

## 斯氏线虫对枸杞红瘿蚊幼虫侵染能力及存活能力研究

刘晓丽, 李锋\* (宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏银川 750002)

**摘要** 以枸杞红瘿蚊(*Jaapiella* sp.)幼虫为研究对象,室内开展了不同浓度斯氏线虫对枸杞红瘿蚊幼虫侵染能力及存活能力试验,以期对枸杞红瘿蚊的生物防治提供理论依据。结果表明,15 g/20 mL浓度的斯氏线虫对枸杞红瘿蚊侵染能力较强,致死效果明显;以枸杞红瘿蚊虫体及体液为培养基的斯氏线虫存活率显著高于清水对照。

**关键词** 枸杞红瘿蚊;幼虫;斯氏线虫;侵染能力;存活能力

中图分类号 S476.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)02-0150-02

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.02.037



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Infectivity and Survival Ability of *Steinernema* to the Larvae of *Jaapiella* sp.

LIU Xiao-li, LI Feng (Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002)

**Abstract** The larvae of *Jaapiella* sp. were studied in this paper, experiments on infection and survival of different concentrations of *Steinernema* against *Jaapiella* sp. larvae were conducted in laboratory, in order to provide theoretical basis for biological control of *Jaapiella* sp. The results showed that the concentration of 15 g/20 mL of *Steinernema* had a strong infection ability against *Jaapiella* sp., and the lethal effect was obvious. The survival rate of *Steinernema* cultured in the culture medium was significantly higher than that cultured in water.

**Key words** *Jaapiella* sp.; Larvae; *Steinernema*; Infection ability; Survivability

枸杞产业是最具宁夏特色的传统优势产业,被列为宁夏回族自治区“六特”产业之一。其枸杞子药食历史悠久,是驰名中外的名贵中药材,早在《神农本草经》中就被列为上品,称其为“久服轻身不老、耐寒暑”;有延衰抗老的功效。枸杞子中含有多种氨基酸,并含有甜菜碱、玉蜀黍黄素、酸浆果红素等特殊营养成分,使其具有非常好的保健功效。近年来,在天气状况、种植模式及田间管理等因素的影响下,枸杞蛀果类害虫发生逐年加重,对枸杞产量和品质构成了较大的威胁。

枸杞红瘿蚊[*Jaapiella* sp. (Diptera: Cecidomyiidae)]是宁夏枸杞[*Lycium barbarum* L. (Solanales: Solanaceae)]生产中主要的成灾性害虫之一<sup>[1]</sup>,以幼虫寄生为害枸杞幼嫩花蕾为主,花蕾被害率即为产量损失率,被称为“枸杞的癌症”<sup>[2]</sup>。其幼虫发育、化蛹需要在枸杞花蕾与土壤2个隐蔽场所进行,大部分发育期虫体藏匿不外露,只有幼虫脱落入土时、成虫羽化时和成虫期虫体短暂暴露,给枸杞红瘿蚊的防控带来了极大困难。

昆虫病原线虫(entomopathogenic nematode,简称EPN)是昆虫的一种专化寄生性天敌,包括斯氏线虫科(Steinernematidae)和异小杆线虫科(Heterorhabditidae)等种类,具有杀虫力强、杀虫谱广、生态安全等优点,是一种重要的生物防治资源<sup>[3]</sup>。目前,国内外对应用EPN代替化学农药进行害虫防治的研究已有报道<sup>[4-6]</sup>,尤其在鞘翅目、鳞翅目害虫上应用较广泛,且取得了较好的防控效果,但未见有利用昆虫病原线虫防治枸杞红瘿蚊的报道。笔者在实验室内测定了斯氏线

虫对枸杞红瘿蚊幼虫的侵染力、以枸杞红瘿蚊虫体及体液为培养基的斯氏线虫存活率,以期为田间枸杞红瘿蚊的生物防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 枸杞盆栽苗,枸杞苗是从大田中采集的枸杞子鲜果晒干后洗出的枸杞籽培育,由于不是无性系培育,因此枸杞品种不纯。为了便于观察和试验,将培育好的枸杞苗放在宁夏农林科学院大院中阳光充足的绿化带内。

试验仪器:载玻片、盖玻片、培养皿(9 cm)、小喷壶(100 mL)、显微镜(CX21FS1C,奥林巴斯有限公司)。

供试线虫:斯氏线虫,由浙江绿神天敌生物有限公司提供(储存温度4~10℃)。

供试枸杞红瘿蚊幼虫:于2018年6月在青海采集,保存于宁夏农林科学院植物保护研究所实验室4℃冰箱中备用。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 斯氏线虫不同浓度处理对枸杞红瘿蚊活体幼虫的侵染效果。**分别称量5、10、15 g的线虫(线虫在一个密封的包装袋中,线虫附在湿润多孔的海绵上,5、10、15 g指的是海绵和线虫总共的重量)。用20 mL的水浸泡海绵,用力按压海绵,使附着在海绵上的线虫进入水中,再将浸泡海绵的水倒入100 mL的小喷壶中。准备12个培养皿,分别将培养皿的底层放一层滤纸。每个培养皿中放入20头枸杞红瘿蚊幼虫,用小喷壶将线虫喷到培养皿中,每个浓度3个重复,设清水对照。每天观察清水中枸杞红瘿蚊幼虫的死亡情况,并记录。将培养皿放到室内阴暗处,因为太阳辐射对线虫有很强的杀伤力,用紫外线直接照射时,只需几分钟,线虫就会死亡。若在较高湿度下,线虫可以长时间存活。在此期间,观察线虫侵染枸杞红瘿蚊幼虫的情况,如果枸杞红瘿蚊幼虫死亡,则放在载玻片上压碎用显微镜进一步观察枸杞红瘿蚊体中是否有线虫侵染。如果有线虫存在则判断是由线虫致死,如果没有线虫存在则判断为枸杞红瘿蚊自然死亡。

**基金项目** 2021宁夏回族自治区重点研发计划项目“有机枸杞生态环境优化及微生态调控植保新模式研究”(2021BEF02007);宁夏回族自治区重点研发计划项目“实蝇性诱剂引进及枸杞实蝇防控技术与示范”(2017BY040)。

**作者简介** 刘晓丽(1983—),女,宁夏中宁人,助理研究员,硕士,从事枸杞病虫害预测预报与综合治理技术研究。\*通信作者,研究员,硕士,从事枸杞病虫害预测预报与综合治理技术研究。

**收稿日期** 2022-03-01

**1.2.2 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫的存活情况。**称量 15 g 的线虫(线虫在一个密封的包装袋里,线虫附着在湿润多孔的海绵上,15 g 指的是海绵和线虫总共的重量),用 20 mL 的水浸泡海绵,用力按压海绵,使附着在海绵上的线虫进入水中。将浸泡海绵的水倒入小喷壶中。试验设 2 个处理,分别在培养皿中放入 20 头枸杞红瘿蚊幼虫,处理①是将 20 头枸杞红瘿蚊幼虫用昆虫针挑破,使枸杞红瘿蚊幼虫的体液流出作为线虫的培养基质;处理②是直接利用枸杞红瘿蚊幼虫作为培养基质,每个处理设 3 个重复。另设清水对照,以清水作为线虫的培养液,观察线虫的死亡情况,同样设 3 个重复。分别观察 3 种培养液中线虫的死亡情况,用显微镜观察一个

视野内幼虫的死亡情况并记录。

## 2 结果与分析

**2.1 斯氏线虫不同浓度处理对枸杞红瘿蚊活体幼虫的侵染效果** 不同浓度斯氏线虫侵染枸杞红瘿蚊幼虫试验,结果表明,10 g/20 mL、15 g/20 mL 2 个线虫浓度处理的侵染效果明显,死亡率均高于 5 g/20 mL 浓度处理、清水对照,且差异显著。处理后 1、2 d,各处理间死亡率差异均不显著;处理后 3 d,15 g/20 mL 浓度处理的死亡率较高,达 63%,10 g/20 mL 浓度处理次之,为 59%;处理后 4 d,15 g/20 mL 浓度处理的死亡率高达 80%,10 g/20 mL 浓度处理次之,达 66%,5 g/20 mL 浓度处理与清水处理死亡率相当,均较低(表 1)。

表 1 不同浓度线虫对枸杞红瘿蚊幼虫的侵染效果

Table 1 The infection effect of nematodes with different concentrations on the larvae of *Jaapiella* sp.

处理 Treatment	9月19日			9月20日			9月21日			9月22日		
	活虫数 头	死亡率 %	矫正 %									
清水 Clean water	19	7	— a	15	23	— a	14	30	— b	12	42	— b
线虫 5 g/20 mL Nematodes 5 g/20 mL	19	7	0 a	16	20	-4 a	16	20	-14 b	11	43	3 b
线虫 10 g/20 mL Nematodes 10 g/20 mL	14	27	22 a	13	33	12 a	8	59	42 a	6	66	42 a
线虫 15 g/20 mL Nematodes 15 g/20 mL	12	40	36 a	9	57	43 a	7	63	48 a	4	80	66 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

**2.2 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫的存活情况** 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫的存活情况试验观察,结果表明,以枸杞红瘿蚊幼虫体液、枸杞红瘿蚊幼虫为培养基质的线虫存活率显著高于清水对照。处理后 1 d,以枸杞红瘿蚊幼虫体液、枸杞红瘿蚊幼虫为培养液的线虫存活率均高于清水,

但差异不显著;处理后 2、3 d,以枸杞红瘿蚊幼虫为培养液的线虫存活率较高,达 97%、100%。总体来看,以枸杞红瘿蚊幼虫体液、枸杞红瘿蚊幼虫为培养液的线虫存活率均高于清水对照,且差异显著(表 2)。

表 2 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫存活情况

Table 2 Survival of nematodes cultured in body fluid of *Lycium barbarum* larvae

处理 Treatment	处理后 1 d 1 d after treatment			处理后 2 d 2 d after treatment			处理后 3 d 3 d after treatment		
	死//条	活//条	存活率//%	死//条	活//条	存活率//%	死//条	活//条	存活率//%
枸杞红瘿蚊幼虫体液 <i>Lycium barbarum</i> larvae	11	15	57 a	10	22	69 b	3	14	79 a
枸杞红瘿蚊幼虫 <i>Lycium barbarum</i> larvae	7	12	52 a	0	8	97 a	0	20	100 a
清水 Clean water	12	7	36 a	13	8	38 c	10	11	53 b

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

## 3 结论与讨论

**3.1 斯氏线虫不同浓度处理对枸杞红瘿蚊活体幼虫的侵染效果** 斯氏线虫对白蚁类昆虫、草地贪夜蛾幼虫、银杏蛴螬铜绿丽金龟幼虫、蛴螬、舞毒蛾幼虫、腰果细蛾幼虫、腰果云斑螟幼虫有很好的侵染效果<sup>[7-14]</sup>。该研究结果表明,线虫可以侵染枸杞红瘿蚊并致死。线虫对枸杞红瘿蚊有很好的防控效果,基本上达到了试验的目的和要求,线虫浓度为 10 g/20 mL、15 g/20 mL 时药后 4 d 对枸杞红瘿蚊的侵染致死率达 60%以上。但试验中仍存在不足,由于枸杞红瘿蚊幼虫获得有一定的难度,一般采集回来后都是保存在 4 ℃ 的冰箱内,且枸杞红瘿蚊幼虫龄期发育不一致,使得试验期间枸杞红瘿蚊幼虫的个

体存在一定差异,这给试验结果造成误差。研究表明温湿度对线虫侵染昆虫具有一定影响<sup>[15-16]</sup>,该试验是在室温环境中进行,但由于环境和地理位置的不同,同样是室温也不尽相同,因此监测线虫侵染枸杞红瘿蚊幼虫时的温湿度也很有必要。

**3.2 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫存活情况** 以枸杞红瘿蚊幼虫体液培养线虫的存活情况是在以线虫不同浓度处理对枸杞红瘿蚊活体幼虫的侵染试验为基础进行的,斯氏线虫能否侵染枸杞红瘿蚊幼虫是以第一个试验为前提的。试验结果初步证明斯氏线虫确实能够在枸杞红瘿蚊体液中定殖,说明斯氏线虫能够侵染枸杞红瘿蚊并致死。

(下转第 163 页)

## 参考文献

- [1] 侯丽媛,董艳辉,聂园军,等.世界草莓属种质资源种类与分布综述[J].山西农业科学,2018,46(1):145-149.
- [2] 丁晶.草莓的营养和药用价值[J].北方园艺,1996(5):57.
- [3] 舒锐,焦健,臧传江,等.我国草莓产业现状及发展建议[J].中国果菜,2019,39(1):51-53.
- [4] 孙亚玲,刘少军,许念芳,等.山东省草莓产业现状及发展对策[J].中国果菜,2018,38(9):44-47.
- [5] 王中林.当前种植业施肥现状及科学施肥技术综述[J].科学种养,2019(7):8-10.
- [6] SPANOGHE J,GRUNERT O,WAMBACQ E,et al.Storage,fertilization and cost properties highlight the potential of dried microbial biomass as organic fertilizer[J].Microbial biotechnology,2020,13(5):1377-1389.
- [7] 周璇,沈欣,辛景树.我国微生物肥料行业发展状况[J].中国土壤与肥料,2020(6):293-298.
- [8] 于嘉欣,龙文聪,肖析蒙,等.竹纤维高分子菌肥对软籽石榴产量及品质的影响[J].中国土壤与肥料,2022(3):143-147.
- [9] 陈永兰,谢程,杨瑶君,等.胶囊种子对披破草根活力及土壤湿度的影响[J].四川林业科技,2020,41(2):83-89.
- [10] 付春,龙文聪,于嘉欣,等.植物根际微生态促生系统的构建与应用研究[J/OL].中国科技论文在线,2020-04-03[2021-09-27].http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/202004-27.
- [11] 唐延林,黄敬峰,王秀珍,等.玉米叶片高光谱特征及与叶绿素、类胡萝卜素相关性的研究[J].玉米科学,2008,16(2):71-76.
- [12] 邢宇,王连君,马军.叶绿素仪在草莓氮素营养诊断中的应用研究[J].北方园艺,2010(1):73-75.
- [13] 李志宏,刘宏斌,张福锁.应用叶绿素仪诊断冬小麦氮营养状况的研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):401-405.
- [14] 何雨涛.低温胁迫下草莓 NADPH 氧化酶在 ROS 形成中的作用[D].雅安:四川农业大学,2015.
- [15] 胡敏,贺德先.小麦根系活力的昼夜变化及最佳取样和测定时间[J].麦类作物学报,2011,31(6):1094-1098.
- [16] 左亚男.蚯蚓粪对草莓植株生长发育的影响及作用机制[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [17] 赖涛.施用不同肥料对草莓生长和根系形态的影响及其机制[D].南京:南京农业大学,2006.
- [18] 杨虹霞,龙春瑞,刘红明,等.不同柠檬品种叶片 SPAD 值、氮素含量与叶绿素含量相关性分析[J].热带农业科学,2019,39(8):22-28.
- [19] 雷泽湘,艾天成,李方敏,等.草莓叶片叶绿素含量、含氮量与 SPAD 值间的关系[J].湖北农学院学报,2001(2):138-140.
- [20] 周游,杨腊英,汪军,等.枯草芽孢杆菌和绿色木霉协同促进芹菜生长的研究[J].中国土壤与肥料,2020(2):213-219.
- [21] CHEN Y,XU Y P,ZHOU T,et al.Biocontrol of *Fusarium wilt disease* in strawberries using bioorganic fertilizer fortified with *Bacillus licheniformis* X-1 and *Bacillus methylotrophicus* Z-1[J].3 Biotech,2020,10(2):1-14.
- [22] 杨文莉,白洁洁,杨泽康,等.生物菌肥施肥量对“美乐”葡萄光合及果实品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2019(4):6-13.
- [23] 李涛,张朝辉,郭雅雯,等.国内外微生物肥料研究进展及展望[J].江苏农业科学,2019,47(10):37-41.
- [24] 刘云峰,杨宁,温丹,等.微生物菌肥在园艺作物上的应用研究[J].安徽农业科学,2022,50(7):11-15.
- [25] 官英振,李敬川,汉瑞峰,等.生物菌肥在葡萄上的应用效果研究[J].现代农业科技,2017(14):54.
- [26] 贺字典,闫立英,石廷霞,等.产生 ACC 脱氨酶的 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果[J].中国生物防治学报,2017,33(6):817-825.
- [27] 贺立虎,李娟丽.解磷菌对油菜品质及土壤理化性质的影响[J].陕西农业科学,2018,64(8):47-50.
- [28] 周进.微生物菌肥配施对葡萄土壤养分和品质的影响[J].北方园艺,2020(24):51-56.

(上接第 151 页)

该试验结果为大田中利用昆虫病原线虫控制枸杞红瘿蚊具有一定的理论指导意义。试验中,枸杞红瘿蚊幼虫体液是暴露在空气中的(只用培养皿的盖子盖上,不能隔绝空气中),因此枸杞红瘿蚊幼虫体液的培养液很快发臭,这对于培养线虫是不利的,该试验只能在培养液中放入新鲜的枸杞红瘿蚊幼虫体液,但没有办法去除旧的培养液,导致试验存在一定误差。

## 参考文献

- [1] 吴福植,高兆宁,郭予元.宁夏农业昆虫图志:第二集[M].银川:宁夏人民出版社,1982:57.
- [2] 李锋,孙海霞,李绍先,等.枸杞红瘿蚊覆盖隔离防治技术操作规程[J].宁夏农林科技,2006(4):18.
- [3] GEORGIS R,KOPPENHÖFER A M,LACEY L A,et al.Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control[J].Biological control,2006,38(1):103-123.
- [4] 杨怀文,陈松笔.昆虫寄生线虫与林业害虫的防治[J].林业科学,1999,35(6):103-109.
- [5] SHAPIRO-ILAN D,LESKEY T C,WRIGHT S E. Virulence of entomopathogenic nematodes to plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*: Effects of strain, temperature, and soil type[J]. Journal of nematology, 2011, 43(3/

4):187-195.

- [6] KOSHEL E I,ALESHIN V V,EROSHENKO G A,et al.Phylogenetic analysis of entomoparasitic nematodes, potential control agents of flea populations in natural foci of plague[J].Biomed research international,2014(1):1-26.
- [7] 于静亚,王志华,沈锦,等.昆虫病原线虫斯氏线虫和异小杆线虫对黑翅土白蚁室内侵袭力的研究[J].华中昆虫研究,2018,14(00):194-199.
- [8] 梁铭荣,李子园,戴轩萱,等.4种昆虫病原线虫对草地贪夜蛾的致死作用[J].生物安全学报,2020,29(2):82-89.
- [9] 张维伟,赵福永.昆虫病原线虫对恩施地区银杏蛴螬的致病性研究[J].湖南生态科学学报,2021,8(2):40-46.
- [10] 康俊英.昆虫病原线虫对蛴螬致病力的测定[J].农业灾害研究,2020,10(8):15-16,49.
- [11] 滑莎,赵红盈,王从丽,等.昆虫病原线虫对舞毒蛾幼虫的侵染能力[J].东北林业大学学报,2018,46(5):89-92.
- [12] 张中润,王金辉,黄海杰,等.昆虫病原线虫对腰果细蛾的致病力测定[J].环境昆虫学报,2016,38(3):602-606.
- [13] 张中润,王金辉,黄海杰,等.昆虫病原线虫对腰果云翅斑螟的室内致病力[J].植物保护,2017,43(1):210-213,217.
- [14] 梁琳琳,谢娜,张丽娟,等.我国花生蛴螬防治方法研究[J].安徽农业科学,2014,42(7):2006-2008.
- [15] 王杰,戴康,孔祥鑫,等.昆虫病原线虫与环境生物、非生物因素关系的研究进展[J].环境昆虫学报,2021,43(4):811-839.
- [16] 吴霞,朱小芳,马彩玲,等.低湿胁迫对昆虫病原线虫生物学特性的影响[J].草原与草坪,2019,39(1):90-94.

(上接第 154 页)

- [7] CHOO H Y,WOO K S,NOBUCHI A.A list of the bark and ambrosia beetles injurious to fruit and flowering trees from Korea (Coleoptera:Scolytidae)[J].Korean journal of plant protection,1983,22(3):171-173.
- [8] 张俊华.口岸截获外来小蠹彩色图鉴[M].北京:中国林业出版社,2020.

- [9] BATEMAN C,KENDRA P E,RABAGLIA R,et al.Fungal symbionts in three exotic ambrosia beetles, *Xylosandrus amputatus*, *Xyleborinus andrewesi*, and *Dryoxylon onoharaense* (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae: Xyleborini) in Florida[J].Symbiosis,2015,66(3):141-148.
- [10] 季宏铁,张建成,张红英.嘉兴口岸截获材小蠹属昆虫疫情分析[J].安徽农业科学,2018,46(32):137-139.