶活性分别增加了 68.22%、62.17%、15.80% 和 62.48%。表明拟康宁木霉 78 可以有效防治马铃薯黑痣病,提高植株块茎质量和土壤酶活性,促进植物生长,增强植株抗病性。这不仅可为生防菌剂的合理施用提供科学依据,也可为黑龙江省马铃薯绿色防控提供理论基础。

**关键词:**马铃薯黑痣病;立枯丝核菌;拟康宁木霉;土壤酶;防效

**中图分类号:**S435.32 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)03-0159-05

马铃薯黑痣病是由立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani* Kühn)引起的土传病害。早在 20 世纪,黑痣病就被报道可严重危害马铃薯种植产业。该病在

我国南北地区均有分布,其发病率高达 30%~50%,严重时甚至出现大面积绝收的现象<sup>[1-4]</sup>。此外,该病害还会引起马铃薯品质劣变,从而降低其商品性。

在马铃薯整个生育期均会发生黑痣病<sup>[5]</sup>。该病原菌可以入侵马铃薯的不同部位使其发病<sup>[6]</sup>。黑痣病菌通常以菌丝体或菌核的形式越冬<sup>[7]</sup>。第 2 年,当环境条件适合病原菌生长时,菌丝生长并开始感染马铃薯幼苗,且在后期生长阶段可继续感染马铃薯的根、茎和块茎<sup>[6]</sup>。该病原菌最适生长温度为 23℃。在高湿环境条件下病害发生严重。

目前,国内外常使用农业、化学和生物防治方

收稿日期:2023-03-22

基金项目:黑龙江省农垦总局重点科研计划(编号:HKKY190207);  
黑龙江省马铃薯产业技术协同创新推广体系。

作者简介:李 雯(1998—),女,河北衡水人,硕士,研究方向为植物病理, E-mail:1113118355@qq.com;共同第一作者:王天君(1995—),女,内蒙古赤峰人,硕士,研究方向为植物病理, E-mail:1148310227@qq.com。

通信作者:台莲梅,博士,教授,研究方向为植物病害生物防治。  
E-mail:tailianmei@sina.com。

[20]王 翀. 啉酰菌胺和腐霉利复配对照草莓灰霉病菌的联合毒力及增效作用[J]. 农药,2018,57(6):461-464.

[21]王 丹,辛 力,张 静,等. 蓝莓采后灰霉病原鉴定及肉桂皮精油对其抑制作用[J]. 天津农业科学,2019,25(5):63-66.

[22]邵海燕,肖尚月,陈杭君,等. 蓝莓采后主要病原真菌的分离鉴定与生物学特性研究[J]. 农业机械学报 2017,48(5):327-334.

[23]王泽琼,刘 勇,王榕馨,等. 湖北省葡萄主产区灰葡萄孢菌多样性分析[J]. 南方农业学报,2022,53(4):1049-1056.

[24]卢燕回,谭海文,袁高庆,等. 烟草灰霉病原鉴定及其生物学特性[J]. 中国烟草学报,2012,18(3):61-66.

[25]Veloso J, van Kan J A L. Many shades of grey in *Botrytis* - host

plant interactions[J]. Trends in Plant Science, 2018, 23(7): 613-622.

[26]LaMondia J A, Douglas S M. Sensitivity of *Botrytis cinerea* from connecticut greenhouses to benzimidazole and dicarboximide fungicides[J]. Plant Disease, 1997, 81(7):729-732.

[27]姜莉莉,田中一久,孙瑞红,等. 草莓灰霉病原菌的分离鉴定及室内毒力测定[J]. 山东农业科学,2021,53(8):102-106.

[28]李鸿浩,徐 超,林智慧,等. 烟草灰霉病菌对 3 种杀菌剂的敏感性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2021,50(6):741-745.

[29]张从宇,张子学,崔广荣. 安徽省番茄灰霉菌抗药性测定和治理[J]. 植物保护,2006,32(3):32-34.

法来防治马铃薯黑痣病<sup>[8-9]</sup>。农业防治可在一定程度上抑制病害发生的严重程度,但其时间过长且防治效果略低。化学防治主要通过化学药剂进行防治,化学药剂的防治效果有一定的时效性且会污染环境。随着绿色农业的发展,生物防治已经成为国内对黑痣病的主要防治措施。崔岩等研究发现,俄罗斯木霉(*Trichoderma rossicum*)PT-29 对马铃薯干腐病菌与黑痣病菌的抑制率达到 70%<sup>[9]</sup>。郭成瑾等分离得到的哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*)M-33 可抑制立枯丝核菌的生长,促进马铃薯植株的生长发育<sup>[10]</sup>。土壤中存在成千上万的微生物,它们在代谢过程中可分泌某些酶<sup>[11]</sup>。而这些酶与植物的生长发育和抗病性紧密相关。赵忠娟等的研究表明,哈茨木霉 ST02 使椒样薄荷根区土壤盐浓度降低 17.36%,显著提高了纤维素酶和过氧化氢酶活性<sup>[12]</sup>。高长敏通过盆栽试验研究发现,3 株木霉菌可有效防治黄瓜枯萎病,提高土壤酶活性,促进黄瓜幼苗生长<sup>[13]</sup>。本试验选用拟康宁木霉 78,通过盆栽试验研究不同处理对马铃薯黑痣病防效及根际土壤酶活性的影响,以期为生防菌剂的研发奠定基础并提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 供试马铃薯:延薯 4 号,种薯,由北大荒黑土薯业有限公司种薯研发中心提供。

1.1.2 供试菌种 供试菌:立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)AG-3、拟康宁木霉(*Trichoderma koningiopsis*)78,由黑龙江八一农垦大学病理研究室保存。

1.1.3 供试用土 试验用土采自克山农场马铃薯田(pH 值为 7.3)。

1.1.4 供试地点及时间 试验地点:黑龙江八一农垦大学盆栽场,试验时间:2020 年 5—10 月。

1.2 方法

1.2.1 拟康宁木霉 78 不同处理对黑痣病盆栽防效试验 种薯催芽:挑选健康的芽长一致的马铃薯,对其表面进行消毒,然后将其切成大小一致的块茎备用。

病原菌液的制备:在 28 ℃、140 r/min 条件下,将接有立枯丝核菌的 PD 液体培养基摇床培养 5 d 后,将其打碎,配制成  $1 \times 10^3$  CFU/mL 菌悬浮液。

木霉菌剂的制备方法<sup>[7]</sup>:将培养的木霉菌液与

无菌基质在无菌瓷盘上均匀混合,将其在 28 ℃ 进行固体发酵,待其长满瓷盘,将木霉固体发酵物晾干,将其粉碎后,制成菌剂。

木霉复配剂:木霉菌剂和腐殖酸按 3:2 的比例混合制成。

试验设 4 个处理(表 1),每桶种植 4 块马铃薯薯块(每桶装土 7 kg),每桶按 1.0% 的施用量(体积比)接入病原菌菌液,再接入不同剂量的木霉菌剂,与土充分混匀,以空白处理作对照,每个处理 5 桶,重复 3 次。

表 1 不同处理施用方法

处理		施用方法
CK	空白对照	
A	木霉菌剂与土壤充分混合,施用量为 1.0% 体积比	
B	木霉菌剂与土壤充分混合,施用量为 1.5% 体积比	
C	木霉复配菌剂与土壤充分混合,施用量为 1.5% 体积比	

采用 Weinhold 的地下茎分级标准在块茎增长期和收获期调查马铃薯黑痣病,并计算病情指数和防治效果<sup>[14]</sup>。

1.2.2 土壤酶活性测定 在马铃薯苗期、块茎增长期和淀粉积累期,用抖根法在植株根际采集土壤样品,进行土壤酶活性的测定<sup>[15-18]</sup>。每个处理重复 4 次。使用 Solarbio 公司的试剂盒对土壤脲酶、磷酸酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性进行测定。

1.3 数据统计

利用 Excel 和 SPSS 22.0 软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

2.1 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯黑痣病的防效

2.1.1 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯黑痣病的防效 于马铃薯块茎增长期和收获期取样调查马铃薯黑痣病,CK 发病严重,接入拟康宁木霉 78 的处理发病较轻(表 2)。CK 处理的植株病情指数为 64.00,块茎病情指数为 41.88。接入木霉菌 A、B、C 处理的病情指数均显著低于 CK( $P < 0.05$ )。B(木霉施用量为 1.5%)处理的防效均高于 A(木霉施用量为 1.0%)处理。C(木霉复配剂)处理对马铃薯植株黑痣病的防效最高,达到了 65.41%。B 处理的块茎防病效果最高,为 43.05%,其次是 C 处理,为 42.69%。

表 2 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯黑痣病的防效

处理	植株病情指数	植株防效 (%)	块茎病情指数	块茎防效 (%)
CK	64.00a	—	41.88b	—
A	27.65c	56.80	27.87c	33.45
B	24.35d	61.95	23.85d	43.05
C	22.14e	65.41	24.00d	42.69

注:同列数据后有不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

2.1.2 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯块茎质量的影响 拟康宁木霉 78 不同处理 A、B、C 的块茎质量均显著高于 CK (表 3)。C (木霉复配剂) 处理块茎质量达到了 440.7 g/株, 高于 A (木霉施用量为 1.0%)、B (木霉施用量为 1.5%) 处理, 较 CK 增加了 24.74%。B 处理的块茎质量为 426.3 g/株, 与 CK 相比增加 20.66%。结果表明, 拟康宁木霉 78 可提高马铃薯单株块茎的质量。

表 3 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯块茎质量的影响

处理	块茎质量 (g/株)	增幅 (%)
CK	353.3 ± 5.59c	—
A	397.7 ± 9.91b	12.57
B	426.3 ± 16.75a	20.66
C	440.7 ± 9.80a	24.74

2.2 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯根际土壤酶活性的影响

2.2.1 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯根际土壤脲酶活性的影响 拟康宁木霉 78 不同处理 A、B、C 的土壤脲酶活性在 3 个时期均高于 CK (图 1)。在块茎增长期和淀粉积累期, B (木霉施用量为 1.5%) 处理的土壤脲酶活性显著高于 A (木霉施用量为 1.0%) 处理, 较 CK 分别提高了 38.53%、37.08% ( $P < 0.05$ )。C (木霉复配剂) 处理土壤脲酶活性在 3 个时期显著高于 B 处理, 较 CK 分别提高了 68.22%、69.03%、53.63%。结果表明, 拟康宁木霉 78 能在一定程度上提高马铃薯植株根际土壤脲酶活性。

2.2.2 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯根际土壤磷酸酶活性的影响 拟康宁木霉 78 不同处理 A、B、C 在各时期磷酸酶活性均显著高于 CK (图 2)。在生育期内磷酸酶活性呈现出先增高后降低的趋势。C 处理 (木霉复配剂) 磷酸酶活性在苗期、块茎增长期和淀粉积累期均显著高于 A (木霉施用量为 1.0%) 和 B (木霉施用量为 1.5%) 处理, 较 CK 分别

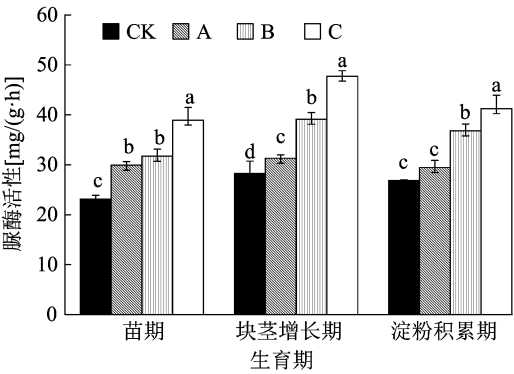


图 1 拟康宁木霉 78 不同处理对根际土壤脲酶活性的影响

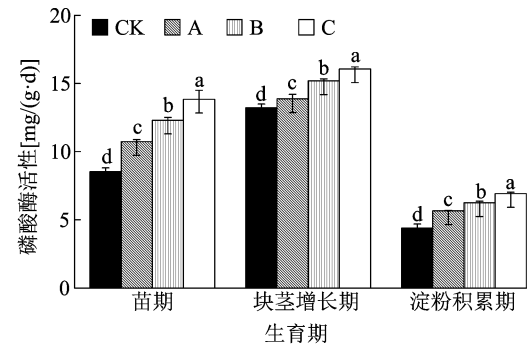


图 2 拟康宁木霉 78 不同处理对根际土壤磷酸酶活性的影响

提高了 62.17%、21.43%、57.36% ( $P < 0.05$ )。结果表明, 拟康宁木霉 78 可提高土壤磷酸酶活性。

2.2.3 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯根际土壤蔗糖酶活性的影响 CK 在各时期蔗糖酶活性均略低于拟康宁木霉 78 不同处理 (图 3)。在块茎增长期和淀粉积累期, A (木霉施用量为 1.0%)、B (木霉施用量为 1.5%)、C (木霉复配剂) 各处理间差异不显著 ( $P < 0.05$ )。C 处理蔗糖酶活性在苗期显著高于其他处理, 但 B 处理与 A 处理差异不显著。结果表明, 拟康宁木霉 78 能提高土壤蔗糖酶活性, 促进植物的生长和发育。

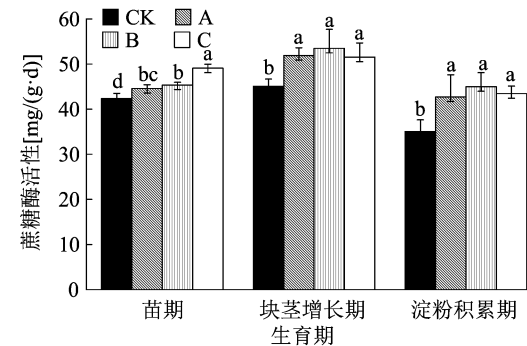


图 3 拟康宁木霉 78 不同处理对根际土壤蔗糖酶活性的影响

2.2.4 拟康宁木霉 78 不同处理对马铃薯根际土壤过氧化氢酶活性的影响 CK 在各时期过氧化氢酶活性均低于拟康宁木霉 78 不同处理,但 B(木霉施用量为 1.5%)、C 处理间差异不显著(图 4)。过氧化氢酶活性在生育期呈现出逐渐上升的趋势。在苗期 B 处理过氧化氢酶活性显著高于 A(木霉施用量为 1.0%)处理,较 CK 提高了 23.90%。C 处理(木霉复配剂)在淀粉积累期过氧化氢酶活性最高,与 CK 相比提高了 62.48%。结果表明,拟康宁木霉 78 可显著提高马铃薯植株根际土壤过氧化氢酶活性。

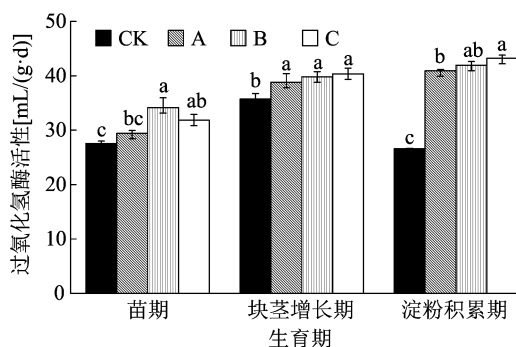


图4 拟康宁木霉 78 不同处理对根际土壤过氧化氢酶活性的影响

### 3 讨论

#### 3.1 拟康宁木霉 78 对马铃薯黑痣病的影响

目前有许多研究都是通过使用生防菌及其代谢产物来对植物进行病害防治<sup>[19-20]</sup>,促进植株生长<sup>[21]</sup>,同时还可以改善土壤微生物群落结构<sup>[22]</sup>,来提高植株的抗病性。近年来,木霉菌已成为十分重要的生防菌株。姚彦坡的研究结果显示,哈茨木霉菌 HNA14 和 HNA12 能抑制马铃薯晚疫病和辣椒疫病病原菌生长、提高植株防御酶活性,促进植株生长,降低病害发生率<sup>[23]</sup>。潘潇涵等研究发现,哈茨木霉 VT9-3r 对立枯丝核菌有较强的抑制作用,还可以促进马铃薯植株的生长发育<sup>[24]</sup>。谢奎忠研究发现,连作马铃薯大田施用哈茨木霉菌可提高土壤中细菌的相对丰度,有效防控马铃薯枯萎病,提高马铃薯产量<sup>[25]</sup>。Seyedbagheri 研究发现,腐殖酸对马铃薯的根系发育有一定的促进作用,能显著提高马铃薯的出苗率,同时还能缩短其生长周期<sup>[26]</sup>。本研究结论与之相吻合。这可能是由于腐殖酸添加到拟康宁木霉 78 的生长环境中有利于促生物质的合成。

本研究通过盆栽试验发现拟康宁木霉 78 可有

效防治马铃薯黑痣病,并可提高植株块茎质量。拟康宁木霉 78 与腐殖酸复配的防治效果最好,可达到 65.41%。

#### 3.2 拟康宁木霉 78 对马铃薯根际土壤酶活性的影响

根际土壤是农业生态系统中十分重要的部分。不正确地使用农药会导致根际土壤的理化性质恶化,导致养分失衡。但生物菌剂可以不破坏土壤达到为植物提供养分的作用,促进了植物生长,增强了抗病性,进而提高植物质量和产量。土壤中存在成千上万的微生物,它们在代谢过程中可分泌某些酶,因此土壤中一些酶活性变化会随着微生物数量的变化而变化。土壤酶的活性与土壤肥力关系密切<sup>[27-28]</sup>。刘智慧等发现木霉菌剂与有机肥混合施入土壤可提高土壤酶活性,提高土壤中细菌与放线菌的相对丰度,有效防治马铃薯黄萎病<sup>[29]</sup>。研究发现,长柄木霉菌 (*Trichoderma longibrachiatum*) ACCC 30150 可提高黄瓜的土壤酶活性,促进植株生长<sup>[30]</sup>。武建华等研究发现,枯草芽孢杆菌能够提高土壤脲酶、蔗糖酶和磷酸酶的活性,对马铃薯黑痣病、黄萎病均有较好的防治效果<sup>[31]</sup>。梁瑶研究发现,棘孢木霉 TA5 可提高黄瓜根际土壤酶活性,从而使土壤肥力获得提高,促进植物的营养吸收<sup>[32]</sup>。李世贵研究发现,长柄木霉 2 号菌株可增加非根际土壤中细菌的数量,提高土壤过氧化氢酶活性,有效防控黄瓜枯萎病<sup>[33]</sup>。陈建爱等研究发现,黄绿木霉 T1010 (*Trichoderma aureoviride* 1010) 可提高土壤酶活性,对土壤生态环境进行改善,可以有效促进番茄根系的发育,从而提高番茄产量<sup>[34]</sup>。本试验结果表明,施入拟康宁木霉 78 后,马铃薯根际土壤酶活性均显著高于未施用拟康宁木霉 78 处理。这表明在土壤中施用拟康宁木霉 78 可有效促进土壤有机氮的转化;促进过氧化氢在土壤中的分解,减轻了对根部的危害,控制马铃薯黑痣病的发生,使土壤糖类物质增加,提高土壤中的速效磷含量,促进植株的生长发育<sup>[35]</sup>。

### 4 结论

拟康宁木霉 78 能有效防治马铃薯黑痣病,防效为 56.80% ~ 65.41%;还可提高马铃薯块茎质量,与对照相比增加了 12.57% ~ 24.74%。拟康宁木霉 78 能显著提高马铃薯根际土壤酶的活性,促进植株生长发育。

## 参考文献:

- [1]王 鹏. 马铃薯黑痣病菌拮抗细菌的筛选及其生防机制研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2022:33-34.
- [2]Khurana S M P, Pandey S K, Bhale R L, et al. Surveillance for potato diseases in India over last five years[J]. Indian Potato Assoc, 1998, 25(1):16-20.
- [3]常 来,王文桥,朱杰华. 北方一季作区马铃薯黑痣病的发生及防控策略[J]. 安徽农学通报,2010,16(7):116-117,216.
- [4]陈 杰,汤 琳,郭天文,等. 马铃薯土传病原真菌拮抗放线菌的抗病促生作用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014,42(1):111-119.
- [5]沈瑞清,郭成瑾,张丽荣,等. 宁夏马铃薯病虫害研究现状及防治对策[J]. 宁夏农林科技,2014,55(6):25-28,2.
- [6]李 莉,曹 静,杨靖芸,等. 马铃薯黑痣病发生规律与综合防治措施[J]. 西北园艺(蔬菜专刊),2013(5):51-52.
- [7]王 拓. 生防菌对黑痣病马铃薯根际土壤微生物群落影响的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2020:5-7.
- [8]Scholte K. Effect of potato used as a trap crop on potato cyst nematodes and other soil pathogens and on the growth of a subsequent main potato crop[J]. Annals of Applied Biology, 2000, 136(3): 229-238.
- [9]崔 岩. 马铃薯干腐病与黑痣病菌拮抗木霉菌的筛选及木霉菌遗传多样性分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2013:16-18.
- [10]郭成瑾. 腾格里沙漠固沙植物根际土壤真菌多样性及生防木霉菌抑菌作用机制研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2021:10-11.
- [11]周京龙,冯自力,冯鸿杰,等. 棉花内生蜡状芽孢杆菌 YUPP-10 对棉花黄萎病的防治作用及机制[J]. 中国农业科学,2017, 50(14):2717-2727.
- [12]赵忠娟,杨 凯,扈进冬,等. 盐胁迫条件下哈茨木霉 ST02 对椒样薄荷生长及根区土壤理化性质的影响[J]. 生物技术通报, 2022,38(7):224-235.
- [13]高长敏. 2 种木霉对黄瓜幼苗抗氧化系统及枯萎病防效的影响[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2020:18-19.
- [14]Weinhold A R. *Rhizoctonia* disease of potato: effect on yield and control by seed Tuber treatment[J]. Plant Disease, 1982, 66(1):815.
- [15]殷丽华. 苹果属资源对苹果褐斑病的抗性机理及抗性诱导研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013:25-29.
- [16]关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986: 115-131.
- [17]Rao M V, Paliyath G, Ormrod D P. Ultraviolet - B - and ozone - induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*[J]. Plant Physiology, 1996, 110(1):125-136.
- [18]Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutases, II: purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedlings[J]. Plant Physiology, 1977, 59(2):315-318.
- [19]申 芬,蒋继志,侯 宁,等. 复合发酵菌液的离体防病效果及对马铃薯的促生作用[J]. 河北农业大学学报,2018,41(6): 69-74.
- [20]黄新琦,雍晓雨,沈其荣,等. 土传黄瓜立枯病高效拮抗菌的筛选鉴定及其生物效应[J]. 植物保护学报,2012,39(1):45-50.
- [21]陈德强. 木霉防治香蕉镰刀菌枯萎病研究[D]. 海口:海南大学,2012:33-34.
- [22]田连生,王伟华,石万龙,等. 利用木霉防治大棚草莓灰霉病[J]. 植物保护,2000,26(2):47-48.
- [23]姚彦坡. 防治马铃薯晚疫病和辣椒疫病木霉菌的筛选及生防机制研究[D]. 北京:中国农业大学,2015:38-39.
- [24]潘潇涵,常瑞雪,慕康国,等. 哈茨木霉 VT9-3r 和枯草芽孢杆菌 VT4-1x 对 3 株马铃薯致病菌的抑制作用效果[J]. 中国农业大学学报,2020,25(4):72-81.
- [25]谢奎忠. 连作马铃薯根系分泌物介导的枯萎病发生机制及根际互作[D]. 兰州:甘肃农业大学,2021:41-43.
- [26]Seyedbagheri M M. Influence of humic products on soil health and potato production[J]. Potato Research, 2010, 53(4):341-349.
- [27]刘 方,王世杰,刘元生,等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J]. 生态学报,2005,25(3):639-644.
- [28]张焱华,吴 敏,何 鹏,等. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(34):11139-11142.
- [29]刘智慧,陈 慧,包美丽,等. 生防菌与有机肥联用防治马铃薯枯萎病及对土壤微生态的影响[J]. 中国马铃薯,2017,31(1): 30-37.
- [30]李世贵,吕天晓,顾金刚,等. 施用木霉菌诱导黄瓜抗病性及对土壤酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2010(2):75-78.
- [31]武建华,吕文霞,刘广品,等. 枯草芽孢杆菌对马铃薯黑痣病和黄萎病的防效及对土壤酶活性的影响[J]. 中国马铃薯,2019, 33(2):101-109.
- [32]梁 瑶. 辣孢木霉防治黄瓜枯萎病的土壤微生态研究[D]. 北京:中国农业科学院,2021:32-34.
- [33]李世贵. 两种木霉菌对黄瓜枯萎病菌生防作用及根际土壤微生物影响研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010:45-46.
- [34]陈建爱,陈为京,杨焕明,等. 黄绿木霉 T1010 对日光温室耕层土壤酶活性的调控效应[J]. 天津农业科学,2013,19(1):20-23.
- [35]Chien H F, Kao C H. Accumulation of ammonium in rice leaves in response to excess cadmium[J]. Plant Science, 2000, 156(1): 111-115.