



梁晨

青岛农业大学教授,《菌物学报》和《菌物研究》编委,山东省植物病理学会理事,山东省科技特派员和青岛市科普专家,从事植物菌物病害及其植物病害综合防控研究 20 多年。

虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病的防治研究

王巧¹, 李守望¹, 沈莲花¹, 梁晨^{1,2*}

1 青岛农业大学植物医学学院 山东省高校植物病虫害绿色防控工程研究中心, 山东 青岛 266109

2 山东省应用真菌重点实验室, 山东 青岛 266109

摘 要: 明确虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌无性阶段的抑制作用及对黄瓜霜霉病的防治效果。采用凹玻片法和离体叶五点接种法分别测定该提取物对游动孢子的释放和游动、休止孢的萌发和芽管伸长以及菌丝生长和孢子囊产生的抑制作用, 采用离体叶五点接种法测定该提取物的保护作用、治疗作用和持效期, 并采用盆栽试验测定该提取物的保护作用和治疗作用。一系列试验结果显示, 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌游动孢子的释放和游动, 休止孢的萌发和芽管伸长以及菌丝生长和孢子囊产生的 EC_{50} 值分别为 1.19、0.77、0.70、2.13、9.09 和 13.15 mg/mL。在离体叶片条件下, 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病的保护和治疗作用的 EC_{50} 值分别为 3.69 和 14.57 mg/mL, 持效期达 14 d 以上。盆栽条件下, 该提取物对黄瓜霜霉病保护作用和治疗作用的防效分别为 68.38% 和 21.33%。虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病具有很好的保护作用 and 较长的持效期。

关键词: 虎尾兰; 黄瓜霜霉病; 水提取物; 作用方式; 持效期

[引用本文]

王巧, 李守望, 沈莲花, 梁晨, 2023. 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病的防治研究. 菌物学报, 42(1): 290-296

Wang Q, Li SW, Shen LH, Liang C, 2023. A study of snake plant water extract against cucumber downy mildew. Mycosystema, 42(1): 290-296

资助项目: 山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY010714-1); 国家大学生创新计划(202110435038); 青岛市现代农业产业技术体系项目(6622316110)

This work was supported by the Major Science and Technology Innovation Project in Shandong Province (2019JZZY010714-1), the National College Students Innovation Plan (202110435038), and the Project of Qingdao Modern Agricultural Technology and Industry System (6622316110).

*Corresponding author. E-mail: syliangchen@163.com

ORCID: WANG Qiao (0000-0001-9416-6527), LIANG Chen (0000-0002-0139-8140)

Received: 2022-10-09; Accepted: 2022-11-04

A study of snake plant water extract against cucumber downy mildew

WANG Qiao¹, LI Shouwang¹, SHEN Lianhua¹, LIANG Chen^{1,2*}

1 Shandong Engineering Research Center for Environment-friendly Agricultural Pest Management, College of Plant Health and Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong, China

2 Shandong Provincial Key Laboratory of Applied Mycology, Qingdao 266109, Shandong, China

Abstract: The inhibitory effects on the asexual stage of *Pseudoperonospora cubensis* and the control effects on cucumber downy mildew of snake plant (*Sansevieria trifasciata*) water extract were clarified. The inhibitory effects of the water extract on the release and swimming of zoospores, germination and germ tube elongation of cystospores, hyphal growth and sporangium production were observed through concave slide method and *in vitro* leaf five-point inoculation method. The preventive effect, curative effect and effective duration of this extract were determined using the method of *in vitro* leaf five-point inoculation, and the preventive and curative effects of this extract were further verified by potted trial. The results showed that the EC₅₀ values of snake plant water extract to the release and swimming of zoospores, germination and germ tube elongation of cystospores, and hyphal growth and sporangium production were 1.19, 0.77, 0.70, 2.13, 9.09 and 13.15 mg/mL, respectively. Under the leaf *in vitro* conditions, snake plant water extract manifest preventive and curative effect with the EC₅₀ values of 3.69 and 14.57 mg/mL, respectively. The effective duration was more than 14 days. Under potted conditions, the protective and therapeutic effects of this extract were 68.38% and 21.33%, respectively. The experiments proves that snake plant water extract has a good preventive effect with a long effective duration on cucumber downy mildew.

Keywords: *Sansevieria trifasciata*; cucumber downy mildew; water extract; action mode; effective duration

黄瓜霜霉病是由古巴假霜霉 *Pseudoperonospora cubensis* 引起的一种重要病害,该病周年发生,流行性强、传播快,常年造成减产 20%—40%,流行年份减产高达 70%以上,甚至绝收(Cohen *et al.* 2008)。生产上主要通过选育抗性品种和喷施化学药剂来防治黄瓜霜霉病;然而大多数优质品种抗性不高及农药的“3R”问题限制了 2 种措施的防效;20 世纪前后生物防治措施受到国内外研究者的持续关注,除了利用生防菌(Fan *et al.* 2019; 肖倩等 2021),植物源农药也是植物病害生物防治的重要手段(吴文君等 2021),从 2003 年开始,国内外关于防治黄瓜霜霉病植物提取物的相关报道不断涌现(郭

庆港 2003; Rohner *et al.* 2004; 赵杰等 2005; Schuster *et al.* 2010; Schuster & Schmitt 2015)。

虎尾兰 *Sansevieria trifasciata*, 又名虎皮兰,隶属龙舌兰科虎尾兰属,多年生草本植物,喜温暖潮湿,耐旱。除具有大量的粗蛋白、多糖和粗纤维之外,还含有钙、镁、钾等多种微量元素,可以用于加工饲料,属于营养保健型的植物资源(李泽鸿等 2008)。在龙舌兰植物中提取的甾体皂苷元是产生甾体激素药物的重要原料,具有抑癌作用;虎尾兰及其水或乙醇提取物具有治疗糖尿病、消炎镇痛、抗氧化、止泻及抗过敏等作用(刘莹等 2016)。但目前尚未有虎尾兰防治黄瓜霜霉病的研究报道,为进一步探讨其在黄瓜霜霉

病上的开发应用价值,本研究开展了虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌无性阶段的抑制活性及对黄瓜霜霉病作用方式和持效期的试验,为该提取物防治黄瓜霜霉病的应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

1.1.1 供试寄主植物和病原菌

参照肖倩等(2021)的方法采集改良鲁黄瓜三号的叶片用于离体叶片试验、菌株扩繁和保藏。采用傅淑云等(1984)的分离、培养和接种方法,以保藏和制备古巴假霜霉 HMQAU190287。

1.1.2 供试药剂

25%吡唑醚菌酯悬浮剂,山东康乔生物科技股份有限公司生产。用移液枪定量吸取 25%吡唑醚菌酯悬浮剂,然后用无菌水逐步稀释有效成分质量浓度至 0.33 mg/mL 和 0.17 mg/mL 备用。

1.2 虎尾兰水提取物的制备

采用水提法制备虎尾兰水提取物。用灭菌剪刀裁剪新鲜虎尾兰叶片,自来水清洗后滤纸擦干,称取 10 g 于 75%乙醇浸泡 15 s,之后用无菌水漂洗 3 次,用灭菌剪刀剪成 5 mm 左右小碎块置于无菌研钵,加入无菌水 2–3 mL 研磨成匀浆,用无菌擦镜纸过滤后,3 000 r/min 离心 20 min,上清液转入表面皿中,60 °C 烘干后称重,加入 10 mL 无菌水将干物质定容为 36 mg/mL 的虎尾兰水提取物,于 4 °C 冰箱保存备用。

1.3 对游动孢子释放及游动的影响

采用凹玻片法观察虎尾兰水提取物对游动孢子释放及游动的影响。设置 7 个处理,分别为 7.20、3.60、1.80、1.08 和 0.36 mg/mL 5 个浓度梯度的虎尾兰叶片水提取物,以及 0.33 mg/mL 吡唑醚菌酯的药剂对照和灭菌自来水的空白对照,将上述试验组分别与 2×10^5 CFU/mL 孢子囊悬浮液等体积混匀后,各混合液分别取 40 μ L 滴加在凹玻片上,参照闫磊(2013)的方法,计算游

动孢子释放抑制率和游动抑制率,并进行显微拍照。每处理 3 个重复,试验重复 2 次。

1.4 对休止孢萌发及芽管伸长的影响

采用 Cohen *et al.* (2008)的方法观察虎尾兰水提取物对休止孢萌发及芽管伸长的影响。设置 7 个处理,吸取 2×10^5 CFU/mL 的孢子囊悬浮液 20 μ L 滴加到无菌凹玻片上,于 13 °C、RH>80% 条件下保湿培养 2 h,待对照中 80%以上的孢子囊释放,分别加入 7.20、3.60、1.80、1.08 和 0.36 mg/mL 的虎尾兰水提取物、0.33 mg/mL 的吡唑醚菌酯各 20 μ L,对照中加入等体积无菌水;置于 13 °C、RH>80%条件下保湿培养 4–5 h,待 80%以上的游动孢子形成休止孢后,再继续培养 4 h,待对照休止孢萌发率大于 45%;参照闫磊(2013)的方法计算休止孢萌发抑制率和芽管伸长抑制率。每处理 3 个重复,试验重复 2 次。

1.5 对菌丝生长和孢子囊产生的影响

参照朱书生等(2005)和郭延蕊等(2015)的方法,采用离体叶片代替离体子叶或叶盘,采用离体叶片五点接种法测定虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌菌丝生长(病斑扩展)和产孢的影响。设置 8 个处理,将大小一致的离体黄瓜叶片背面朝上置于垫有湿润滤纸的培养皿中,于叶片背面接种浓度为 1×10^5 CFU/mL 的孢子囊悬浮液,每个叶片 5 个点,每个点滴 10 μ L,20 °C 黑暗保湿培养 24 h 后,于白天 22 °C,夜晚 18 °C,12 h 光暗交替的条件培养 4 d,此时病斑产生但未产孢,调查初始病斑面积;再用小喷壶分别将浓度为 18.00、14.40、10.80、7.20、3.60 和 1.80 mg/mL 的虎尾兰水提取物及 0.17 mg/mL 吡唑醚菌酯均匀喷施叶背至流失,空白对照喷无菌水,培养 3–6 d 至产孢,调查最终病斑面积。根据不同处理的初始值与最终值计算病斑面积的扩展抑制率。单位病斑面积产孢量调查采用郭延蕊等(2014)的方法。每处理 3 个重复,试验重复 2 次。

1.6 离体叶片抑菌试验

采用离体叶五点接种法测定虎尾兰水提取物的保护作用和治疗作用,均为 8 个处理(18.00、14.40、10.80、7.20、3.60 和 1.80 mg/mL 的虎尾兰水提取物, 0.17 mg/mL 吡唑醚菌酯的药剂对照和无菌水的空白对照)。药剂喷施、病原菌接种以及培养和调查方法参照肖倩等(2021)的报道,每个处理 3 个叶片,试验重复 2 次。保护作用为分别进行 8 个处理,待晾干后于叶背点接孢子囊悬浮液。治疗作用为于叶背点接孢子囊悬浮液, 24 h 后分别进行 8 个处理。

1.7 盆栽防病试验

采用盆栽试验测定虎尾兰水提取物的保护作用和治疗作用,均为 5 个处理(18.00、10.80 和 3.60 mg/mL 的虎尾兰水提取物, 0.17 mg/mL 吡唑醚菌酯的药剂对照和无菌水的空白对照),药剂喷施、病原菌接种以及培养和调查方法参照肖倩等(2021)的报道,每个处理 4 盆黄瓜苗,试验重复 2 次。保护作用为分别进行 5 个处理,待晾干后再均匀喷施孢子囊悬浮液。治疗作用先于叶背均匀喷施孢子囊悬浮液, 24 h 后分别进行 5 个处理。

1.8 持效期测定

采用离体叶五点接种法测定,共 8 个处理

(18.00、14.40、10.80、7.20、3.60 和 1.80 mg/mL 的虎尾兰水提取物, 0.17 mg/mL 吡唑醚菌酯的药剂对照和无菌水的空白对照),药剂喷施、病原菌接种以及培养和调查方法参照肖倩等(2021)的报道,每个处理 3 个叶片,试验重复 2 次。

1.9 数据处理

病情调查分级标准参照国家农业行业标准中的黄瓜抗霜霉病技术鉴定规程(NY/T1857.1-2010 2010);试验数据差异显著性分析采用统计学软件 IBM SPSS statistics 19.0 的 Duncan 氏新复极差法。

以虎尾兰水提取物浓度的对数值为横坐标,分别以抑制率和相对防效的几率值为纵坐标做毒力回归曲线,分别求出毒力回归方程式,再计算虎尾兰水提取物浓度对黄瓜霜霉病菌各个无性阶段和黄瓜霜霉病的抑制中浓度 EC₅₀。

2 结果与分析

2.1 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌无性阶段的影响

虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌无性阶段的各个时期具有不同程度的抑制作用,其中对游动孢子的释放和游动以及休止孢萌发和芽管伸长均具有较明显的抑制活性(表 1), 3.60 mg/mL

表 1 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌无性阶段不同发育时期的影响

Table 1 Effects of snake plant water extract on asexual stage of cucumber downy mildew pathogen

不同无性阶段发育时期	回归方程	相关系数	致死中量浓度
Different developmental periods of asexual stage	Regression equation	Correlation coefficient	EC ₅₀ (mg/mL)
游动孢子释放	$y=2.375\ 4x+4.822\ 1$	0.959 6	1.19
Zoospore release			
游动孢子游动	$y=5.009\ 4x+5.565\ 0$	0.983 3	0.77
Zoospore swimming			
休止孢萌发	$y=3.360\ 1x+5.525\ 5$	0.974 3	0.70
Cystospore germination			
芽管伸长	$y=1.391\ 1x+4.543\ 2$	0.960 4	2.13
Germ tube elongation			
菌丝生长	$y=2.966\ 1x+2.156\ 9$	0.981 9	9.09
Hyphal growth			
孢子囊产生	$y=3.151\ 2x+1.473\ 9$	0.985 4	13.15
Sporangium production			

时可以完全抑制游动孢子的游动; 7.20 mg/mL 时可以完全抑制游动孢子的释放、休止孢萌发和芽管伸长; 该提取物浓度稀释至 3.60、1.80、1.08 和 1.80 mg/mL 时仍分别与药剂对照在游动孢子的释放、游动、休止孢萌发和芽管伸长的抑制率上差异明显。而对于叶片上的菌丝生长(病斑扩展)和孢子囊产生, 该提取物稀释至 10.80 mg/mL 和 14.40 mg/mL 时的抑制率分别高于药剂对照的抑制率且与药剂对照差异显著。

2.2 离体叶片抑菌效果

采用离体叶五点接种法进行保护作用和治疗作用的测定。虎尾兰水提取物对离体黄瓜叶片上的霜霉病具有良好的保护和治疗作用, EC_{50} 值分别为 3.69 和 14.57 mg/mL (表 2), 保护作用优于治疗作用; 该提取物稀释至 7.20 mg/mL 和 10.80 mg/mL 时分别与药剂对照在保护作用与治疗作用的防效差异显著。

2.3 盆栽防病效果

虎尾兰水提取物对盆栽黄瓜霜霉病的保护作用好于治疗作用, 其中 18.00 mg/mL 水提取物保护作用和治疗作用的相对防效分别为 68.38% 和 21.33%, 均高于药剂对照; 但只有 18.00 mg/mL 水提取物保护作用的相对防效与药剂对照的相对防效差异显著; 其余处理与药剂对照之间的差异均不显著(表 3)。

2.4 持效期

持效期试验表明, 喷施 18.00 mg/mL 水提取物 3 d 和 7 d 后的相对防效分别为 84.46% 和 83.08%, 喷施 14 d 后的相对防效仍达 68.67%。因此, 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病的持效期较长。差异显著性分析表明, 用药 14 d 后, 18.00、14.40、10.80、7.20 和 3.60 mg/mL 水提取物的相对防效与药剂对照的相对防效相比较, 仍具显著差异(表 4)。

表 2 虎尾兰水提取物对离体黄瓜叶片霜霉病的作用方式

Table 2 Effect mode of snake plant water extract on downy mildew of cucumber leaves *in vitro*

作用方式	回归方程	相关系数	致死中量浓度
Action mode	Regression equation	Correlation coefficient	EC_{50} (mg/mL)
保护作用	$y=1.678\ 5x+4.047\ 5$	0.975 6	3.69
Preventive effect			
治疗作用	$y=1.177x+3.630\ 7$	0.982 9	14.57
Curative effect			

表 3 虎尾兰水提取物对室内盆栽黄瓜霜霉病的保护和治疗作用

Table 3 Protection and therapeutic effects of snake plant water extract on indoor potted cucumber downy mildew

药剂处理	保护作用		治疗作用	
	Preventive effect		Curative effect	
	病情指数	相对防效	病情指数	相对防效
Pesticide treatment (mg/mL)	Disease index	Relative control efficiency (%)	Disease index	Relative control efficiency (%)
虎尾兰水提取物	18.00	29.86	68.38 a	75.40
Snake plant	10.80	59.61	36.89 b	84.66
water extract	3.60	77.78	17.65 c	84.66
吡唑醚菌酯	0.17	57.64	38.97 b	88.36
Pyraclostrobin				
对照	94.44	—	95.83	—
CK				

— No data.

表 4 虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病的持效期
Table 4 Effective duration of snake plant water extract in controlling cucumber downy mildew

药剂处理 Pesticide treatment (mg/mL)	病情指数 Disease index					相对防效 Relative control efficiency (%)			
		3 d	7 d	10 d	14 d	3 d	7 d	10 d	14 d
虎尾兰水提取物	18.00	8.67	7.33	12.67	17.33	86.46 a	83.08 a	72.86 a	68.67 a
Snake plant water extract	14.40	8.00	12.67	12.67	17.33	87.50 a	70.77 ab	72.86 a	68.67 a
	10.80	10.67	11.33	18.00	24.00	83.33 a	73.85 ab	61.43 ab	56.63 ab
	7.20	14.00	16.00	18.00	26.67	78.13 a	63.08 bc	61.43 ab	51.81 b
	3.60	24.00	23.33	25.33	32.00	62.50 b	46.15 cd	45.71 bc	42.17 b
	1.80	34.00	34.00	39.33	49.33	46.88 c	21.54 e	15.71 d	10.84 c
吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin	0.17	27.33	27.33	31.33	41.33	57.29 bc	36.92 de	32.86 c	25.30 c
对照 CK		64.00	43.33	46.67	55.33	—	—	—	—

— No data.

3 讨论

推广植物源农药的筛选和使用,是贯彻化学农药减量化、生态安全的绿色可持续发展理念的重要组成部分。植物生长过程中产生的次生代谢产物常含有抑菌、杀虫的活性成分(李洋等 2022),植物源农药是植物提取物制成的农药,其原药大多为天然活性成分,尽管许多植物被报道具有抑菌活性,但国内外未见虎尾兰抑菌活性的报道,本研究明确了虎尾兰的水提取物对防治黄瓜霜霉病的效果,研究结果为开发卵菌生物杀菌剂提供了基础数据。研究证实虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病菌兼具保护和治疗作用,保护效能更突出;此外该提取物对黄瓜霜霉病具有较长的持效期,但相对防效随该水提物浓度的减少和施药后时间的延长而降低,因此在实际应用时应以预防为主,且用药时间超过 14 d 应考虑增加喷施次数或加大水提取物浓度。综上所述,虎尾兰水提取物对黄瓜霜霉病具有较好的防效,具有开发为卵菌生物杀菌剂的潜力。

虎尾兰水提取物的使用可减少黄瓜霜霉病化学杀菌剂的使用,对于病菌抗药性的减缓有一定作用,建议与其他卵菌化学杀菌剂交替使用。同时,在预实验中发现采用不同溶剂提取的虎尾兰叶片提取物的抑菌活性差异较大,采用蒸馏水

为浸提溶剂时,虎尾兰叶片水提取物对黄瓜霜霉病菌的孢子囊游动孢子释放的抑制率最高,说明溶剂极性越大,浸提物抑菌活性较强,控制病菌的活性组分可能含有极性较强的官能团。关于虎尾兰水提取物的具体化学成分及与生物和化学药剂混用的增效作用等还需进一步研究。

[REFERENCES]

Cohen Y, Rubin A, Gotlieb D, 2008. Activity of carboxylic acid amide (CAA) fungicides againsts *Bremia lactucae*. European Journal of Plant Pathology, 122: 169-183

Fan YT, Chung KR, Huang JW, 2019. Fungichromin production by *Streptomyces padanus* PMS-702 for controlling cucumber downy mildew. Plant Pathology Journal, 35(4): 341-350

Fu SY, Yao JM, Fu JF, 1984. Study on artificial inoculation technology of downy mildew in cucumber. Journal of Shenyang Agricultural University, 15(2): 11-16 (in Chinese)

Guo QG, 2003. Study and screening of plant extracts against downy mildew of cucumber. Master Thesis, Hebei Agricultural University, Baoding. 1-54 (in Chinese)

Guo YR, Liang C, Li BD, Zeng QC, Han XM, 2014. The mode of action and duration of fluopicolide on Chinese cabbage downy mildew. Agrochemicals, 53(5): 372-374 (in Chinese)

Guo YR, Liang C, Li BD, Zeng QC, Yu J, Liu C, Yue QH, 2015. Sensitivity of Chinese cabbage downy mildew pathogen *Peronospora parasitica* to fluopicolide. Chinese Journal of Pesticide Science, 17(1): 48-53 (in Chinese)

- Li Y, Duan P, Jin MQ, 2022. Novel plant-derived insecticide: *Macleaya cordata* extract. *World Pesticide*, 44(6): 21-24 (in Chinese)
- Li ZH, Liu SY, Li C, Zhang L, Liu HZ, 2008. The determination of nutrition ingredient in *Sansevieria trifasciata* Prain. *Northern Horticulture*, 2008(2): 131-132 (in Chinese)
- Liu Y, Zhang F, Zhang L, Wen JH, Li ZH, 2016. Progress of composition and activity in snake plant. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2016(1): 60-62 (in Chinese)
- NY/T1857.1-2010, 2010. Technical procedures for the main disease identification of cucumber. China Agriculture Press, Beijing. 1-5 (in Chinese)
- Rohner E, Carabet A, Buchenauer H, 2004. Effectiveness of plant extracts of *Paeonia suffruticosa* and *Hedera helix* against diseases caused by *Phytophthora infestans* in tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 111(1): 83-95
- Schuster C, Konstantinidou-Doltsinis S, Schmitt A, 2010. *Glycyrrhiza glabra* extract protects plants against important phytopathogenic fungi. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70(4): 531-540
- Schuster C, Schmitt A, 2015. Efficacy of a plant extract of *Macleaya cordata* (Willd.) R. Br. against downy mildew of cucumber (*Pseudoperonospora cubensis*). *European Journal of Plant Pathology*, 142: 567- 575
- Wu WJ, Hu ZN, Ji ZQ, Zhang JW, Qi ZJ, Wei SP, Shi BJ, Lü M, Xiao XM, Liu W, Guo ZY, 2021. Research and application of plant source pesticides in China. Chemical Industry Press, Beijing. 4-19 (in Chinese)
- Xiao Q, Li SW, Liang C, Li WY, Mao YW, 2021. Action mode and duration of *Bacillus velezensis* against cucumber downy mildew. *Agrochemicals*, 60(11): 829-831 (in Chinese)
- Yan L, 2013. Studies on risk of resistance in *Pseudoperonospora cubensis* to fluopicolide. Master Thesis, Hebei Agricultural University, Baoding. 1-51 (in Chinese)
- Zhao J, Dai GH, Gu ZF, Chen XB, Sun XQ, 2005. Preventive effect of 20 plant extracts against cucumber downy mildew. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 23(3): 308-312 (in Chinese)
- Zhu SS, Yuan SK, Fan JR, Wang Y, Liu M, Liu XL, 2005. The effect of six fungicides on different developmental stages in the life cycle of *Pseudoperonospora cubensis*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 7(2): 119-125 (in Chinese)
- ### [附中文参考文献]
- 傅淑云, 姚健民, 傅俊范, 1984. 黄瓜霜霉病人工接种技术研究. *沈阳农学院学报*, 15(2): 11-16
- 郭庆港, 2003. 防治黄瓜霜霉病植物提取物的筛选与研究. 河北农业大学硕士论文, 保定. 1-54
- 郭延蕊, 梁晨, 李宝笃, 曾庆超, 韩晓梅, 2014. 氟吡菌胺对大白菜霜霉病的作用方式和持效期. *农药*, 53(5): 372-374
- 郭延蕊, 梁晨, 李宝笃, 曾庆超, 于静, 刘翠, 岳清华, 2015. 大白菜霜霉病菌寄生霜霉对氟吡菌胺的敏感性. *农药学报*, 17(1): 48-53
- 李洋, 段鹏, 金旻琦, 2022. 新型博落回植物源农药——硫酸血根碱. *世界农药*, 44(6): 21-24
- 李泽鸿, 刘树英, 李闯, 张磊, 刘洪章, 2008. 虎尾兰营养成分的测定. *北方园艺*, 2008(2): 131-132
- 刘莹, 张帆, 张璐, 文继红, 李泽鸿, 2016. 虎尾兰中成分及其活性的研究进展. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(1): 60-62
- NY/T1857.1-2010, 2010. 黄瓜主要病害鉴定技术规程. 北京: 中国农业出版社. 1-5
- 吴文君, 胡兆农, 姬志勤, 张继文, 祁志军, 魏少鹏, 师宝君, 吕敏, 肖新敏, 刘伟, 郭正彦, 2021. 中国植物源农药研究与应用. 北京: 化学工业出版社. 4-19
- 肖倩, 李守望, 梁晨, 李文宇, 毛怡文, 2021. 贝莱斯芽孢杆菌对黄瓜霜霉病的作用方式和持效期. *农药*, 60(11): 829-831
- 闫磊, 2013. 黄瓜霜霉病菌对氟吡菌胺的抗性风险研究. 河北农业大学硕士论文, 保定. 1-51
- 赵杰, 代光辉, 顾振芳, 陈晓斌, 孙兴全, 2005. 20种植物提取液对黄瓜霜霉病的预防作用研究. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 23(3): 308-312
- 朱书生, 袁善奎, 范洁茹, 王岩, 刘敏, 刘西莉, 2005. 六种杀菌剂对黄瓜霜霉病菌不同发育阶段的影响. *农药学报*, 7(2): 119-125