

魔芋根腐病和叶斑病的防治药剂筛选

赵青华^{1,2}, 王明安³, 赵晴晴⁴, 张宇溪⁵, 周洁¹, 吴金平¹

(1. 农业农村部高山蔬菜生态栽培重点实验室·湖北省蔬菜种质创新与遗传改良重点实验室·湖北省农业科学院经济作物研究所 武汉 430064; 2. 恩施土家族苗族自治州农业科学院 湖北恩施 445000; 3. 房县蔬菜服务中心 湖北房县 442100; 4. 华中农业大学园艺林学学院 武汉 430070; 5. 长江大学园艺园林学院 湖北荆州 434023)

摘要: 为筛选能兼防魔芋根腐病和叶斑病的高效杀菌剂, 为魔芋田间病害防控提供科学依据, 本研究通过室内抑菌试验, 分别测定 95% 恶霉唑、98% 春日霉素、98% 多菌灵、97% 苯氧菌酯、97% 异菌脲、97% 噁霉灵 6 种药剂对魔芋根腐病菌茄腐镰孢菌(*Fusarium solani*)和叶斑病菌细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)的抑制率及毒力(EC_{50})。结果表明, 异菌脲和恶霉唑对两种病原菌抑制效果均优于其他药剂。针对根腐病菌, 异菌脲的 EC_{50} 为 $24.27 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、浓度(ρ , 下同)为 $32 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时抑制率达 56.78%; 恶霉唑的 EC_{50} 为 $55.92 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、浓度为 $320 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时抑制率为 74.86%。对于叶斑病菌, 恶霉唑的 EC_{50} 低至 $0.08 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、浓度为 $81 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时抑制率为 71.67%; 异菌脲的 EC_{50} 为 $1.81 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、浓度为 $8 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时抑制率达 69.83%。综上所述, 异菌脲与恶霉唑对魔芋根腐病菌和叶斑病菌均具有强抑制活性, 可作为田间兼防药剂的候选, 但后续需进一步验证其登记合规性与田间实际防效。

关键词: 魔芋; 根腐病; 叶斑病; 药剂筛选

中图分类号: S632.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)10-208-05

Screening of fungicides for the control of konjac root rot and leaf spot diseases

ZHAO Qinghua^{1,2}, WANG Ming'an³, ZHAO Qingqing⁴, ZHANG Yuxi⁵, ZHOU Jie¹, WU Jinping¹

(1. Key Laboratory of Ecological Cultivation on Alpine Vegetables, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Hubei Key Laboratory of Vegetable Germplasm Enhancement and Genetic Improvement/Institute of Economic Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei, China; 2. Academy of Agricultural Sciences of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei, China; 3. Fangxian Vegetable Service Center, Fangxian 442100, Hubei, China; 4. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 5. College of Horticulture and Landscape Architecture, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China)

Abstract: This study aimed to screen highly effective fungicides that can simultaneously control konjac root rot and leaf spot diseases, so as to provide a scientific basis for the prevention and control of konjac field diseases. Through indoor antibacterial tests, the inhibition rates and toxicities (EC_{50}) of six agents, namely 95% difenoconazole, 98% kasugamycin, 98% carbendazim, 97% kresoxim-methyl, 97% iprodione, and 97% hymexazol, against the pathogen of konjac root rot (*Fusarium solani*) and the pathogen of leaf spot disease (*Alternaria tenuissima*) were determined. The results showed that the inhibitory effects of iprodione and difenoconazole on the two pathogens were better than those of other agents. For the root rot pathogen, the EC_{50} of iprodione was $24.27 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, and the inhibition rate reached 56.78% at a concentration of $32 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; the EC_{50} of difenoconazole was $55.92 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, and the inhibition rate was also 74.86% at $320 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$. For the leaf spot pathogen, the EC_{50} of difenoconazole was as low as $0.08 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, and the inhibition rate was 71.67% at a concentration of $81 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; the EC_{50} of iprodione was $1.81 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, and the inhibition rate reached 69.83% at $8 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$. In conclusion, iprodione and difenoconazole have strong inhibitory activities against the pathogens of konjac root rot and leaf spot diseases and can be considered as candidates for field-applied fungicides for concurrent prevention. However, further verification of their registration compliance and actual field control effects is required.

Key words: Konjac; Root rot disease; Leaf spot disease; Screening of fungicides

收稿日期: 2025-01-02; 修回日期: 2025-03-30

基金项目: 湖北省种业高质量发展专项(HBZY2023B004-7); 国家自然科学基金面上项目(32072558); 湖北省农业科技创新中心创新团队项目(2021-620-000-001-01)

作者简介: 赵青华, 副研究员, 主要从事魔芋育种及栽培技术研究。E-mail: 554833851@qq.com

通信作者: 吴金平, 研究员, 研究方向为特色薯芋类蔬菜种质资源挖掘与利用。E-mail: 274184394@qq.com

魔芋(*Amorphophallus konjac* Koch.)是我国南方重要的经济作物,其富含的葡甘聚糖在食品、医药及工业领域具有不可替代的价值,被联合国卫生组织列为十大保健食品之一^[1-2]。但我国魔芋种植面积自20世纪80年代至今一直徘徊在13.34万hm²左右,主要原因是魔芋病害严重。目前已报道的魔芋侵染性病害主要有9种^[3],分别包括细菌性叶枯病和软腐病2种细菌性病害,白绢病、叶斑病、炭疽病、根腐病、轮纹斑病以及枯萎病6种真菌性病害和1种病毒病^[4-9]。魔芋为无性繁殖,雌雄同株,异花授粉,但由于不同品种花期不遇等原因,魔芋抗病品种选育很难有重大突破^[10],目前病害以化学农药防治为主。随着魔芋规模化连作种植,魔芋病害发生呈现多元化,在生产中真菌性病害由以前的白绢病变成叶枯病、根腐病等病害频繁发生。现有药剂多针对单一病害,缺乏对根腐病与叶斑病协同防控的高效方案,施药成本高且易引发抗药性;魔芋作为小宗作物,登记药剂极少,农民常盲目选用未登记药剂,存在合规性与安全性风险。本研究通过室内毒

力测定,评估恶醚唑、异菌脲等6种药剂对2种病原菌的抑制效果,以筛选广谱高效药剂,明确其兼防潜力,为临时用药豁免及正式登记提供科学依据,对降低病害损失、提高种植效益及保障魔芋产业稳定发展具有显著的经济和生态意义。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于2024年5—12月在湖北省蔬菜种质创新与遗传改良重点实验室进行。魔芋根腐病病菌茄腐镰孢菌(*Fusarium solani*)由安康市农业科学研究院提供,叶斑病病菌细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)由昆明学院农学院提供。两株病原菌均通过柯赫氏法则验证其致病性,茄腐镰孢菌接种于健康魔芋植株后,7d内根部出现褐色腐烂斑,15d全株萎蔫。将细极链格孢菌接种于健康魔芋叶片,5d后形成水渍状病斑并扩展为坏死斑,10d叶片枯死。

供试药剂共6种,剂型均为可湿性粉剂,药剂编号、有效成分和生产厂家信息如表1。

表1 供试药剂
Table 1 Experimental reagents

药剂编号 Pharmaceutical number	有效成分 Active ingredient	生产厂家 Manufacturer
①	95%恶醚唑 95% difenoconazole	上海源叶生物科技有限公司 Shanghai Yuanye Biotechnology Co., Ltd.
②	98%春日霉素 98% kasugamycin	上海源叶生物科技有限公司 Shanghai Yuanye Biotechnology Co., Ltd.
③	98%多菌灵 98% carbendazim	上海麦克林生化科技有限公司 Shanghai Macklin Biochemical Technology Co., Ltd.
④	97%苯氧菌酯 97% kresoxim-methyl	上海麦克林生化科技有限公司 Shanghai Macklin Biochemical Technology Co., Ltd.
⑤	97%异菌脲 97% iprodione	上海麦克林生化科技有限公司 Shanghai Macklin Biochemical Technology Co., Ltd.
⑥	97%噁霉灵 97% hymexazol	上海麦克林生化科技有限公司 Shanghai Macklin Biochemical Technology Co., Ltd.

1.2 培养基

培养基为马铃薯培养基(PDA),用于病原菌的活化、保存以及毒力测定。

1.3 室内毒力测定

采用菌丝生长速率法进行室内毒力测定^[11]。供试药剂经过一系列预试验后,最终设定不同的试验浓度梯度(表2)。待PDA培养基冷却至45℃后,加入不同浓度的药剂并充分混匀,制成含药培养基,以不加药剂的培养基作为空白对照。用内径9mm的打孔器均匀打取病原菌菌饼,将菌饼分别放置于含药培养基平板和空白对照平板中央,每组

处理3次重复。置于25℃恒温培养箱内培养5d,用十字交叉法测量病原菌的菌落直径,根据公式计算各药剂不同浓度处理对菌丝生长的抑制率。抑制率/%=(对照菌落直径-处理菌落直径)/(对照菌落直径-菌饼直径)×100。式中,对照菌落直径为空白对照病原菌菌落直径,处理菌落直径为药剂处理后的病原菌菌落直径,菌饼直径为5mm。EC₅₀计算:以药剂浓度的对数值(lgC)为自变量(x),以抑制率对应的概率值为因变量(y),建立毒力回归方程(y=a+bx),并计算半数有效浓度(EC₅₀)及其95%置信区间。EC₅₀指抑制病原菌菌丝生长达50%时所

需的药剂浓度,其值越小,表明药剂对病原菌的毒力越强,在同等浓度条件下的抑菌效果越优。

1.4 数据处理

采用 Excel 2019 处理试验数据,采用 DPS v16.0 数据处理系统进行统计分析,采用 Duncan 新复极差法检验不同处理间的差异显著性($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对魔芋根腐病病菌的抑制效果

由表 2 可以看出,6 种供试药剂对魔芋根腐病病菌均具有一定的抑制作用,在各自设定的浓度梯度范围内,97%异菌脲的抑菌效果表现较为突出:当浓度为 $32\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,其抑制率达 56.78%,在该浓度下的抑菌效果高于其他药剂在相同浓度($32\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)时的表现(其他供试药剂在 $32\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度下的抑制率数据来自预试验补充测定,因部分药剂在低浓度下活性较低,正式试验中未将此浓度纳入梯度设置);随着浓度升高,其抑制率持续提高,表现出较强的抑菌活性。其次是 95% 恶醚唑,其抑制率随浓度升高呈上升趋势, $20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时为 39.83%, $40\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时

为 44.49%, $80\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时为 49.15%, $160\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时为 63.84%, $320\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时达 74.86%。从浓度梯度间的差异来看,低浓度区间 $20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 与 $40\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $40\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 与 $80\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 间抑制率差异均不显著,表明在该范围内提升浓度对抑菌效果的增强作用不明显;而进入高浓度区间后, 80 、 160 和 $320\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 3 个浓度间抑制率差异显著, $320\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时抑制率最高,且显著高于其他浓度,说明在高浓度下提高药剂用量可显著增强对根腐病病菌的抑制效果。98% 多菌灵和 97% 苯氧菌酯的抑制率均随药剂浓度增大而升高,但当药剂达到一定浓度时,抑制率不随药剂浓度的增大而提高。97% 噁霉灵在药剂浓度为 800 、 $1600\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时差异不显著,其他浓度 200 、 400 和 $800\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 之间差异显著。从表 2 数据来看,97%噁霉灵在最高浓度 $3200\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时抑菌率达 95.2%,95% 恶醚唑在最高浓度 $320\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时为 74.86%,97%异菌脲在最高浓度 $32\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时为 56.78%。

由表 3 可知,各供试药剂对魔芋根腐病病菌的毒力存在一定差异,对魔芋根腐病病菌均有不同程度抑制作用。 EC_{50} 越小,表明药剂的毒力越强,抑制效果越好。其中 97%异菌脲 EC_{50} 最小,仅为 $24.27\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,抑菌效果最好。98% 春日霉素、97% 苯氧菌酯抑菌效果较差, EC_{50} 分别为 $71\text{ }348.12$ 、 $18\text{ }405.77\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。

表 2 不同药剂对魔芋根腐病病菌的抑制效果
Table 2 Inhibitory efficacy of different fungicides against the pathogen causing konjac root rot

药剂编号 Pharmace- utical number	供试浓度 Test concen- tration/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	抑制率 Inhibition rate/%	药剂 编号 Pharmace- utical number	供试浓度 Test concen- tration/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	抑制率 Inhibition rate/%
①	20	39.83 d	④	200	30.37 b
	40	44.49 cd		400	36.30 ab
	80	49.15 c		800	37.57 a
	160	63.84 b		1600	38.98 a
	320	74.86 a		3200	38.98 a
②	200	14.69 b	⑤	2	9.04 e
	400	18.08 ab		4	20.90 d
	800	22.18 ab		8	26.41 c
	1600	22.32 ab		16	39.97 b
	3200	24.44 a		32	56.78 a
③	40	21.19 d	⑥	200	27.97 d
	80	27.97 c		400	44.35 c
	160	67.94 b		800	61.02 b
	320	87.01 a		1600	68.08 b
	640	87.01 a		3200	95.20 a

注:表中同列不同小写字母表示同一药剂不同浓度间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$) between different concentrations of the same agent. The same below.

表 3 不同药剂对魔芋根腐病病菌的毒力
Table 3 The toxicity of different fungicides to the pathogen causing root rot of konjac

药剂编号 Pharmaceutical number	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	$\text{EC}_{50}/$ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
①	$y = 0.780x + 3.637$	0.969	55.92
②	$y = 0.407x + 3.027$	0.989	71 348.12
③	$y = 2.269x + 0.393$	0.974	107.30
④	$y = 0.261x + 3.888$	0.999	18 405.77
⑤	$y = 1.187x + 3.355$	0.991	24.27
⑥	$y = 1.697x + 0.411$	0.955	505.85

2.2 不同药剂对魔芋叶斑病病菌的抑制效果

从表 4 可知,6 种供试药剂对魔芋叶斑病病菌均有一定的抑制作用,且抑制率均随药剂浓度的增大而提高。95%恶醚唑浓度为 9 和 $27\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,其抑制率随药剂浓度的增大而提高,但差异不显著。98%春日霉素、97%苯氧菌酯、97%异菌脲以及 97%噁霉灵各药剂不同浓度间抑制率差异均显著。

由表 5 可知,各供试药剂对魔芋叶斑病病菌均有较好的防治效果。其中,95%恶醚唑的 EC_{50}

表4 不同药剂对魔芋叶斑病菌的抑制效果
Table 4 Inhibitory activity of different fungicides to the pathogen causing leaf spot of konjac

药剂编号 Pharmaceutical number	供试浓度 Test concentration/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	抑制率 Inhibition rate/%	药剂编号 Pharmaceutical number	供试浓度 Test concentration/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	抑制率 Inhibition rate/%
①	1	59.36 c	④	0.25	17.49 e
	3	65.27 b		1	28.33 d
	9	70.44 a		4	40.89 c
	27	71.18 a		16	66.01 b
	81	71.67 a		64	100.00 a
②	200	16.13 e	⑤	0.5	29.56 e
	400	26.60 d		1	41.38 d
	800	57.76 c		2	52.59 c
	1600	80.17 b		4	64.04 b
	3200	93.47 a		8	69.83 a
③	200	23.28 d	⑥	20	37.32 e
	400	41.13 c		40	43.84 d
	800	43.47 bc		80	50.99 c
	1600	47.91 b		160	63.55 b
	3200	65.64 a		320	68.10 a

为 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,毒力最强,抑菌效果最好;97%异菌脲次之, EC_{50} 为 $1.81\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;97%苯氧菌酯的 EC_{50} 为 $5.70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$;而 98%多菌灵的 EC_{50} 高达 $1\text{ }238.54\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,毒力最弱,抑菌效果最差。

6 种供试药剂中,从 EC_{50} 及同浓度抑制率直观比较,97% 异菌脲的抑菌效果最好,97%苯氧菌酯次之;抑菌效果最差的是 98%多菌灵和 98%春日霉素。

表5 不同药剂对魔芋叶斑病菌的毒力
Table 5 The toxicity of different fungicides to the pathogen causing leaf spot of konjac

药剂编号 Pharmaceutical number	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	$\text{EC}_{50}/$ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
①	$y = 0.246x + 5.264$	0.957	0.08
②	$y = 2.151x - 1.056$	0.995	654.04
③	$y = 0.809x + 2.497$	0.951	1 238.54
④	$y = 0.729x + 4.449$	0.987	5.70
⑤	$y = 0.894x + 4.770$	0.994	1.81
⑥	$y = 0.694x + 3.750$	0.991	62.89

3 讨论与结论

本研究结果表明,基于 EC_{50} 和同浓度抑制率综合判断,异菌脲和恶霉唑对魔芋根腐病和叶斑病的致病菌均表现出较优的抑菌活性。异菌脲属于二甲酰亚胺类杀菌剂,其作用机制是通过抑制病原菌

的蛋白激酶活性,从而阻断孢子萌发与菌丝生长^[12]。本研究中,异菌脲对根腐病病菌的 EC_{50} 为 $24.27\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,远低于其他供试药剂,这一结果与异菌脲在分蘖洋葱根腐病防治中表现出的高效性相一致^[13]。恶霉唑对叶斑病病菌的 EC_{50} 低至 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,从毒力参数看,抑菌效果较好,其作用机制可能与恶霉唑抑制细胞膜麦角甾醇合成有关,该结果与丙环唑、苯醚甲环唑对链格孢属病原菌具有较强的抑制效果相一致^[14-15]。值得注意的是,97% 噁霉灵对魔芋根腐病菌和叶斑病菌的抑菌效果均弱于异菌脲和恶霉唑,对根腐病病菌而言,噁霉灵浓度为 $3200\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时抑制率为 95.2%,但 EC_{50} 高达 $505.85\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,需极高浓度才能发挥作用;对于叶斑病病菌而言,浓度为 $320\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时抑制率仅 68.10%, EC_{50} 为 $62.89\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,显著高于恶霉唑的 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和异菌脲的 $1.81\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。这一结果与已有研究结论一致:在致病菌为茄腐镰孢菌(*Fusarium solani*)的雪茄烟枯萎病和致病菌为细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)的细绿萍黑腐病的防治中,噁霉灵对上述两种病害的防治效果不佳^[16-17]。据此推测,其原因可能是噁霉灵的作用靶点(如抑制真菌细胞壁合成的几丁质酶活性)与根腐病致病菌镰刀菌、叶斑病致病菌链格孢菌的代谢通路匹配度较低——这两类病菌的细胞壁结构或代谢途径中,噁霉灵的靶标位点(如几丁质合成相关酶)表达量少或结构特殊,导致噁霉灵难以通过常规作用机制干扰其生长,因此表现出敏感性低的特点。

尽管唑类(如苯醚甲环唑)和甲氧基丙烯酸酯类(如苯氧菌酯)药剂对其他作物链格孢菌病害防效显著^[14-16],但魔芋作为小宗作物,目前仅有咯菌腈、丙环唑等少数药剂登记用于根腐病防治^[18]。本研究筛选的异菌脲和恶霉唑虽未在魔芋上正式登记,但其对茄腐镰孢菌和细极链格孢菌的强抑制活性(EC_{50} 分别为 24.27 、 $55.92\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 1.81 、 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)及在分蘖洋葱、草莓等作物中的成功应用案例^[13-14],为临时用药豁免提供了科学依据。然而,室内毒力试验未考虑田间环境(如雨水冲刷、土壤微生物干扰)对药效的影响,可能高估实际防效。

综上所述,异菌脲和恶霉唑对魔芋根腐病病菌和叶斑病病菌均具有强抑制活性, EC_{50} 分别为 24.27 、 $55.92\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 1.81 、 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,显著优于其他供试药剂。异菌脲通过干扰蛋白激酶活性

抑制病原菌生长,恶醚唑可能作用于麦角甾醇合成通路,两者作用机制互补,具有协同防控潜力。当前魔芋病害登记药剂匮乏,建议基于本研究数据申请异菌脲与恶醚唑的临时用药豁免,并加速开展田间防效验证。

参考文献

- [1] 朱丽,代雪凤,张盛林,等.魔芋种质资源遗传多样性研究进展[J].分子植物育种,2024,22(13):4392-4399.
- [2] 黄琳涵,邓琳煜,何欣,等.魔芋深加工与食品开发研究进展[J].食品安全导刊,2023(21):175-178.
- [3] 张明海,费甫华.我国魔芋病害防治研究进展[J].湖北农业科学,2010,49(9):2257-2259.
- [4] 吕佩珂,李明远,吴钜文.中国蔬菜病虫害原色图谱[M].北京:中国农业出版社,1992.
- [5] 张明海,费甫华.魔芋高产栽培与加工技术[M].武汉:湖北科学技术出版社,2008.
- [6] 费甫华,盛正逵,李松,等.我国魔芋病害近年持续流行原因及其综合防治对策[J].湖北植保,2000(1):21-22.
- [7] 崔鸣,赵兴喜.秦巴山区魔芋病害症状、发生原因及防治对策[J].湖北植保,1999(1):16-17.
- [8] 姚圣梅,刘琴乐.魔芋病害研究简报[J].长江蔬菜,1990(5):18-19.
- [9] 费甫华,张化平,盛正逵,等.三峡地区魔芋病害种类及为害调查[J].湖北植保,2001(1):22-23.
- [10] 董坤,黄洁,雷小施,等.魔芋杂交育种技术[J].种业导刊,2022(6):25-27.
- [11] 魏晓兵,付俊范,李自博,等.不同生物杀菌剂对人参灰霉病的室内毒力及田间防效[J].植物保护,2015,41(5):217-220.
- [12] 夏丽娟,万莉,任丹.吡唑醚菌酯与异菌脲复配对照番茄炭疽病的联合生物活性及田间防效[J].农药,2022,61(8):603-606.
- [13] 刘燕妮,韩青妍,崔洪博,等.分蘖洋葱根腐病病原鉴定及防治药剂筛选[J].中国植保导刊,2024,44(9):10-13.
- [14] 孙健智,冉文青,冯立超,等.草莓黑斑病病原鉴定及对药剂的敏感性[J].农药,2023,62(11):828-832.
- [15] 杨敬之,尹显慧,袁军,等.贵州花椒褐斑病病原鉴定及防治药剂筛选[J].植物病理学报,2023,53(6):1065-1071.
- [16] 木扎帕尔·吐鲁洪,乌汉夫,侯雨,等.细绿萍黑腐病病原菌鉴定及其生物学特性和防治药剂筛选[J].草地学报,2023,31(12):3651-3660.
- [17] 韦吉霞,何元胜,郑元仙,等.雪茄烟枯萎病病原镰刀菌生物学特性、拮抗细菌筛选和药剂毒力测定[J/OL].分子植物育种,1-20(2025-08-21).<https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240926.1108.002>.
- [18] 中国农药信息网.防治根腐病,咯菌腈、丙环唑、福美双、噁霉灵、精甲霜灵等登记最多[EB/OL].(2024-05-31).[2025-01-01]https://www.sohu.com/a/782929524_121124575.