



周立,张慎,陈琳,等.斜纹夜蛾高致病力菌株的筛选及四种杀虫剂的毒力测定[J].黑龙江农业科学,2022(4):44-50.

斜纹夜蛾高致病力菌株的筛选及四种杀虫剂的毒力测定

周立,张慎,陈琳,袁芳,周向平,黄石旺,李佳颖

(湖南省烟草公司永州市公司,湖南永州425100)

摘要:为筛选出相容性好且具有增效作用的菌药复配剂,本研究通过饲喂法,选用永州地区土壤中分离纯化的66株菌株以及保藏于华南农业大学生物防治中心的13株菌株,对斜纹夜蛾二龄幼虫进行高毒力菌株筛选试验,筛选出的高毒力菌株以不同浓度梯度进行毒力测定。同时测定了不同浓度梯度甲维盐、阿维菌素、多杀霉素和氯虫苯甲酰胺对斜纹夜蛾二龄幼虫的致死率。结果表明:孢子悬浮液浓度为 1×10^8 conidia \cdot mL $^{-1}$ 时,79株菌株处理斜纹夜蛾二龄幼虫7 d后,球孢白僵菌SCAUYZ16和SCAUJH19的致病力最高,其校正死亡率分别为70.71%和57.84%,LT $_{50}$ 分别为5.01和5.98 d。球孢白僵菌SCAUYZ16、SCAUJH19以 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 和 1×10^8 conidia \cdot mL $^{-1}$ 的浓度梯度进行毒力分析试验,LC $_{50}$ 分别为 3.29×10^7 和 8.09×10^7 conidia \cdot mL $^{-1}$ 。甲维盐、阿维菌素、多杀霉素和氯虫苯甲酰胺分别对斜纹夜蛾二龄幼虫处理3 d后,LC $_{50}$ 分别为3.56,59.14,18.82和2.76 mg \cdot L $^{-1}$ 。SCAUYZ16和SCAUJH19对斜纹夜蛾有较高的毒力,可作为斜纹夜蛾生物防治的潜力菌株。在后续试验中,可选取杀虫剂较低的LC $_{50}$ 剂量为基础,设置不同浓度梯度进行菌药复配试验。

关键词:斜纹夜蛾;虫生真菌;杀虫剂;毒力测定;生物防治

斜纹夜蛾是一种分布广、食性杂的农业害虫,大量发生时会对农、林、牧业生产和环境绿化美化造成巨大经济损失^[1]。防治斜纹夜蛾主要依赖化学防治,由于近年来化学农药频繁及不科学施用,不同地区斜纹夜蛾的抗药性种群逐渐形成^[2],害虫抗药性增强带来了一系列的环境和食品安全等问题。近年来,我国环境保护及农业可持续发展受到了国家的高度重视^[3],所以积极寻找高效低毒的斜纹夜蛾防治手段具有重要的意义。虫生真菌作为生物防治的一种重要手段,具有环境友好,不易产生抗药性的天然优势。自然界中虫生真菌资源丰富,作为防治药剂的种类主要有白僵菌(*Beauveria*)、绿僵菌(*Metarhizium*)、玫色拟青霉(*Paecilomyces fumosoroseus*)、蜡蚧轮枝菌(*Verticilliumle-cantii*)、汤氏被毛孢(*H. thompsonii*)、座壳孢(*Aschersonia*)、镰刀菌(*Fusarium*)和虫霉目(Entomophthorales)等^[4]。黄鹏等^[5]研究发现从自然罹病死亡的马尾松毛虫幼虫上分离得到球

孢白僵菌BB-T02对榕管蓟马和香蕉花蓟马二龄若虫致病力强,有较好的生防潜力和应用前景;周叶鸣等^[6]从土壤中分离得到的一株丝枝蜡蚧菌(*Lecanicillium aphanocladii*)对烟草粉斑螟幼虫的致死力较高,可用作烟草粉斑螟的生物防治资源。要获得环境适应更强且毒力效果好的表型菌株需要通过长期的采集和筛选以及对真菌生长期间营养和环境条件的优化^[7-9],不同菌株对同一昆虫毒力不同,同一菌株对不同昆虫的毒力差异明显,同一菌株不同单孢子的毒力也有一定的差异^[9],故筛选高效杀虫和生态适应性强的菌种是害虫微生物防治的首要工作。本研究以实验室人工饲养多代的斜纹夜蛾作为试验材料,筛选对斜纹夜蛾高毒力菌株,同时,进行4种杀虫剂的毒力测定,以期为后续筛选出相容性好且具有增效作用的菌药复配剂奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源 斜纹夜蛾虫卵购于河南省济源白云实业有限公司,采用人工饲料饲养于广东省广州市天河区五山路生物防治教育部工程研究中心的RXZ-500C型智能人工气候箱(宁波江南仪器厂)中继代繁殖形成斜纹夜蛾种群。饲养条件为温度(27 \pm 1) $^{\circ}$ C,光周期14 h光:10 h暗,相

收稿日期:2021-12-24

基金项目:湖南省烟草公司永州市公司2018年度烟叶科研项目计划(永烟技[2018]45号)。

第一作者:周立(1995—),男,硕士,助理农艺师,从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:869305801@qq.com。

通信作者:李佳颖(1985—),女,硕士,农艺师,从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:jjaying-li217@139.com。

对湿度(75±5)%。选取发育历期一致的二龄斜纹夜蛾幼虫进行试验。

1.1.2 供试药剂 本试验药剂主要有甲维盐原药(江西仁恒药业有限公司)、阿维菌素原药(江西仁恒药业有限公司)、5%多杀霉素(山东国润生物农药有限公司)、200 g·L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺(美国富美公司)。

1.1.3 供试菌株 前期从永州地区土壤中分离的 66 株菌株,以及保存于华南农业大学生物防治中心的 13 株菌株。具体采集信息详见表 1 和表 2。

表 1 湖南省永州市分离菌株的采集信息

采集地	编号	菌株类型	采集地	编号	菌株类型
蓝山县	SCAULS1	球孢白僵菌	江华县	SCAUJH1	青霉属
	SCAULS3	细刺棘球菌		SCAUJH7	细刺棘球菌
	SCAULS4	青霉属		SCAUJH12	青霉属
	SCAULS11	疣足菌		SCAUJH15	青霉属
	SCAULS17	球孢白僵菌		SCAUJH16	紫环菌属
	SCAULS22	细刺棘球菌		SCAUJH17	青霉属
	SCAULS26	紫环菌属		SCAUJH19	球孢白僵菌
	SCAULS27	细刺棘球菌		SCAUJH36	篮状菌
	SCAULS28	金龟子绿僵菌		SCAUDX1	青霉属
	SCAULS29	青霉属		SCAUDX2	马尔尼菲篮状菌
新田县	SCAULS30	球孢白僵菌	道县	SCAUDX11	淡紫紫孢菌
	SCAULS37	细刺棘球菌		SCAUDX19	柄篮状菌
	SCAULS38	疣足菌		SCAUDX30	青霉属
	SCAULS112	球孢白僵菌		SCAUDX32	篮状菌
	SCAULS222	球孢白僵菌		SCAUDX33	青霉属
	SCAUYZ16	球孢白僵菌		SCAUDX34	青霉属
	SCAUXT6	细刺棘球菌		SCAUDX35	青霉属
	SCAUXT7	青霉属		SCAUDX36	橘青霉
	SCAUXT9	细刺棘球菌		SCAUDX37	球孢白僵菌
	SCAUXT10	淡紫紫孢菌		SCAUDX38	紫毛蜈蚣菌
	SCAUXT11	芋螺菌属	宁远县	SCAUNY3	青霉属
	SCAUXT15	球孢白僵菌		SCAUNY4	青霉属
	SCAUXT16	球孢白僵菌		SCAUNY5	橘青霉
	SCAUXT20	淡紫紫孢菌		SCAUNY6	青霉属
	SCAUXT22	细刺棘球菌		SCAUNY8	青霉属
	SCAUXT23	波兰青霉		SCAUNY23	青霉属
	SCAUXT24	淡紫紫孢菌		SCAUNY24	橘青霉
	SCAUXT25	芋螺菌属		SCAUNY25	橘青霉
	SCAUXT26	青霉属		SCAUNY27	细刺棘球菌
	SCAUXT27	青霉属		SCAUNY28	球孢白僵菌
	SCAUXT28	青霉属	江永县	SCAUJY2	青霉属
	SCAUXT29	细刺棘球菌		SCAUJY18	淡紫紫孢菌
	SCAUXT32	青霉属		SCAUJY27	细刺棘球菌
				SCAUJY39	细刺棘球菌

表 2 生防中心供试菌株采集信息

采集地	编号	菌株类型
湖北神农架	SCAUSM002	蓝状菌属
	SCAUSM003	产黄青霉
	SCAUSM006	金龟子绿僵菌
珠海海泉湾	SCAUSM010	金龟子绿僵菌
贵州大方县云龙山	SCAUSM011	蓝状菌属
西藏林芝排龙乡	SCAUSM021	金龟子绿僵菌
四川	SCAUSM022	金龟子绿僵菌
云南	SCAUSM028	金龟子绿僵菌
西藏亚东县	SCAUSM029	金龟子绿僵菌
新疆哈密市	SCAUSM035	金龟子绿僵菌
新疆察布查尔县	SCAUSM036	金龟子绿僵菌
新疆温宿县	SCAUSM046	金龟子绿僵菌
新疆巴楚县	SCAUSM047	金龟子绿僵菌

1.2 方法

1.2.1 孢子悬浮液的配制 在超净工作台完成该阶段试验操作,取培养 10~14 d 的分离纯化菌株,加入含 0.1%吐温-80 的蒸馏水刮除菌落,洗出平皿内孢子,转移到无菌三角瓶中,使用恒温磁力搅拌器中速搅拌 20 min,使其均匀分散,配制成母液。按照 10 倍稀释法将菌液稀释 100 倍,显微镜下用血球计数板计数分生孢子数,5 次重复。然后将分生孢子浓度稀释至 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ 备用。

1.2.2 斜纹夜蛾二龄幼虫高致病力菌株的筛选

对 79 株菌株进行毒力测定,采用浸蘸法,用毛笔将幼虫挑入浓度为 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ 的孢悬液中浸泡约 5 s,然后移入含饲料的培养皿中观察。用已灭菌的 0.1%吐温-80 水作对照,每个处理 20 头幼虫,3 次重复。完成接种后,所有培养皿用保鲜膜封口并刺孔通气后置于生化培养箱中饲养,连续 7 d 逐日定时观察记录,并及时将虫尸移出,虫尸置于 26 ℃下保湿培养,且根据斜纹夜蛾二龄幼虫尸体体表长出物特征确认是否有效致死,感病的虫尸即为僵虫。

1.2.3 高致病力菌株的毒力分析 将筛选出的毒力效果较好的菌株,取其孢子粉,配制成浓度为 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ 的孢悬液并按一定梯度稀释,最终稀释浓度为 1×10⁸, 1×10⁷, 1×10⁶, 1×10⁵ 和 1×10⁴ conidia·mL⁻¹ 的孢子悬液,采用

浸蘸法处理斜纹夜蛾,测定出不同浓度下菌株对斜纹夜蛾二龄幼虫的死亡率。

1.2.4 杀虫剂对斜纹夜蛾幼虫毒力测定 选用不同浓度梯度甲维盐(0.1,0.5,1.5,2.5,5.0和10.0 mg·L⁻¹)、阿维菌素(5,10,25,50和75 mg·L⁻¹)、多杀霉素(1,5,10,25和50 mg·L⁻¹)和氯虫苯甲酰胺(0.25,0.50,1.00,5.00和10.00 mg·L⁻¹)对斜纹夜蛾二龄幼虫进行毒力测定,每个处理20头幼虫,4次重复,以未浸泡药剂的人工饲料为对照。将新鲜的人工饲料切成大小均匀的小方块,浸入配制好的药剂中,3 min后用吸水纸吸干多余水分,放入90 mm培养皿中,然后用毛笔挑取发育一致的斜纹夜蛾二龄幼虫于培养皿中,封上保鲜膜,同时扎孔通气,放入人工培养箱中饲养。定期更换新鲜的人工饲料,逐日检查斜纹夜蛾的死亡情况并记录。

1.2.5 数据分析 利用SPSS 21.0进行数据分析,采用单因素方差分析斜纹夜蛾二龄幼虫死亡率,并运用Tukey检验差异显著性,计算毒力回归方程、致死中时间、致死中浓度及95%置信区间,采用GraphPad Prism 8制作图表。

表 3 部分供试菌株(1×10⁸ conidia·mL⁻¹)孢子悬浮液对斜纹夜蛾二龄幼虫的第7天校正死亡率

菌株编号	校正死亡率/%	菌株编号	校正死亡率/%	菌株编号	校正死亡率/%
SCAUYZ16	70.71±1.72 a	SCAULS27-2	14.99±9.58 ghij	SCAUJH25	0.60±0.60 j
SCAUJH19	57.84±3.71 ab	SCAUDX38	6.98±2.98 hij	SCAUSM003	0
SCAUXT15	51.77±4.56 bc	SCAUSM029	5.83±2.30 hij	SCAUNY27	0
SCAUSM010	42.58±4.59 bcde	SCAUJH18	5.25±1.72 ij	SCAUDX11	0
SCAUSM047	36.49±4.25 cdef	SCAULS3	5.25±1.72 ij	SCAUDX37	0
SCAUDX37	32.81±2.98 cdef	SCAUDX34	4.65±2.33 ij	SCAULS11	0
SCAUNY28	27.65±2.98 defg	SCAUSM002	3.47±3.47 j	SCAUDX34	0
SCAUSM028	26.50±2.30 defg	SCAULS112	1.21±0.60 j	SCAUJH1	0
SCAULS112	25.93±4.56 defg	SCAULS37	1.21±0.60 j	SCAUDX19	0
SCAULS17	25.92±1.72 defg	SCAULS27	0.60±0.60 j	SCAUJY39	0
SCAULS1	24.20±0.00 efgh	SCAUXT23	0.60±0.60 j	CK	2.50±1.12 j
SCAULS30	17.31±2.98 ghij	SCAULS1	0.60±0.60 j		

注:表中数据为平均值±标准误。经Tukey检验,不同小写字母表示差异显著性(P<0.05)。下同。

由表4可知,同一浓度下,9株球孢白僵菌的致病力存在显著差异。在孢子悬浮液浓度为1×10⁸ conidia·mL⁻¹时,处理7 d,9株菌株对斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率在17.31%~

2 结果与分析

2.1 斜纹夜蛾二龄幼虫高致病力菌株的筛选

斜纹夜蛾二龄幼虫高致病力菌株的筛选结果显示,同一处理浓度,79株虫生真菌的致病力存在差异。由于部分菌株对斜纹夜蛾二龄幼虫的致死率微弱,因此未在表3中列出。由表3可知,当孢子悬浮液浓度为1×10⁸ conidia·mL⁻¹时,处理7 d,各菌株的致死率表现出显著差异,菌株的致死率在0~71.71%,其中菌株SCAUYZ16、SCAUJH19、SCAUXT15,致死率达50%以上,菌株SCAUYZ16的致死率最高,为70.71%,菌株SCAUSM010、SCAUSM047的致死率在36%~43%,菌株SCAUSM028等其他菌株的致死率则均低于26.50%,本文所用的虫生真菌属于为不同的种属,其中包括球孢白僵菌、绿僵菌、虫草爪哇菌、淡紫拟青霉、青霉菌等,结果显示,不同种属的菌株,毒力效果存在着差异,其中致死效果最好的菌株为球孢白僵菌SCAUYZ16、SCAUJH19,致死率分别达到70.71%和57.84%,高于其他菌株。

70.71%,菌株SCAULS1、SCAULS30、SCAULS112、SCAULS17、SCAUDX37和SCAUNY28处理7 d的校正死亡率均不超过32%,菌株SCAULS30校正死亡率最低,只有17.31%。菌株SCAUYZ16校

正死亡率最高,达 70.71%,其次是菌株 SCAU-JH19 也达 57.84%,且显著高于除 SCAUXT15 外的其他菌株,结合表 1 可知,相同浓度,不同菌株之间,毒力效果存在着差异,同时表明菌株 SCAUYZ16、SCAUJH19 相较于其他菌株有较强的致病力。

由表 5 可以看出,处理斜纹夜蛾二龄幼虫后,球孢白僵菌 SCAUJH16、SCAUJH19、SCAUXT15 与其他球孢白僵菌致死中时间(LT₅₀)差异显著。当菌株孢子悬浮液浓度为 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ SCAU-JH16 对斜纹夜蛾二龄幼虫的 LT₅₀ 最低,为 5.01 d,其次为球孢白僵菌 SCAUJH19、SCAUXT15,LT₅₀ 均为 5.98 d;球孢白僵菌 SCAULS30 对斜纹夜蛾二龄幼虫的 LT₅₀ 最高,为 9.11 d。

表 4 球孢白僵菌孢子悬浮液(1×10⁸ conidia·mL⁻¹)
对斜纹夜蛾二龄幼虫第 7 天的校正死亡率

菌株编号	校正死亡率/%
SCAUYZ16	70.71±1.72 a
SCAUJH19	57.84±2.35 ab
SCAUXT15	51.76±4.56 b
SCAULS1	22.48±5.17 cd
SCAULS112	29.37±4.56 cd
SCAULS30	17.31±2.80 d
SCAULS17	25.92±1.72 cd
SCAUDX37	32.81±2.98 c
SCAUNY28	27.65±2.98 cd
CK	2.50±1.12 e

表 5 球孢白僵菌孢子悬浮液(1×10⁸ conidia·mL⁻¹)
对斜纹夜蛾二龄幼虫的致死中时间(LT₅₀)

菌株编号	回归方程	致死中时间/d	95%置信区间
SCAUYZ16	Y=0.53X-2.67	5.01±0.05 d	3.94~6.40
SCAUJH19	Y=0.53X-3.19	5.98±0.29 cd	5.28~7.06
SCAUXT15	Y=0.43X-2.56	5.98±0.18 cd	5.07~7.64
SCAULS1	Y=0.28X-2.38	8.88±0.15 ab	6.89~14.57
SCAULS112	Y=0.32X-2.43	7.78±0.55 ab	6.42~11.43
SCAULS30	Y=0.28X-2.56	9.11±0.29 a	8.00~11.95
SCAULS17	Y=0.34X-2.81	8.19±0.46 ab	6.96~12.05
SCAUDX37	Y=0.38X-2.79	7.33±0.30 bc	6.26~10.11
SCAUNY28	Y=0.37X-2.89	7.81±0.22 ab	7.16~9.13

2.2 高致病力菌株的毒力分析

菌株 SCAUYZ16 和 SCAUJH19 孢子悬浮液的 5 个浓度(1×10⁴,1×10⁵,1×10⁶,1×10⁷和 1×10⁸ conidia·mL⁻¹)处理斜纹夜蛾二龄幼虫后,校正死亡率随着浓度的增加而增加,且处理 5 和 7 d 存在差异显著(图 1)。当菌株 SCAUYZ16 的浓度为 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ 时,处理 3,5 和 7 d 后,斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率分别为 21.67%、63.33%、63.33%(图 1A)。处理 7 d 后,菌株 SCAUYZ16 的 LC₅₀ 为 3.29×10⁷ conidia·mL⁻¹ (表 6);SCAUJH19 的浓度为 1×10⁸ conidia·mL⁻¹ 时,处理 3,5 和 7 d 后,斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率分别为 5.00%、53.33%、53.33%(图 1B)。处理 7 d 后,菌株 SCAUJH19 的 LC₅₀ 为 8.09×10⁷ conidia·mL⁻¹ (表 6)。

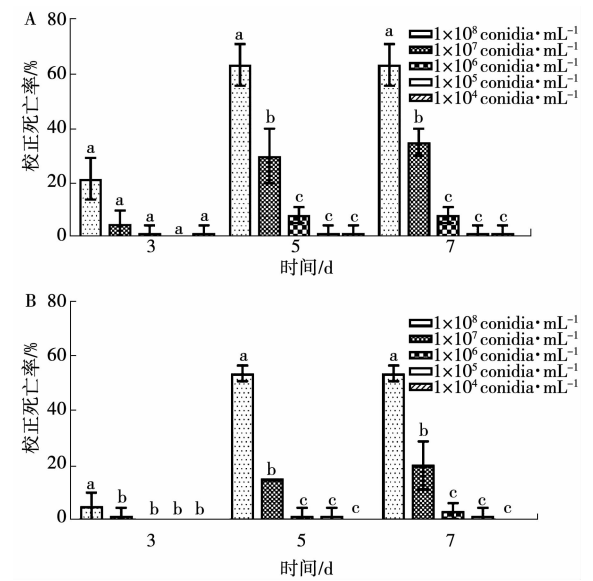


图 1 高致病力球孢白僵菌 SCAUYZ16(A)和 SCAUJH19(B)不同浓度对斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率
注:不同小写字母表示差异显著性(P<0.05)。下同。

2.3 不同浓度杀虫剂对斜纹夜蛾幼虫毒力测定

使用甲维盐(0.1,0.5,1.5,2.5,5.0和 10.0 mg·L⁻¹)、阿维菌素(5,10,25,50和 75 mg·L⁻¹)、多杀霉素(1,5,10,25和 50 mg·L⁻¹)和氯虫苯甲酰胺(0.25,0.50,1.00,5.00和 10.00 mg·L⁻¹)不同浓度处理斜纹夜蛾二龄幼虫 1,2 和 3 d 后,其校正死亡率均随着浓度的增加而增加,且差异显著(图 2)。由表 7 可知,甲维盐处理 1,2 和 3 d 的

LC₅₀ 分别为 3.56,0.98 和 0.89 mg·L⁻¹;阿维菌素 分别为 18.82,6.35 和 3.98 mg·L⁻¹;氯虫苯甲酰 处理 1,2 和 3 d 的 LC₅₀ 分别为 59.14,31.06 和 16.16 mg·L⁻¹;多杀霉素处理 1,2 和 3 d 的 LC₅₀ 分别为 2.76,1.04 和 0.84 mg·L⁻¹。

表 6 SCAUYZ16 和 SCAUJH19 处理第 7 天对斜纹夜蛾二龄幼虫的致死中浓度(LC₅₀)

菌株	回归方程	致死中浓度/(conidia·mL ⁻¹)	95%置信区间	决定系数
SCAUYZ16	$y=-6.528+0.868x$	3.29×10^7 a	1.91~6.56	0.949
SCAUJH19	$y=-12.637+1.598x$	8.09×10^7 b	4.57~18.1	0.877

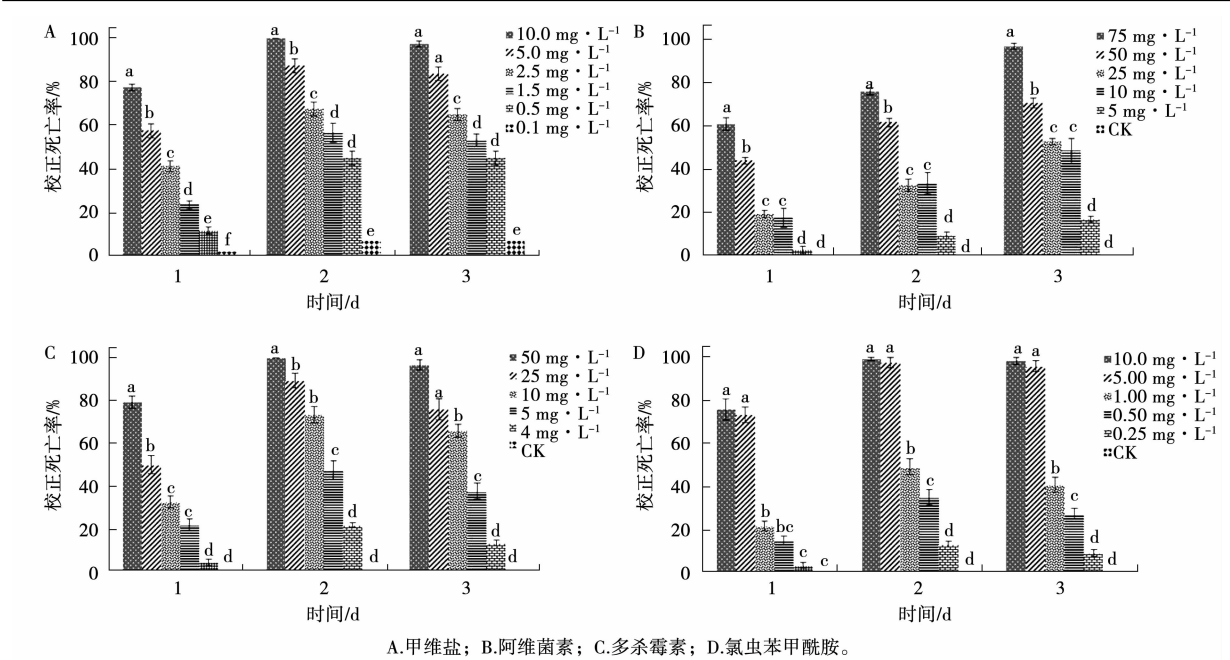


图 2 不同浓度杀虫剂对斜纹夜蛾二龄幼虫的毒力

表 7 不同杀虫剂对斜纹夜蛾二龄幼虫的致死中浓度(LC₅₀)

杀虫剂	处理时间/d	回归方程	致死中浓度/(mg·L ⁻¹)	95%置信区间
甲维盐	1	$Y=1.50X-0.83$	3.56	2.88~4.49
	2	$Y=1.44X+0.01$	0.98	0.49~1.60
	3	$Y=1.56X+0.08$	0.89	0.43~1.49
阿维菌素	1	$Y=1.61X-2.85$	59.14	34.83~217.73
	2	$Y=1.49X-2.22$	31.06	15.54~87.82
	3	$Y=1.67X-2.02$	16.16	2.40~43.02
多杀霉素	1	$Y=1.44X-1.84$	18.82	12.62~31.22
	2	$Y=1.55X-1.25$	6.35	3.22~10.87
	3	$Y=1.62X-0.98$	3.98	1.82~6.82
氯虫苯甲酰胺	1	$Y=1.57X-0.69$	2.76	1.76~4.71
	2	$Y=2.23X-0.04$	1.04	0.91~1.20
	3	$Y=2.20X+0.17$	0.84	0.73~0.96

3 讨论

本试验以斜纹夜蛾二龄幼虫为试验对象,采用浸蘸法,以 1×10^8 conidia \cdot mL $^{-1}$ 的孢子悬浮液处理筛选 79 株供试菌株的致病力。筛选出对斜纹夜蛾的高毒力球孢白僵菌菌株 SCAUYZ16、SCAUJH19,致死率达到 70.71% 和 57.84%。经试验发现,筛选的菌株主要包括球孢白僵菌、金龟子绿僵菌、虫草爪哇菌、淡紫拟青霉、青霉菌等,不同种属菌株的毒力效果存在差异,其原因可能在于生理生化性质以及寄主偏好性的差异。罗成等^[10]用 1×10^8 conidia \cdot mL $^{-1}$ 浓度孢子悬浮液处理,测定了不同地理环境和寄主来源的 12 株球孢白僵菌对斜纹夜蛾二龄幼虫的毒力,各处理在第 7 天的校正死亡率为 33.9%~82.4%,不同菌株之间差异显著,与本试验结果趋势一致。通过对比供试的球孢白僵菌的致病力发现,菌株 SCAUYZ16、SCAUJH19 与其他球孢白僵菌菌株差异显著,且致死中时间(LT₅₀)最短,分别为 5.01 和 5.98 d。Imoulane 等^[11]对摩洛哥地区土壤样品中昆虫病原真菌的发生情况和种群丰度进行了分析,认为球孢白僵菌的发生情况、耐热性和毒力与采样时间和地点有关。本试验结果表明,如果菌株采集地点的地理位置、海拔高度以及气候等条件不同,那么即使是同种同属的菌株,对斜纹夜蛾的致病力也会存在差异。因此,为了丰富当地的虫生真菌资源库,可以在不同地理位置和生长环境下收集虫生真菌种质资源。随后对球孢白僵菌 SCAUYZ16、SCAUJH19 进行毒力分析,分别测定了不同浓度菌株对斜纹夜蛾二龄幼虫的毒力效果,结果表明斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率随着孢子悬浮液浓度的增加而增加,且差异显著。当菌株 SCAUYZ16 和 SCAUJH19 的浓度为 1×10^8 conidia \cdot mL $^{-1}$ 时,处理 5 d 后,斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率分别为 63.33% 和 53.33%。处理 7 d 后,菌株 SCAUYZ16 的 LC₅₀ 分别为 3.29×10^7 和 8.09×10^7 conidia \cdot mL $^{-1}$,表明球孢白僵菌对斜纹夜蛾有较高的致病力。同时,球孢白僵菌对柑橘木虱^[12]、松墨天牛幼虫^[13]、草地贪夜蛾^[14]、东亚飞蝗^[15]等农业害虫均

有较好的致病效果,是一类重要的生防真菌。

甲维盐、阿维菌素和多杀霉素等生防制剂具有生物源、易降解、高效和无公害等特点^[16-18],而氯虫苯甲酰胺是一类具有邻酰胺基苯甲酰胺类化学结构的广谱杀虫剂,具有高效广谱的生物性能和环境生态安全性,对鳞翅目害虫有较好的杀虫活性^[19],这 4 种杀虫剂均具有高效低毒的特点。通过设置不同浓度的甲维盐、阿维菌素、多杀霉素和氯虫苯甲酰胺对斜纹夜蛾二龄幼虫进行室内毒力测定,发现斜纹夜蛾二龄幼虫的校正死亡率随着 4 种生物农药浓度的升高而升高,在对斜纹夜蛾二龄幼虫相同致死率的情况下,4 种生物药剂的剂量各不相同。处理 3 d 后,甲维盐、阿维菌素、多杀霉素、氯虫苯甲酰胺的 LC₅₀ 分别为 3.56, 59.14, 18.82 和 2.76 mg \cdot L $^{-1}$ 。该试验结果将为后续菌种复配剂试验探究提供理论基础。

4 结论

研究表明,球孢白僵菌 SCAUYZ16 和 SCAUJH19 对斜纹夜蛾有较好的致病力,是防治斜纹夜蛾的潜力菌株。另外,阿维菌素的 LC₅₀ 最大,氯虫苯甲酰胺的 LC₅₀ 最小,在后续的菌株与杀虫剂相容性研究中,可选用较低 LC₅₀ 的杀虫剂。

参考文献:

- [1] 吴霜,张宜模,田时炳,等.重庆菜地斜纹夜蛾的发生规律及防控技术[J].植物医生,2021,34(2):62-64.
- [2] 刘佳,周勇,朱航,等.斜纹夜蛾抗药性监测及茚虫威对其解毒代谢酶的影响[J].昆虫学报,2016,59(11):1254-1262.
- [3] 李启云,路杨,隋丽,等.植物保护与农业绿色发展[J].吉林农业大学学报,2021,43(1):9-15.
- [4] ZHENG P, XIA Y L, XIAO G H, et al. Genome sequence of the insect pathogenic fungus *Cordyceps militaris*, a valued traditional Chinese medicine[J]. Genome Biology, 2011, 12(11):1-22.
- [5] 黄鹏,姚锦爱,余德亿,等.虫生真菌 BB-T02 分离鉴定及其对两种蓟马的致病力[J].中国生物防治学报,2020,36(6):929-937.
- [6] 周叶鸣,郅军锐,张鑫,等.一株分离自土壤的蜡蚧菌的鉴定及对烟草粉斑螟的致病性[J].昆虫学报,2018,61(4):505-510.
- [7] RANGEL D E, BRAGA G U, FERNANDES É K, et al. Stress tolerance and virulence of insect-pathogenic fungi are

- determined by environmental conditions during conidial formation[J]. *Current Genetics*, 2015, 61(3):383-404.
- [8] MASOUDI A, LAD KOPROWSKI J, BHATTARAI U R, et al. Elevational distribution and morphological attributes of the entomopathogenic fungi from forests of the Qinling Mountains in China[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2018, 102(3):1483-1499.
- [9] 邹东霞, 廖旺较, 朱英芝, 等. 我国高毒力白僵菌菌株选育的研究进展[J]. *广西林业科学*, 2013, 42(3):263-266.
- [10] 罗成, 应盛华, 冯明光. 球孢白僵菌对斜纹夜蛾高毒菌株筛选与制剂的研发[J]. *中国生物防治学报*, 2011, 27(2):188-196.
- [11] IMOULAN A, ALAOUI A, EL MEZIANE A. Natural occurrence of soil-borne entomopathogenic fungi in the Moroccan Endemic forest of *Argania spinosa* and their pathogenicity to *Ceratitis capitata* [J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2011, 27(11):2619-2628.
- [12] 代晓彦, 李翌茜, 沈祖乐, 等. 球孢白僵菌与玫烟色棒束孢制剂对柑橘木虱的防治[J]. *华南农业大学学报*, 2017, 38(1):63-68.
- [13] 邓竣丹, 庄文欣, 刘玉军, 等. 球孢白僵菌对松墨天牛的致病力及其与花绒寄甲的相容性[J]. *植物保护学报*, 2021, 48(3):602-609.
- [14] 徐毓笛, 魏红爽, 石嘉伟, 等. 三株球孢白僵菌对草地贪夜蛾的毒力比较[J]. *植物保护学报*, 2020, 47(4):867-874.
- [15] 刘海洋, 刘龙, 刘新宇, 等. 两株杀虫真菌对陕西榆林草原蝗虫的防治效果[J]. *中国生物防治学报*, 2021, 37(2):380-384.
- [16] 何焕君, 邱丽娜, 姚伟芳, 等. 阿维菌素的研究进展[J]. *生物技术*, 2006, 16(6):84-85.
- [17] 华乃震, 华纯. 生物杀虫剂的进展和应用[J]. *农药*, 2011, 50(7):469-473.
- [18] 王圣印, 周仙红, 张安盛, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究进展[J]. *江西农业学报*, 2012, 24(12):123-126.
- [19] 徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J]. *现代农药*, 2008, 7(5):8-11.

Screening of Highly Virulent Strains of *Spodoptera litura* and Virulence Determination of Four Insecticides

ZHOU Li, ZHANG Shen, CHEN Lin, YUAN Fang, ZHOU Xiang-ping, HUANG Shi-wang, LI Jia-ying

(Yongzhou Branch, Tobacco Company of Hunan Province, Yongzhou 425100, China)

Abstract: In order to screen out the bacterial-drug blends with good compatibility and synergistic effect, through the feeding method, 66 strains isolated and purified from the soil in the Yongzhou area, as well as 13 strains preserved at the Biological Control Center of South China Agricultural University, were used to screen the highly virulent strains for the second instar larvae of *Spodoptera litura*, the highly virulent strains were assessed using different concentration gradients. At the same time, the mortality of emamectin benzoate, abamectin, spinosad, and chlorantraniliprole against the second instar larvae of insects was studied using different concentration gradients. When the spore suspension concentration of 79 strains was 1×10^8 conidia \cdot mL⁻¹ and the second instar larvae of *Spodoptera litura* were treated for 7 days, the results showed that *Beauveria bassiana* SCAUYZ16 and SCAUJH19 had the highest virulence, with corrected mortality rates of 70.71% and 57.84%, LT₅₀ of 5.01 days and 5.98 days, respectively. The virulence of *Beauveria bassiana* SCAUYZ16 and SCAUJH19 were tested at concentration gradients of 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , and 1×10^8 conidia \cdot mL⁻¹, with LC₅₀ values of 3.29×10^7 and 8.09×10^7 conidia \cdot mL⁻¹, respectively. After treatment with emamectin benzoate, abamectin, spinosad and chlorantraniliprole on the second instar larvae of *Spodoptera litura* for 3 days, and the LC₅₀ were 3.56, 59.14, 18.82 and 2.76 mg \cdot L⁻¹. SCAUYZ16 and SCAUJH19 showed a high level of virulence against *Spodoptera litura* and could be exploited as prospective *Spodoptera litura* biological control strains. The lower LC₅₀ dose of the pesticide can be used as the basis for the follow-up test, and different concentration gradients for the compound test of bacteria and pharmaceuticals can be adjusted.

Keywords: *Spodoptera litura*; entomopathogenic fungi; insecticides; virulence detection; biological control