

意大利苍耳提取物抗植物病原真菌活性研究

何源, 齐浩, 阿力米热·库来西, 张博, 迪丽妮尔·艾斯卡尔, 潘乐*

(新疆农业大学化学工程学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要 [目的]研究意大利苍耳提取物抗植物病原真菌活性,为植物资源的利用及植物源农药的开发提供研究基础。[方法]以意大利苍耳(*Xanthium italicum* Moretti)全草为原料,经90%乙醇超声辅助提取后,分别用不同溶剂进行萃取得到石油醚相、氯仿相和乙酸乙酯相。采用菌丝生长速率法研究各相对灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)、茄交链孢(*Alternaria solani*)、尖孢镰刀菌(*Fusarium Oxysporum*)、链格孢(*Alternaria alternata*)等植物病原真菌的抑菌活性。[结果]3种萃取相对4种植物病原真菌均具有显著抑制且呈浓度依赖性,其中氯仿萃取相对4种植物病原真菌抑制效果最好,当浓度为800 μg/mL时抑制率均达50%以上。对灰葡萄孢、链格孢、尖孢镰刀菌和茄交链孢的 EC_{50} 分别为788.36、566.93、496.48、339.39 μg/mL。[结论]意大利苍耳萃取相中,氯仿相对供试真菌抑制作用显著,活性成分主要集中在中低极性部位。该研究为从意大利苍耳次生代谢物中发掘活性先导化合物和植物源农药的创制提供了理论依据。

关键词 意大利苍耳提取物;抗真菌活性;抑制作用

中图分类号 S482.2*92 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)06-0119-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.033



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Activity of Extracts of *Xanthium italicum* Moretti against Plant Pathogenic Fungi

HE Yuan, QI Hao, ALIMIER · Ku-laixi et al (Chemical Engineering College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

Abstract [Objective] To research activity of extracts of *Xanthium italicum* Moretti against plant pathogenic fungi, and provide research basis for the utilization of plant resources and the development of plant-derived pesticides. [Method] *Xanthium italicum* Moretti was used as the raw material, and after ultrasonic extraction with 90% ethanol, the extract was extracted with different solvents to obtain petroleum ether phase, chloroform phase and ethyl acetate phase. The antibacterial activity of each plant pathogen such as *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Fusarium Oxysporum*, and *Alternaria alternata* was studied by mycelial growth rate method. [Result] Three extracts exhibited antifungal activity against four plant pathogenic fungi with concentration-dependent inhibition. Among them, chloroform extract showed the strongest inhibition against the four plant pathogenic fungi at the concentration of 800 μg/mL. When the EC_{50} values on *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Fusarium Oxysporum* and *Alternaria alternata* were 788.36, 566.93, 496.48 and 339.39 μg/mL. [Conclusion] The extract of *Xanthium italicum*, chloroform has a significant inhibitory effect on the tested fungi, and the active ingredients are mainly concentrated in the middle and low polarity parts. This study provides a basis for the discovery of active lead compounds and plant-derived pesticides from the secondary metabolites of *Xanthium italicum*.

Key words *Xanthium italicum* Moretti wholegrass extract; Antifungal activity; Inhibition effect

意大利苍耳(*Xanthium italicum* Moretti)为菊科苍耳属(*Xanthium* L.)一年生草本植物^[1-2]。1991年9月在北京昌平区首次报道,成为我国主要的入侵植物之一^[3]。近年来,意大利苍耳在新疆地区快速繁殖蔓延,成为该地区主要入侵植物。该种传播速度快、散布范围广、长势猛、体型大,幼苗有毒,牛、羊等牲畜不食,对当地的农业和畜牧业造成了严重危害,但由于其生物量巨大、植物资源丰富,且表现出很强的化感作用,表现出显著的杀虫、抑菌作用^[4-6]。因而,其在农业病虫害防治方面的研究引起广泛关注。新疆是我国重要的粮食与林果产区,但近年来灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)、链格孢(*Alternaria alternata*)、尖孢镰刀菌(*Fusarium Oxysporum*)、茄交链孢(*Alternaria solani*)等暴发频繁、危害严重,成为主要的病原真菌。2009年在阿克苏、和田地区首次发现由链格孢引起的枣果黑斑病,次年该病在阿克苏爆发使新疆兵团第一师的商品果产量损失超过30%,2015和2016年,南疆红枣再次因该病造成了严重损失^[7-8]。王成军等^[9]在新疆石

河子等地区调研发现,由灰葡萄孢引起的灰霉病会导致番茄减产20%~40%,黄瓜减产30%~50%,西葫芦减产10%~30%。由尖孢镰刀菌侵染引起的根腐病已经给新疆农业生产带来了巨大损失,在新疆阿尔泰地区由于大豆连作,根腐病大面积发生,造成大面积减产和200 hm²绝收^[10],因此筛选出高效、安全的防治药剂,对于降低病害发生,提高产量具有重要意义。研究者针对苍耳属植物的抗菌杀虫作用发现较早,丁维成等^[11]采用菌丝生长速率法研究发现苍耳叶叶酮提取物对21种植物病原真菌均有不同程度的抑制作用其中对水稻恶苗病菌、玉米顶腐病菌、水稻稻瘟病菌及小麦根腐病菌活性最好,王旭等^[12]对苍耳提取物II柱层析分离后发现,棕榈酸、十八烷酸流分对植物病原菌黄瓜枯萎、黄瓜黑星病菌有较强的抑制作用,张君霞等^[13]研究发现苍耳氯仿提取物对萝卜蚜有很强的忌避作用、触杀作用,对黏虫具有拒食和生长发育抑制作用。但目前,对意大利苍耳抗活性的研究很少。笔者以意大利苍耳提取物为研究对象,采用超声辅助法对意大利苍耳全草进行提取,分别得到氯仿相、乙酸乙酯相和石油醚相,并以灰葡萄孢、链格孢、尖孢镰刀菌、茄交链孢为对象研究了各相的抗植物病原真菌活性,旨在为意大利苍耳植物资源的利用及植物源农药的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试植物:意大利苍耳(*Xanthium italicum*

基金项目 新疆农业大学研究生科研创新项目(XJAGRI2017011);新疆维吾尔自治区“天池计划”百名博士人才引进计划(2017)。

作者简介 何源(1994—),男,安徽阜南人,硕士研究生,研究方向:天然功能分子的仿生合成与新型药物创制。*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事天然功能分子的仿生合成与新型药物创制研究。

收稿日期 2019-09-17

Moretti), 2017年7月采集于新疆博尔塔拉蒙古自治州。供试菌株:灰葡萄孢 (*Botrytis cinerea*)、链格孢 (*Alternaria alternata*)、尖孢镰刀菌 (*Fusarium Oxysporum*)、茄交链孢 (*Alternaria solani*)由中国科学院兰州化学物理研究所化学生态学研究室提供。

1.2 植物提取液的制备 将采集后的意大利苍耳全草洗净自然阴干后粉碎,称取植物粉末,并用90%乙醇浸泡,于室温超声振荡辅助提取,用6层纱布过滤,再用滤纸抽滤2遍除去固体残渣,滤液合并,旋转蒸发干燥,得到浸膏^[14]。将浸膏用水分散后,依次加入石油醚、氯仿和乙酸乙酯,用力振荡使其充分混合,静置分液,此过程重复3次,分别合并石油醚、氯仿和乙酸乙酯萃取液减压蒸馏浓缩至恒定质量,得到石油醚萃取相、氯仿萃取相,乙酸乙酯萃取相。

1.3 植物提取液抑菌活性测定 采用菌丝生长速率测定法^[15],测定意大利苍耳的3种萃取相对4种植物病原真菌的毒力。在无菌操作条件下,采用稀释法在10 mL 50~60℃的PDA培养基中依次加入不同浓度的植物提取物母液,稀释成不同梯度的含药培养基,加入等体积的二甲基亚砷溶液为对

照。用直径7 mm打孔器在菌落边缘生长一致的部分打制菌饼,将菌饼(有菌丝的面朝下)接种于平板中央,置于25℃恒温培养箱中培养。采用十字交叉法测定各处理菌落生长直径,计算菌丝生长抑制率,并进行EC₅₀计算。

用下列公式计算菌丝生长抑制率:

菌落直径(mm) = 测量菌落的平均直径 - 菌饼直径

$$\text{抑制率} = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径}} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 抑菌活性 由表1可知,意大利苍耳全草的3种萃取相对4种病原菌均表现出不同程度的抑菌效果,且呈现浓度依赖性。在同一浓度处理下,意大利苍耳全草的3种提取物对灰葡萄孢、尖孢镰刀菌和链格孢总体抑菌效果表现为氯仿相 > 石油醚相 > 乙酸乙酯相,对茄交链孢抑菌效果表现为氯仿相 > 乙酸乙酯相 > 石油醚相。各萃取相对不同病原真菌的抑制效果不同,有一定的选择性,当抑菌时间为72 h浓度为800 μg/mL时,氯仿相对4种病原真菌均有较好的抑制作用,抑制率分别为51%、63%、60%、80%。

表1 意大利苍耳萃取相对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌和链格孢72 h抑菌活性

Table 1 Antibacterial activity of *Xanthium italicum* Moretti extract against *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata* for 72 h

萃取相 Extraction	浓度 Concentration μg/mL	抑菌活性 Inhibition rate//%			
		灰葡萄孢 <i>Botrytis cinerea</i>	茄交链孢 <i>Alternaria solani</i>	尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i>	链格孢 <i>Alternaria alternata</i>
氯仿相 Chloroform phase	800	51	63	60	80
乙酸乙酯相 Ethyl acetate phase	800	30	37	31	36
石油醚相 Petroleum ether phase	800	36	31	37	45

由表2、3可知,意大利苍耳全草的3种萃取相对4种病原菌在同一浓度,不同时间处理下呈现的抑菌总趋势与表1一致。其中灰葡萄孢和茄交链孢的抑制率随着时间的增长,抑制率逐渐下降,尖孢镰刀菌和链格孢的抑制率随时间呈先

增长后下降的趋势。说明这4种菌对意大利苍耳全草的3种萃取相具有一定的抑菌活性,灰葡萄孢和茄交链孢对意大利苍耳全草的3种萃取相具有一定的耐药性。

表2 意大利苍耳萃取相对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌和链格孢48 h抑菌活性

Table 2 Antibacterial activity of *Xanthium italicum* Moretti extract against *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata* for 48 h

萃取相 Extraction	浓度 Concentration μg/mL	抑菌活性 Inhibition rate//%			
		灰葡萄孢 <i>Botrytis cinerea</i>	茄交链孢 <i>Alternaria solani</i>	尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i>	链格孢 <i>Alternaria alternata</i>
氯仿相 Chloroform phase	800	76	79	39	68
乙酸乙酯相 Ethyl acetate phase	800	40	27	22	34
石油醚相 Petroleum ether phase	800	43	33	31	53

表3 意大利苍耳萃取相对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌和链格孢96 h抑菌活性

Table 3 Antibacterial activity of *Xanthium italicum* Moretti extract against *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata* for 96 h

萃取相 Extraction	浓度 Concentration μg/mL	抑菌活性 Inhibition rate//%			
		灰葡萄孢 <i>Botrytis cinerea</i>	茄交链孢 <i>Alternaria solani</i>	尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i>	链格孢 <i>Alternaria alternata</i>
氯仿相 Chloroform phase	800	48	58	42	63
乙酸乙酯相 Ethyl acetate phase	800	17	31	26	39
石油醚相 Petroleum ether phase	800	20	19	27	32

2.2 相对毒力 由表 4 可知,意大利苍耳全草 3 种萃取相对 4 种植物病原真菌的 EC_{50} 值之间差异显著,其中氯仿提取物相较于其他 2 种提取物对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌、链格孢抑制效果最强,其 EC_{50} 分别为 788.36、566.93、496.48 和 339.39 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。石油醚提取物和乙酸乙酯提取物对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌、链格孢抑制效果相对较弱,其 EC_{50} 均超过了 1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。说明氯仿提取物抑制效果优于其他 2 种提取物,意大利苍耳中主要的抗菌活性物质集中在氯仿相中。

表 4 意大利苍耳萃取相对灰葡萄孢、茄交链孢、尖孢镰刀菌和链格孢的相对毒力

Table 4 Relative virulence of *Xanthium italicum* Morett against *Botrytis cinerea*, *Solanum solani*, *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternata*

供试菌株 Pathogen	萃取相 Extraction	EC_{50} (95%置信限) $\mu\text{g}/\text{mL}$
灰葡萄孢 <i>Botrytis cinerea</i>	氯仿相	788.36(607.42 ~ 1286.82)
	乙酸乙酯相	>1 000
茄交链孢 <i>Alternaria solani</i>	石油醚相	>1 000
	氯仿相	566.93(492.84 ~ 675.22)
尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i>	乙酸乙酯相	>1 000
	石油醚相	>1 000
链格孢 <i>Alternaria alternata</i>	氯仿相	496.48(392.62 ~ 682.09)
	乙酸乙酯相	>1 000
链格孢 <i>Alternaria alternata</i>	石油醚相	>1 000
	石油醚相	>1 000

3 讨论

意大利苍耳入侵新疆后严重抑制了地苍耳的生长繁殖,且破坏了本地苍耳与其他物种间的群落结构关系及生态系统平衡^[16]。研究发现,造成本地药用苍耳生长分布与资源量减少的重要原因之一,是因为意大利苍耳总苞果的水提液具有很强的化感作用,可以改变土壤微生物群落结构、土壤酶活性和土壤养分,从而抑制本地苍耳种子萌发和幼苗生长^[17-18]。但目前对意大利苍耳是否具有同本地苍耳相同的药用价值还未知,这些化感作用明显部位与其抗菌活性的强弱是否有关还有待深入研究。

苍耳属中化学成分多种多样,目前已从中分离得到挥发油类、倍半萜内酯类、甾体类、水溶性苷类、酚酸类等百余种化合物,研究者也对相应的单体化合物进行了活性研究。胡冬燕^[19]利用现代色谱技术对苍耳(*Xanthium sibiricum*)氯仿萃取相进行分离纯化得到苍耳亭、苍耳皂素、蒲公英赛醇等 11 种化合物,并对含量较大的产物苍耳亭(0.1%)进行抑菌试验,发现其对辣椒丝核、番茄灰霉病菌有较强的抑制作用。有研究者针对苍耳(*Xanthium sibiricum* Patrin. ex Widder)石油醚、乙酸乙酯萃取相也分离得到了蒲公英赛醇、羽扇豆酮、苍耳亭、苍耳皂素等化合物并发现这些化合物对蕃茄早疫、黄瓜枯萎、蕃茄灰霉和苹果腐烂病菌有较好的抑制作用^[20]。此外,袁着耕^[21]研究发现用不同萃取相对刺苍耳(*Xanthium*

spinosa L.)果实萃取后氯仿萃取相的化感作用最强,并由此推测氯仿萃取相相较于其他萃取相化感作用物质最多。由此可知,意大利苍耳经不同溶剂萃取后,其中的活性成分基本相似。但该研究采用梯度萃取,不同极性的活性物质是否富集到了不同极性的萃取溶剂中,还有待进一步分离纯化验证。

意大利苍耳全草醇提物各萃取相的抗真菌效果具有显著差异,主要原因是抗菌活性物质经不同极性有机溶剂萃取后富集在不同极性部位,不同极性萃取液中有生物活性的化学成分存在差异。同时发现,各萃取相对不同菌也表现出不同抑制,可能是因为不同植物病原菌生长所需的生长要素以及代谢方式不同所致^[22]。该研究为了最大程度地提高提取效率,缩短提取时间的同时不破坏其化感部位,保证提取物中的活性结构不变,采用了超声辅助溶剂提取法。萃取方法采用的是梯度萃取,但经石油醚、氯仿萃取后,乙酸乙酯萃取出来的东西相对较少,这可能是该试验氯仿萃取相抑菌效果好,而乙酸乙酯相的抑菌效果相对较差的主要因素之一。研究发现,在苍耳属其他种中表现出类似抑制情况,刘文洁^[23]研究了苍耳根(*X. sibiricum*)提取物对蜡状芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌等的抗菌作用,发现氯仿相对 6 种菌都有很好的抑制作用,是萃取样品中抑菌效果最广的。研究者在苍耳(*X. sibiricum*)氯仿萃取相中分离得到了苍耳亭、蒲公英赛醇、 β -谷甾醇、东莨菪内酯等具有显著抗真菌活性的单体化合物^[24-25],而意大利苍耳的抗真菌作用是否也因这些化合物引起,将通过进一步分离纯化明确其物质基础。

4 结论

意大利苍耳作为新疆入侵植物,因为其传播速度快、散布范围广等因素,对地区农牧业的生产造成极大的负面影响,但对其进行植物资源开发利用具有重要意义。该研究通过超声辅助提取意大利苍耳经乙醇提取后分别萃取得到石油醚、乙酸乙酯、氯仿 3 相。通过菌丝生长速率测定法对 4 种植物病原真菌进行杀菌活性筛选,发现氯仿提取物抑制作用最强,最高抑制率达 80%, EC_{50} 达 339.39 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。分析表明,意大利苍耳全草提取物在植物病原真菌防治方面具有开发潜力,其中以氯仿提取物为最佳。该研究为意大利苍耳抗病的物质基础及进一步分离纯化奠定了基础,为新疆苍耳属植物资源的开发利用提供理论依据。

参考文献

- [1] 李新芳,孟晓纯,买尔当.维药苍耳子在国内的应用[J].中国民族医药杂志,2008(4):35.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典(一部)[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [3] 车晋演,胡彬.外来入侵杂草意大利苍耳[J].杂草科学,2007(2):58-59.
- [4] 杜珍珠,徐文斌,阎平,等.新疆苍耳属 3 种外来入侵新植物[J].新疆农业科学,2012,49(5):879-886.
- [5] 邵凤姣,韩彩霞,邵华.入侵植物意大利苍耳不同部位挥发油的化感作用及其化学成分的比较分析[J].生物学杂志,2015,32(2):36-41.
- [6] 刘刚.意大利苍耳中一种毒素有望开发为植物源除草剂[J].农药市场信息,2012(17):33.
- [7] 何丽,郭开发,艾尼古丽·依明,等.新疆红枣缩果病和枣果黑斑病病原鉴定[J].石河子大学学报(自然科学版),2017,35(3):312-318.

2~3 d 腐烂发臭后滤出清液,加水稀释后喷在树叶上,可趋避成虫,减少危害,注意不要喷施到果实上,以减少对果实的污染。

(2)间套蓖麻(*Ricinus communis*)。蓖麻叶中含有蓖麻蛋白和蓖麻碱,金龟子成虫取食后可起到麻痹作用,导致金龟子成虫不能正常入土产卵,降低成虫基数。樱桃园空地间套少量蓖麻,可减少各种金龟子的危害。

5.4 生物防治

(1)园内散养鸡、猪。白星花金龟子发生较重的樱桃园,可在园内散养鸡、猪等,鸡、猪不但猎食蛴螬,而且可猎食成虫,特别是在成虫暴发期,人为驱赶鸡、猪并用竹竿振落成虫,振落的成虫可及时被鸡、猪猎食,降低危害程度。

(2)果园撒施蓖麻叶、侧柏(*Platycladus orientalis*)叶、烤烟(*Nicotiana tabacum*)下脚料。白星花金龟子发生严重的樱桃园,翻耕土壤前1 hm²施150~300 kg干蓖麻叶、侧柏叶或施300~450 kg烤烟下脚料(主要为烤烟生长过程中打顶、抹芽下来的花、芽、脚叶等),可杀死蛴螬,减轻危害。

(3)选用生物性农药。金龟子斯氏线虫(*Steinernema scarabaei*)、异小杆线虫(*Heterorhabditis bacteriophora*)、绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)、白僵菌(*Beauveria bassiana*)、黏质沙雷氏杆菌(*Serratia marcescens*)、苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)均可感染蛴螬,在处理粪堆时将这些生物性农药洒施到粪堆中,感染蛴螬,降低蛴螬越冬基数。

参考文献

[1] 何成勇,郭辉,许风东,等.白星花金龟的发生规律及无公害防治[J].新疆农业科技,2006(5):34.

(上接第121页)

- [8] 张栋海,李克福,赵思峰.新疆南疆矮化密植枣园三种红枣病害发生规律及其影响因素研究[J].北方园艺,2015(3):105-108.
- [9] 王成军,付晓春,王公起.保护地蔬菜灰霉病的发生及防治[J].新疆农垦科技,1998(6):11.
- [10] 王春华,章建新,谢东升,等.新疆大豆根腐病病原及防治技术初报[J].新疆农业大学学报,2004,27(4):7-11.
- [11] 丁维成,纪明山,黄溢,等.苍耳叶提取物对植物病原真菌的抑菌活性[J].江苏农业科学,2009(1):113-114.
- [12] 王旭,杨顺义,张新虎,等.苍耳提取物中抑菌成分的分离纯化及成分鉴定[J].甘肃农业大学学报,2008(5):117-121.
- [13] 张君霞,张新虎,沈慧敏.苍耳提取物对萝卜蚜和粘虫作用方式及解毒酶活性影响的研究[J].草业学报,2014,23(4):276-284.
- [14] 袁珂,刘延泽,冀春茹.中草药化学成分研究中几种不同提取方法的比较研究[J].天然产物研究与开发,1997(4):57-61.
- [15] 王静,叶敏,范黎明,等.菌丝生长速率法筛选纤维素降解菌的研究[J].中国农学通报,2013,29(33):323-326.
- [16] 王鹏鹏.外来入侵种意大利苍耳与土著种苍耳竞争能力的比较研究[D].石河子:石河子大学,2018.

- [2] 何笙,周泽容,吴赵平,等.白星花金龟发生与防治技术研究初报[J].中国农学通报,2006,22(6):314-316.
- [3] 曲杰.白星花金龟的发生及综合防治[J].广东农业科学,2008(8):94.
- [4] 王瑞笛,王少山.白星花金龟成虫对10种寄主挥发物的嗅觉行为反应[J].新疆农业科学,2018,55(9):1656-1662.
- [5] 赵仁贵,陈日墨.白星花金龟生活习性观察[J].中国植保导刊,2008,28(6):19-20.
- [6] 郑建新,邓世荣.白星花金龟综合防治技术[J].农村科技,2010(4):23-24.
- [7] 刘启侠.果园白星花金龟的发生规律与综合防治技术[J].现代农业科技,2009(4):117,122.
- [8] 李涛.警惕白星花金龟在新疆南疆地区入侵危害[J].新疆农垦科技,2018(9):25-26.
- [9] 李涛,马德英,羌松,等.乌鲁木齐市西郊白星花金龟的寄主及发生规律研究[J].新疆农业科学,2010,47(2):320-324.
- [10] 张以和,吉艳玲,潘卫萍,等.吐鲁番白星花金龟发生规律调查[J].农村科技,2012(4):32-33.
- [11] 张禹,王梓清.大豆地下害虫蛴螬的生物防治方法[J].大豆科技,2014(3):48-50.
- [12] 王朝阳,王建胜,陈玉全,等.白星花金龟严重为害玉米原因分析及治理对策[J].植保技术与推广,2003,23(10):14-15.
- [13] 郝双红,李广泽,张涛,等.白星花金龟行为学观察及其信息素的诱虫效果[J].中国生物防治,2005,21(2):124-126.
- [14] 高有华,于江南.白星花金龟引诱剂的筛选[J].新疆农业大学学报,2011,34(4):332-334.
- [15] 王清华,张金桐.白星花金龟引诱剂的田间筛选[J].山西农业大学学报(自然科学版)2008,28(4):444-445,486
- [16] 李红,谷音.白星花金龟子严重为害玉米原因及防治方法[J].杂粮作物,2006,26(2):125.
- [17] 陈永峰.葡萄园白星花金龟防治技术[J].吉林农业,2015(14):89.
- [18] 陈日墨,邵东洋,张宇,等.普通玉米田种植甜玉米抵御白星花金龟为害的初步尝试[J].吉林农业大学学报,2010,32(6):622-625.
- [19] 蒋雯,段晓东,马德英,等.新疆白星花金龟绿僵菌分离鉴定及致病力测定[J].中国生物防治学报,2014,30(3):342-347.
- [20] 张美翠,尹姣,李克斌,等.地下害虫蛴螬的发生与防治研究进展[J].中国植保导刊,2014(10):20-28.
- [21] 刘奇志,李俊秀,徐秀娟,等.小杆线虫防治花生田蛴螬初步研究[J].华北农学报,2007,22(S2):250-253.

- [17] 刘从彬,何爱芳,吴慧芬,等.苍耳属外来入侵植物与本土苍耳化感作用研究[J].种子,2018,37(8):4-8.
- [18] 邵凤姣,朱珣之,韩彩霞,等.外来入侵植物意大利苍耳对土壤微生物群落、土壤酶活性和土壤养分的影响[J].生态科学,2016,35(4):71-78.
- [19] 胡冬燕.苍耳化学成分分离、鉴定及抑菌活性的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012.
- [20] 张文治,栗娜.苍耳化学成分及生物活性研究[J].高师理科学刊,2016,35(4):30-32.
- [21] 袁春耕.刺苍耳化感作用及活性成分研究[D].伊犁:伊犁师范学院,2018.
- [22] 段燕玲,魏晓璐,任先伟,等.青龙衣提取物的抗真菌和抗肿瘤活性研究[J].食品工业科技,2016,37(13):77-82.
- [23] 刘文洁.苍耳根化学成分及其药理活性的研究[D].海口:海南师范大学,2013.
- [24] 栗娜.苍耳化学成分及活性研究[D].齐齐哈尔:齐齐哈尔大学,2016.
- [25] 阙素琴,陈光英,江虹,等.苍耳根化学成分的研究[C]//海南省药学会.海南省药学会2009年学术会议论文集.海口:海南省药学会,2009:4.